

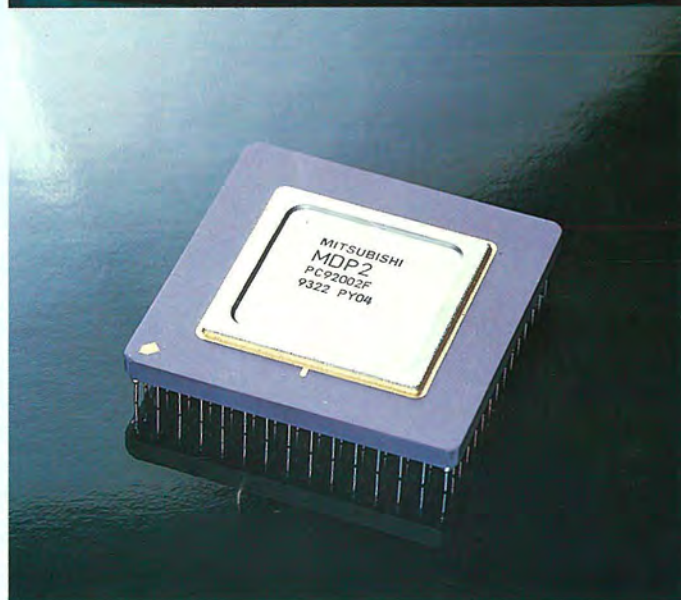
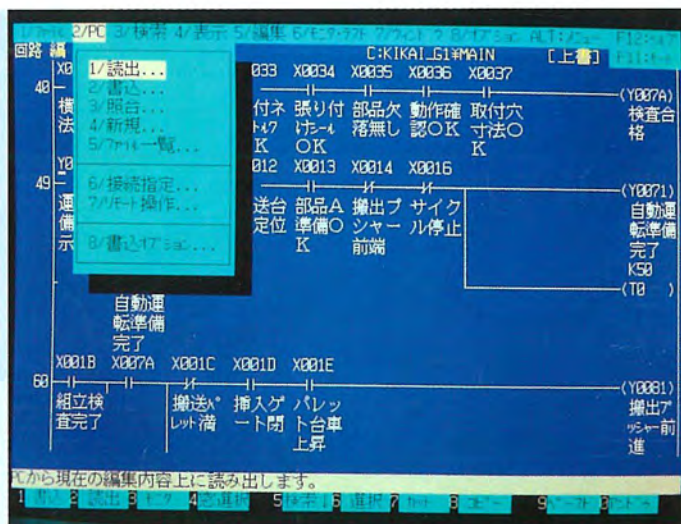
MITSUBISHI

三菱電機技報

Vol.68 No.12

特集 “移動体通信”
“汎用シーケンサ”

'94 **12**



特集 “移動体通信” “汎用シーケンサ”

目次

特集論文 “移動体通信”

移動体通信特集に寄せて	1
東海林恵二郎	
移動体通信の現状と展望	2
白幡邦彦	
携帯電話の小型化と“ムーバDII”	6
粟生和宏・前村公正・藤本孝信・石田修己・小坂益規	
国内向けデジタル携帯電話機	10
佐藤一美・入野悦郎・吉田和幸・村上 治	
欧米におけるデジタル携帯電話	14
加藤 進・野並隆之・福田富実代・樋口晃二	
デジタル自動車・携帯電話用基地局変復調装置	19
原 泰司・三宅 真・田中 茂・松本真二・柏木 孝・浅野永資	
自動車・携帯電話基地局アンテナシステム	23
奥山 明・茶谷嘉之・板橋康弘・宮下和仁・青木博之・宮下裕章	
米国におけるマイクロセルシステム	27
松本真二・藤生裕幸・松延健司・原田永康	
公衆用 PHS 基地局装置	31
三井和夫・森谷陽一・横井雄二・木村信博・永村 清・中野 栄	
家庭用 PHS 端末装置	35
小野木幹夫・石倉政美・近藤泰弘・松本 渉・高橋郁夫	
デジタル MCA システム	39
中野龍也・田近寿夫・大谷一浩・青柳孝寿・池田 正・三瀬敏生	
MCA のゾーン間接続システム	45
川幡 孝・関 直樹・小野英世	
広域デジタル移動無線システム	49
大竹康友・木村和夫・大塚 晃	
移動体衛星通信システム	53
青木克比古	
移動体通信を支える要素技術 その1	
—小型携帯電話用アンテナ技術—	58
吉川幸広・遠藤 勉・砂原米彦	
移動体通信を支える要素技術 その2	
—デジタル音声符号化技術—	62
高橋真哉	
移動体通信を支える要素技術 その3	
—デジタル信号処理技術：適応等化器—	66
村上圭司・上田幸治・久保博嗣	
移動体通信の周波数を巡る国際的な動き	71
室谷正芳	

特集論文 “汎用シーケンサ”

汎用シーケンサに期待する	75
関口 隆	
汎用シーケンサ “MELSEC” の現状と展望	76
松本圭二・杉山 彰	
ダウンサイジングシーケンサ	
“FX ₀ /FX _{0N} /AnS” シリーズ	81
安藤高彦・奥村良之・小林 裕・横川伸介・高橋 昇・可知祐紀	
高機能・高性能シーケンサ “QnA シリーズ”	88
伊藤龍男・太田 俊・森田英昭・坂本 昇	
シーケンサ機能付きモーションコントローラ	
“A171S” “A273U” シリーズ	93
滝沢義知・戸祭和彦・斎藤公美雄・岡田美佐子	
FA 用ネットワーク “MELSECNET/10”	
及び各種オープンネットワーク	98
杉山 彰・高橋俊哉・深津法保・伊藤龍男・渡辺 孝・可部明克	
FA 用多機能電子操作盤 “GOT” シリーズと	
データアクセスユニット “DU” シリーズ	105
丹羽正美・鈴木康之・赤塚成啓・磯部倫明	
シーケンサ用ソフトウェア開発サポート製品	110
尾崎新一・岩田恭伸・須田英一・二瓶貴行	

シーケンサシステムの現場保守・故障診断対応機器	115
倉島達洋・神谷善榮・葛西由夫	
小型ビルディングブロック形	
FA コントローラ “LM610”	120
片桐正夫・三浦邦治・新藤研二	
2 CPU・2 OS 構成の	
FA コントローラ “LM8000” とその応用	124
茅野眞一郎・大瀨啓史・大西作幸・八尾尚志・西出 聡・神谷 茂	
パソコン通信・ファックスを使用した技術情報サービス	132
原田昭男・久米由将・石川 徹・松島正弘	

特許と新案

「プログラマブルコントローラ」	
「パルスアーク溶接装置」	137
「ユニットの取付装置」	138

スポットライト

移動体通信用簡易光基地局	136
デジタルリレー搭載三菱低圧気中遮断器	
“Super AE シリーズ”	144
17 インチディスプレイモニタ “RD17G”	145
電子部品情報システム “素子画 (SOCIE)”	146
小型ビルディングブロック形 FA コントローラ “LM610”	147
省配線システム “MELSEC-I/OLINK”	148
マイクロシーケンサ “FX _{0N} シリーズ”	149
アナログ携帯電話用超小型低電圧動作 MMIC	
“MGF7108” “MGF7109”	150
第二世代デジタル保護リレー	
“MULTIFLEX-EG シリーズ”	(表 3)

三菱電機技報 68 巻総目次

表紙

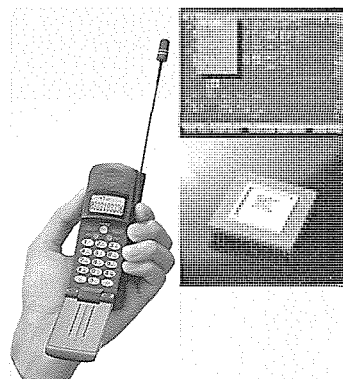
超小型携帯電話 “ムーバDII”

左は、1994 年 4 月の携帯電話端末の自由化に対応し、NTT 移動通信網向けに納入したムーバDIIである。

本機は最新の回路技術や半導体技術を駆使し、体積 115cm³/質量 165 g の小型・軽量を実現した。また、ダイヤルの縦倍角表示やフリップ構造の採用によって、小型にもかかわらず操作性が向上した。

三菱汎用シーケンサ “QnA シリーズ”

“QnA シリーズ” は、ユーザプログラムの開発効率が向上する環境の提供(右上)と、基盤となるシーケンサシステムの提供をコンセプトとした新シリーズのシーケンサである。さらに、CIM に対応して、データリンク専用プロセッサ MDP (右下)を搭載した MELSECNET/10 を新規開発した。



アブストラクト

移動体通信の現状と展望

白幡邦彦

三菱電機技報 Vol.68・No.12・p.2～5 (1994)

1980年代に運用が開始された自動車電話は、その後、超小型の携帯電話が導入されて、今や世界100か国以上の地域で3,400万人の人々に利用されている。その間、開発された多くの技術は、他の移動体通信システムにも広く活用されて、今日の移動体通信の発展のトリガとなってきた。

今後は、移動体通信のパーソナル化・マルチメディア化が一層進展すると言われており、そのためのシステムの研究・開発も世界的に活発化してきている。本稿では、これらの概要を紹介する。

自動車・携帯電話基地局アンテナシステム

奥山 明・茶谷嘉之・板橋康弘・宮下和仁・青木博之・宮下裕章
三菱電機技報 Vol.68・No.12・p.23～26 (1994)

自動車・携帯電話市場は、新規事業者の参入、デジタル方式の開発、1.5GHz 帯の開拓、端末自由化によって大きく発展しており、そのインフラである基地局用のアンテナにも多種多様な要求がなされてきている。アンテナに適用される技術としては、ビーム成形技術、風圧荷重の低減、ビームチルトング等が挙げられる。また、実際にこれらの技術を適用し、1.5GHz 帯デジタル方式用基地局アンテナ約30機種の開発・製品化を行った。

携帯電話の小型化と“ムーバDⅡ”

栗生和宏・前村公正・藤本孝信・石田修己・小坂益規

三菱電機技報 Vol.68・No.12・p.6～9 (1994)

携帯電話は近年、小型軽量化が進むとともに加入者数が急速に増加しつつある。当社ではNTT 移動通信網㈱の指導のもとに1989年から携帯電話を市場に提供してきた。

1994年4月からの国内市場の携帯電話売り切り制に対応するため、最新の回路技術や半導体技術を駆使し、小型軽量機“ムーバDⅡ”を開発したので、その概要について報告する。

米国におけるマイクロセルシステム

松本真二・藤生裕幸・松延健司・原田永康

三菱電機技報 Vol.68・No.12・p.27～30 (1994)

米国 AMPS 規格に適合したマイクロセル用基地局“Molecule”を開発した。

壁掛け可能なサイズ・質量ながら、無線チャネル4チャネル100mWの同時送受信が可能である。“Mシリーズ Cell Site”に組み込めば50W出力のマクロセル基地局となる。スタンドアロンシステム、ワイヤレスPBXシステムからセルラ・マイクロ/マクロセルシステムのすべてに柔軟に対応することができる。

国内向けデジタル携帯電話機

佐藤一美・入野悦郎・吉田和幸・村上 治

三菱電機技報 Vol.68・No.12・p.10～13 (1994)

PDC(Personal Digital Cellular System)方式は、国内統一方式として標準規格化を実現し、1993年3月にNTT 移動通信網㈱によって商用サービスが始められた。1994年4月には端末売り切り制度が導入され、新規参入の電気通信事業者も新たに商用サービスを始めた。

これらを契機に、本格的普及が期待される PDC 方式仕様の優れた性能及び機能を持つ 800MHz 帯携帯電話機を開発し市場投入したので、その概要について紹介する。

公衆用 PHS 基地局装置

三井和夫・森谷陽一・横井雄二・木村信博・永村 清・中野 栄

三菱電機技報 Vol.68・No.12・p.31～34 (1994)

通信のパーソナル化とマルチメディア化を達成する PHS(Personal Handy phone System)が、実用化の段階を迎えている。この PHS は、デジタル化されたコードレス電話のシステムであり、家庭用の子機を屋外の基地局を経由して公衆回線に接続することができるという画期的なシステムである。

今回この基地局として、小型で保守性の良い装置を開発したので、その概要を述べる。

欧米におけるデジタル携帯電話

加藤 進・野並隆之・福田富実代・樋口晃二

三菱電機技報 Vol.68・No.12・p.14～18 (1994)

自動車・携帯電話システムにおいて、近年、デジタル変調、TDMA(時分割多重アクセス)方式によるデジタルセルラ方式の標準化が実施され、各国でサービスが開始されている。

本稿では、特に、北米及び欧州の方式について簡単に紹介し、さらに、各システムに対応して当社で開発した携帯電話機及びそのアクセサリについて、構成・諸元・機能等を紹介する。

家庭用 PHS 端末装置

小野木幹夫・石倉政美・近藤泰弘・松本 渉・高橋郁夫

三菱電機技報 Vol.68・No.12・p.35～38 (1994)

“通信のパーソナル化”の欲求が高まってくるに従い、様々な形での移動通信端末の提案がなされている。その中で、昨今家庭で使用しているコードレス電話の子機(PHS 端末装置)をそのまま持ち出して携帯電話のように使用できるシステム(簡易型携帯電話システム)が検討され、東京、札幌等で実用化実験が行われている。

本稿では、第二電電㈱に納入し、その実験で使用されている PHS 端末装置 (PT-MDP) の特長、構成及び動作概要について紹介する。

デジタル自動車・携帯電話用基地局変復調装置

原 泰司・三宅 真・田中 茂・松本真二・柏木 孝・浅野永資

三菱電機技報 Vol.68・No.12・p.19～22 (1994)

国内のデジタル自動車・携帯電話システムは、NTT 移動通信網㈱の1993年3月サービス開始を皮切りに、800MHz 帯、1.5GHz 帯で運用されている。当社はサービス開始当初から基地局側設備として変復調装置(MDE)の供給を行っている。

本稿では、MDE の概要とともに、特長及び代表的な性能を紹介する。無線特性については、RCR 規格値に対して十分なマージンを持っていることを実測データによって示す。

デジタル MCA システム

中野龍也・田近寿夫・大谷一浩・青柳孝寿・池田 正・三瀬敏生

三菱電機技報 Vol.68・No.12・p.39～44 (1994)

デジタル MCA システムが、1994年4月に関東地区で開局した。デジタル MCA システムは、変調方式として M16QAM, TDMA6 多重方式を採用した周波数利用効率の良いデジタル無線システムである。このデジタル MCA システムの概要及び今回開発した制御局装置と移動局装置について紹介する。制御局装置は、回線制御装置と送受信装置間を 900m 離して設置が可能、前面からのみの保守が可能等の特長を持っている。移動局装置は、小型軽量化を実現した。

Abstracts

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 68, No. 12, pp. 23~26 (1994)

Base-Station Antenna Systems for Car and Handheld Cellular Phones

by Akira Okuyama, Yoshiyuki Chatani, Yasuhiro Itabashi, Kazuhito Miyashita, Hiroyuki Aoki & Hiroaki Miyashita

The market for car and handheld cellular telephones in Japan is rapidly expanding due to the entry of new service providers, development of digital technologies, allocation of the 1.5GHz band and lifting of restrictions on terminal sales. The changing market demands a variety of base-station antenna systems. Mitsubishi Electric has developed about 30 base-station antenna products for digital use that integrate technologies for beam forming, wind-load shedding and beam tilting.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 68, No. 12, pp. 2~5 (1994)

Current Trends and Future Prospects of Mobile Communications

by Kunihiro Shirahata

The cellular car telephones introduced in the 1980s, followed by small handheld cellular phones, have spread across 100 nations with approximately 34 million users. Many of these technologies have been utilized in other mobile communication systems, spurring the growth of the entire mobile communications industry. In the future, high-end products incorporating multimedia capabilities and low-cost mass-market products are expected to appear.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 68, No. 12, pp. 27~30 (1994)

A Microcell System for Use in the United States

by Shinji Matsumoto, Hiroyuki Fujio, Kenji Matsunobe & Nagayasu Harada

Mitsubishi Electric has developed "Molecule," a microcell base station compatible with the advanced mobile phone system (AMPS) standard used in the United States. The unit, which has four wireless channels, 100mW output, and simultaneous transmit/receive capability, is compact and light enough to allow wall mounting. The "M Series Cell Site," a 50W RF power output base station composed of Molecules, is available for macrocell systems. The base station has versatile options allowing applications as a stand-alone system or wireless private branch exchange (PBX), or in micro- or macrocell cellular systems for the public.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 68, No. 12, pp. 6~9 (1994)

The "movia D II" Compact Cellular Telephone

by Kazuhiro Aou, Kousei Maemura, Takanobu Fujimoto, Osami Ishida & Masumi Kosaka

The number of cellular phone subscribers is growing dramatically, while cellular phones themselves are continuing to decline in size and weight. Mitsubishi Electric first introduced cellular phones for Japan's domestic market in 1989 under guidance of NTT Mobile Communications Network Inc. In April 1994, the corporation applied the latest semiconductor and circuit technologies in developing the compact, lightweight "movia D II" in response to increased competition in the open market.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 68, No. 12, pp. 31~34 (1994)

A PHS Cell Station for the Public Services Network

by Kuzuo Mitsui, Yoichi Moritani, Yuji Yokoi, Nobuhiro Kimura, Kiyoshi Nagamura & Sakae Nakano

The Personal Handy-Phone System (PHS) is a digital cordless phone system that enables remote handsets that function as cordless extensions in the home to also serve as cellular phones and communicate with remote base stations outside the home. This report introduces a compact cell station designed for easy maintenance.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 68, No. 12, pp. 10~13 (1994)

A Digital Cellular Phone for the Japanese Domestic Market

by Kazuyoshi Sato, Etsuro Irino, Kazuyuki Yoshida & Osamu Murakami

In March 1993 NTT Mobile Communications Network Inc. began operating its new digital cellular service, the Personal Digital Cellular (PDC) Telecommunications System. In April of the following year, with the changes in government regulations, the Japanese market opened its doors to all telecommunications companies. This article outlines Mitsubishi Electric's development and introduction of an advanced 800MHz PDC-specification cellular phone to take advantage of the market situation.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 68, No. 12, pp. 35~38 (1994)

The Personal Handy-Phone System (PHS)

by Mikio Onoki, Masami Ishikura, Yasuhiro Kondo, Wataru Matsumoto & Ikuro Takahashi

Various handheld phone systems have been proposed to meet consumer communication needs. The Personal Handy-Phone System (PHS), in which the remote handsets in a cordless home telephone system can be used as cellular phones outside the premises, has been adopted and tests are being conducted in Tokyo and Sapporo. The article introduces the PT-MDP, the PHS delivered by Mitsubishi Electric to Daini Denden Corporation for these tests.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 68, No. 12, pp. 14~18 (1994)

Digital Cellular Phones in Europe and North America

by Susumu Kato, Takayuki Nonami, Fumiyo Fukuda & Koji Higuchi

Standards are being established and services are starting in many nations for car and handheld digital cellular phones systems based on digital modulation and time-division multiple access (TDMA) technologies. The article briefly describes the systems adopted for North America and Europe, and introduces cellular phones and accessories that Mitsubishi Electric has developed for these markets.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 68, No. 12, pp. 39~44 (1994)

A Digital MCA System

by Tatsuya Nakano, Hisao Tachika, Kazuhiro Otani, Takahisa Aoyagi, Tadashi Ikeda & Toshio Mise

Digital multiple-channel access (MCA) services began in the Kanto plain (the greater Tokyo area) in April 1994. Digital MCA is a digital trunking system that achieves efficient frequency utilization using multi-subcarrier 16-quadrature amplitude modulation (M16QAM) and time-division multiple access (TDMA) with six-channel multiplexing. This report introduces the digital MCA system, and the base station and mobile transceiver station developed at Mitsubishi Electric. The controller and transceiver racks in the base stations can be separately located up to 900m apart, and the equipment is designed to allow all maintenance to be performed through the front panels. The mobile stations are compact and lightweight.

Mitsubishi Denki Giho: Vol. 68, No. 12, pp. 19~22 (1994)

Base-Station Modulation/Demodulation Equipment for the PDC Telecommunications System

by Yasuji Hara, Makoto Miyake, Shigeru Tanaka, Shinji Matsumoto, Takashi Kashiwagi & Eishi Asano

In March 1993 NTT Mobile Communications Network Inc. introduced a digital mobile telephone service in the 800MHz band based on the Personal Digital Cellular (PDC) Telecommunications System. This year (1994) service also began in the 1.5GHz band. Mitsubishi Electric has been supplying base-station modulation/demodulation equipment (MDE) for these services. The article introduces an outline as well as the characteristics and efficiency of the MDE. Measurements are presented showing an adequate margin to meet RCR STD-27 requirements for wireless transmission characteristics.

アブストラクト

MCAのゾーン間接続システム

川幡 孝・関 直樹・小野英世

三菱電機技報 Vol.68・No.12・p.45～48 (1994)

MCA システムは、半径 20～30km をサービスエリアとする大ゾーン方式の陸上移動通信システムとして、1982年10月にシステムオープンして以来順調にサービス地域を拡大しているが、最近になって異なったサービスエリア間の通信を可能にする広域サービスへのニーズが高まっている。当社はこの MCA ゾーン間接続システムの一方式として、800MHz 帯アナログ MCA システムの制御局間を専用回線で接続するシステム及び装置を開発した。

広域デジタル移動無線システム

大竹康友・木村和夫・大塚 晃

三菱電機技報 Vol.68・No.12・p.49～52 (1994)

デジタル移動体通信を全国ネットのプライベートシステムで実現するため、中核装置である無線交換制御装置と移動機を開発した。前者は、PBX “MELSTAR ES2700” をベースとし、システム全体にわたるサービスを提供する。そのノード間は、共通線信号方式(No. 7)で接続し、高信頼度の信号伝送を可能とした。FDMA の無線区間とノード間の通話回線では、当社独自の APC(Adaptive Predictive Coding) 系コーデックで音声符号化して伝送する。

移動体衛星通信システム

青木克比古

三菱電機技報 Vol.68・No.12・p.53～57 (1994)

移動体衛星通信システムとして、従来インマルサットによるサービスが代表的であったが、1995年には本格的な移動体衛星通信システムとして北米で MSAT(Mobile Satellite) システムの稼働が予定されている。

ここでは、MSAT システムを含む北米を中心とした海外の各種移動体衛星通信システムの現状とその動向を、さらには当社が MSAT への新規参入を目指して開発した衛星移動端末(MT)の技術的特長を述べる。

移動体通信を支える要素技術 その 1 —小型携帯電話用アンテナ技術—

吉川幸広・遠藤 勉・砂原米彦

三菱電機技報 Vol.68・No.12・p.58～61 (1994)

小型携帯電話用アンテナを設計する上で、きょう(筐)体込みのアンテナ特性を解析する技術、及び人体の影響を解析する技術は重要なキー技術の一つである。この論文では、筐体込みのアンテナ特性解析法としてモーメント法、人体の影響解析法として幾何光学的回折理論(Geometrical Theory of Diffraction)、及び物理光学法(Physical Optics)を採用し、その解析法の紹介を行うとともに実測値との比較検討を行う。

移動体通信を支える要素技術 その 2 —デジタル音声符号化技術—

高橋真哉

三菱電機技報 Vol.68・No.12・p.62～65 (1994)

デジタル移動体通信において音声符号化は重要要素技術であり、周波数の利用効率の向上を図るため低ビットレート化開発が活発に進められている。現在、ハーフレート自動車電話用として 4 kbps 前後で非常に良好な音質が得られる方式が開発されており、当社も自営通信用に更に低ビットレート化をねらった方式を開発している。本稿では低ビットレート音声符号化技術の現状と開発動向、当社方式について述べる。

移動体通信を支える要素技術 その 3

—デジタル信号処理技術：適応等化器—

村上圭司・上田幸治・久保博嗣

三菱電機技報 Vol.68・No.12・p.66～70 (1994)

デジタル自動車電話における、周波数選択性フェージングに対する技術の一つである適応等化技術の開発成果について述べる。開発した適応等化器は、平方根カルマンフィルタを用いた判定帰還形等化器と、ビタビアルゴリズムを用いた適応形最尤(尤)系列推定の 2 種類である。いずれの適応等化器も、従来方式に当社独自の技術を加えることにより、良好な特性を実現し、また、小型化・低消費電力化が達成できた。

移動通信用の周波数を巡る国際的な動き

室谷正芳

三菱電機技報 Vol.68・No.12・p.71～74 (1994)

超小型の携帯無線電話を世界中に普及させることを目的とした国際的な動きが国際電気通信連合の中で始まったのは1985年のことである。これがいわゆる FPLMTS として知られ、最近になって世界共通の周波数帯を指定することに成功し、現在は世界統一規格を作るための作業が進められている。さらに、衛星を使った移動通信が注目され、そのため周波数帯を新しく分配する周波数共用基準の確立が必要になった。

汎用シーケンサ“MELSEC”の現状と展望

松本圭二・杉山 彰

三菱電機技報 Vol.68・No.12・p.76～80 (1994)

汎用シーケンサ“MELSEC”は、小規模から大規模まで広範囲の用途からのユーザーニーズを反映し、かつ FA 化・CIM 化などのシステム動向とコンポーネントの技術シーズの動向を先見した先進的な技術を導入し、業界での地位を確立してきた。

最近では、FA システムの中核となるシーケンサ CPU とネットワークの機能・性能強化、小型・低価格製品の充実、FA システムの構成要素としてのシーケンサ関連製品の品ぞろえなどを実施してきている。

ダウンサイジングシーケンサ“FX₀/FX_{0N}/AnS”シリーズ

安藤高彦・奥村良之・小林 裕・横川伸介・高橋 昇・可知祐紀
三菱電機技報 Vol.68・No.12・p.81～87 (1994)

シーケンサ(プログラマブルコントローラ: Programmable Controller)として世の中のダウンサイジングの要求に対応するために、当社は超小型シーケンサ“FX₀・FX_{0N}”シリーズと小型ビルディングブロックシーケンサ“AnS”シリーズを開発した。この開発において、論理回路部のカスタム IC 化、最新マイコンの採用、専用小型部品の開発や、最新の部品実装技術の採用等により、従来機種とのプログラム互換性、同一使い勝手などを確保しながら、小型化・低価格化を達成した。

高機能・高性能シーケンサ“QnA”シリーズ”

伊藤龍男・太田 俊・森田英昭・坂本 昇

三菱電機技報 Vol.68・No.12・p.88～92 (1994)

高機能・高性能シーケンサ“QnA”シリーズは、現行“A”シリーズの枠組みを越えて、シーケンスプログラムの生産性向上を重点指向したシーケンサである。

QnA シリーズでは、性能面が大幅に向上するとともに、ファイル管理の導入等によるプログラミング性の向上、及びデバッグや RAS (Reliability: 信頼性, Availability: 可用性, Serviceability: 保守性) 面の使い勝手が向上した。

Abstracts

<p>Mitsubishi Denki Giho: Vol. 68, No. 12, pp. 66~70 (1994)</p> <p>Basic Technologies for Mobile Communications Part III: Digital Signal Processing Technologies for Adaptive Equalization</p> <p>by Keishi Murakami, Koji Ueda & Hiroshi Kubo</p> <p>The article reports on developments in adaptive equalization technology, which demonstrates usefulness in reducing frequency selectivity fading effects in digital cellular systems. Mitsubishi Electric has developed a decision feedback equalizer employing a square-root Kalman filter, and an adaptive maximum-likelihood sequence estimation equalizer based on the Viterbi algorithm. Both of these equalizers represent improvements over existing technology: both track rapidly fluctuating fading in channels and remove the large delay-distortion effects caused by multipath propagation, assuring excellent performance. The size and power consumption of these devices has been reduced sufficiently for use in handheld cellular phones.</p>	<p>Mitsubishi Denki Giho: Vol. 68, No. 12, pp. 45~48 (1994)</p> <p>An Inter-Zone Connection System for MCA Services</p> <p>by Takashi Kawabata, Naoki Seki & Hideyo Dno</p> <p>Multiple-channel access (MCA) terrestrial cellular phone services began in Japan in October 1982, providing service to areas with radii of 20 ~30km. These operations have expanded, and demand is growing for services between areas. Mitsubishi Electric has developed an inter-zone connection system and the equipment necessary for linking base stations for 800MHz MCA systems.</p>
<p>Mitsubishi Denki Giho: Vol. 68, No. 12, pp. 71~74 (1994)</p> <p>International Activities Relating to the Mobile Radiocommunications Frequency Spectrum</p> <p>by Masayoshi Murotani</p> <p>In 1985 the International Telecommunication Union initiated work towards establishing standards for extremely compact handheld phones that could be used worldwide (Future Public Land Mobile Telecommunication Systems). Frequency bands for this purpose have been specified, and work on related standards is progressing. Progress in satellite-based mobile communication services has led to the allocation of some new frequency bands for use. Studies are also underway on standards for frequency sharing with other radio services and on frequency bands for feeder links. The article reports on these developments.</p>	<p>Mitsubishi Denki Giho: Vol. 68, No. 12, pp. 49~52 (1994)</p> <p>A Wide-Area Digital Mobile Wireless System</p> <p>by Yasutomo Otake, Kazuo Kimura, Akira Dtsuka</p> <p>Mitsubishi Electric has developed the wireless exchange control equipment and mobile stations required for establishing a private-sector digital mobile communications service with nationwide coverage. The exchange control equipment is based on the MELSTAR ES2700 private branch exchange, and provides services across the entire system. Signals are transmitted between the exchange control equipment by Protocol No.7 of the Common Channel Signaling System for high reliability. Voice transmissions between frequency-division multiple access (FDMA) wireless regions and between the exchange control equipment are compressed by a specially developed codec employing adaptive predictive coding (APC).</p>
<p>Mitsubishi Denki Giho: Vol. 68, No. 12, pp. 76~80 (1994)</p> <p>Improvements in MELSEC General-Purpose Programmable Controllers</p> <p>by Keiji Matsumoto & Akira Sugiyama</p> <p>MELSEC general-purpose programmable controllers have earned a position of respect in the industry. They accommodate user needs from small- to large-scale, and leading-edge technologies have been introduced that reflect trends in factory automation (FA) and computer integrated manufacturing (CIM) systems and basic technology developments. Recent developments include improved capabilities in the processors and networks used to construct FA systems, an expanded family of compact, low-priced products, and a wider selection of accessories for incorporating programmable controllers into FA systems.</p>	<p>Mitsubishi Denki Giho: Vol. 68, No. 12, pp. 53~57 (1994)</p> <p>Mobile Satellite Communication Systems</p> <p>by Katsuhiko Aoki</p> <p>Mobile satellite communication services have been available through systems such as INMARSAT. Using the Mobile Satellite Service (MSS), these services will also become available in North America beginning in 1995. This article reports on the present status and anticipated trends in various overseas mobile satellite communications, with a focus on North America. The article also introduces the technical features of a Mitsubishi-developed mobile satellite terminal (MT) that represents entry into the MSS system.</p>
<p>Mitsubishi Denki Giho: Vol. 68, No. 12, pp. 81~87 (1994)</p> <p>FX₀/FX_{0N}/AnS Series Downsized Programmable Controllers</p> <p>by Takahiko Ando, Yoshiyuki Dkumura, Yutaka Kobayashi, Shinsuke Yokokawa, Noboru Takahashi & Masanori Kachi</p> <p>Mitsubishi Electric has developed FX₀ and FX_{0N} Series subminiature programmable controllers and Ans Series compact building-block programmable controllers to meet industry needs for downsizing. To improve performance while substantially reducing the form factor and cost, the corporation incorporated the latest microprocessors, used custom ICs to implement the logic circuits and develop other custom components, and employed new component mounting techniques. The new controllers are compatible with software developed for previous products and offer the same ease of use.</p>	<p>Mitsubishi Denki Giho: Vol. 68, No. 12, pp. 58~61 (1994)</p> <p>Basic Technologies for Mobile Communications Part I : Antenna Design for Handheld Cellular Phones</p> <p>by Yukihiro Yoshikawa, Tsutomu Endo & Yonehiko Sunahara</p> <p>Designing antennas for handheld cellular phones requires analysis of the radiation characteristics of antennas located inside a handset chassis, and analysis of the effects of the human body on antenna radiation characteristics. The article introduces the "moment" method for analyzing the former, and use of theories of geometrical diffraction and physical optics for analyzing the latter. Analytic results are compared with actual measurements.</p>
<p>Mitsubishi Denki Giho: Vol. 68, No. 12, pp. 88~92 (1994)</p> <p>QnA Series High-Performance Programmable Controllers</p> <p>by Tatsuo Itoh, Shun Dhta, Hideaki Morita & Noboru Sakamoto</p> <p>Mitsubishi Electric has developed the QnA Series, high-performance programmable controllers, to replace the previous A Series products. In addition to dramatic improvements in performance, the new series offers file management capabilities, easier debugging and other enhancements to boost software productivity. Reliability, availability and serviceability (RAS) are also improved.</p>	<p>Mitsubishi Denki Giho: Vol. 68, No. 12, pp. 62~65 (1994)</p> <p>Basic Technologies for Mobile Communications Part II: Digital Voice Compression Technology</p> <p>by Shinya Takahashi</p> <p>Voice compression technology is a topic of strong interest in the digital mobile telecommunications industry because it supports development of the low-bit-rate voice lines that allow more efficient utilization of the communications spectrum. Compression algorithms have been developed for current half-rate digital cellular phones enabling them to achieve excellent sound quality with data rates in the vicinity of 4kbps. Aiming for even lower bit rates, Mitsubishi Electric is developing new algorithms for use in its vehicle fleet. The article reports on the current status of low-bit-rate voice encoding technology, development trends and the corporation's algorithms.</p>

アブストラクト

<p>シーケンサ機能付きモーションコントローラ “A171S” “A273U” シリーズ 滝沢義知・戸祭和彦・斎藤公美雄・岡田美佐子 三菱電機技報 Vol.68・No.12・p.93～97 (1994)</p> <p>“A171S” “A273U” モーションコントローラでは、用途別ソフトウェアパッケージの採用により、各種システムのモーション動作に最適なモーションプログラム、プログラミング環境を確保した。また“MELSEC-A シリーズ”のシーケンサ機能を組み込むことにより、従来2種類のコントローラで制御していたモーション制御とシーケンス制御を1台のコントローラで実現し、生産システムの統合制御を容易に可能とした。</p>	<p>シーケンサシステムの現場保守・故障診断対応機器 倉島達洋・神谷善栄・葛西由夫 三菱電機技報 Vol.68・No.12・p.115～119 (1994)</p> <p>シーケンサ応用ラインの据付けから稼働後の保守、故障診断に対応する製品群として現場向き周辺機器、遠隔保守システム、外部故障診断システムを開発した。</p> <p>これらは、現場作業に適した小型化・軽量化を行うことによって迅速な現場保守を実現するものと、遠隔地から現場の保守と故障診断を電話回線によって実現するものと、機械の故障診断を学習機能と多種の故障診断機能によって容易に実現するもの、である。</p>
<p>FA 用ネットワーク “MELSECNET/10” 及び各種オープンネットワーク 杉山 彰・高橋俊哉・深津法保・伊藤龍男・渡辺 孝・可部明克 三菱電機技報 Vol.68・No.12・p.98～104 (1994)</p> <p>FA の中核技術の一つであるネットワークの整備は生産活動の体質強化に必ず(須)である。シーケンサを中心とした FA ネットワークの階層構成を分類して対応し、シーケンサ上位ではオープン化を進め、シーケンサ間は業界最高速の 10Mbps の伝送速度を実現、高速・高信頼性ネットワーク “MELSECNET/10” を開発した。シーケンサ下位では、オープンネットワークを順次サポートし、多様なシステムに対応可能とした。</p>	<p>小型ビルディングブロック形 FA コントローラ “LM610” 片桐正夫・三浦邦治・新藤研二 三菱電機技報 Vol.68・No.12・p.120～123 (1994)</p> <p>ビルディングブロック形の FA コントローラ “LM610” の開発のねらい、システムの特長について述べる。機能別にユニット化した拡張性の高いシステム構成とし、“MELSEC-A” シリーズ シーケンサとのバス接続及び“MELSECNET/10”接続による高速データ転送を可能とし、HD ユニットの耐振動対策などの耐環境性及び RAS 機能や新方式 HD のミラーリングによる信頼性の強化並びに故障サーチ機能ソフトウェアパッケージによる容易なモニタ/デバッグを実現した。</p>
<p>FA 用多機能電子操作盤 “GOT” シリーズと データアクセスユニット “DU” シリーズ 丹羽正美・鈴木康之・赤塚成啓・磯部倫明 三菱電機技報 Vol.68・No.12・p.105～109 (1994)</p> <p>当社では、押しボタン・ランプ等の代わりをする操作盤機能、ビジュアルな故障表示、復旧指示、作業指示を容易に実現できるシーケンサの表示装置として、多機能な FA 用中・大型表示器である “GOT” シリーズと、簡単に使える小・中型表示器である “DU” シリーズを開発した。シーケンサとの親和性を追求し、シーケンサ CPU との直結や画面作成なしでシーケンサのデバイスモニタ等を可能とした。</p>	<p>2CPU・2OS 構成の FA コントローラ “LM8000” とその応用 茅野眞一郎・大淵啓史・大西作幸・八尾尚志・西出 聡・神谷 茂 三菱電機技報 Vol.68・No.12・p.124～131 (1994)</p> <p>2 CPU・2 OS 構成の FA コントローラ “LM8000” の開発のねらい・特長及び具体的な使い方として自動車メーカのユニット組立ラインに適用した場合を参考にモデル化して述べる。OA 分野で普及しつつあるクライアント・サーバ技術を先取りし、システム構築に必要なソフトウェアの階層化と各種ソフトウェアパッケージの品ぞろえにより、ショップレベルでの情報処理とライン/セルレベルでのリアルタイム処理とを1台のマシンで同時に実現した。</p>
<p>シーケンサ用ソフトウェア開発サポート製品 尼崎新一・岩田恭伸・須田英一・二瓶貴行 三菱電機技報 Vol.68・No.12・p.110～114 (1994)</p> <p>次世代シーケンサ “QnA” シリーズでのソフトウェアサポート製品について、全体コンセプト、各製品の特長、及び内部設計の共通化について述べる。これらの製品は、シーケンサの設計から保守までのユーザ開発フェーズを総合的にサポートするソフトウェアパッケージ群をそろえている。また、プログラムの分割、マクロ、モジュール化など、プログラムの構造化を図り、複数の設計者による開発を行うことで、ソフトウェアの開発効率を飛躍的に向上できる。</p>	<p>パソコン通信・ファックスを使用した技術情報サービス 原田昭男・久米由将・石川 徹・松島正弘 三菱電機技報 Vol.68・No.12・p.132～135 (1994)</p> <p>シーケンサ “MELSEC-A” シリーズ関連の製品/技術/教育に関する情報をデータベースに蓄積して、パソコン通信システムと結合した技術情報サービスシステムを、ワークステーション上で開発・運用した。シーケンサ “MELSEC-F/FX” シリーズについては、ファックスによる情報サービスを開設した。</p> <p>これらによって、従来は人手に頼って顧客に届けていた情報が、24時間いつでも提供可能となった。</p>

Abstracts

<p>Mitsubishi Denki Giho: Vol. 68, No. 12, pp. 115~119 (1994)</p> <p>Diagnostic Equipment for On-Site Maintenance of Programmable Controller Systems</p> <p>by Tatsuhiro Kurashima, Zenei Kamiya & Yoshio Kassai</p> <p>Mitsubishi Electric has developed on-site instruments, remote maintenance systems and remote diagnostic systems for maintaining and repairing programmable-controller-based manufacturing systems after installation. Instruments for on-site work are compact and lightweight, and enable maintenance to be completed swiftly. Remote maintenance and diagnostic functions are implemented over conventional voice lines. A variety of fault diagnostic functions, including learning functions for mechanical fault diagnosis, simplify maintenance tasks.</p>	<p>Mitsubishi Denki Giho: Vol. 68, No. 12, pp. 93~97 (1994)</p> <p>A171S/A273U Series Motion Controllers with Integrated Programmable Controller Functions</p> <p>by Yoshichika Takizawa, Kazuhiko Tomatsuri, Kimio Saito & Misako Okada</p> <p>MELSEC A Series programmable controller functions have been incorporated in Mitsubishi A171S/A273U Series motion controllers. This development enables a single controller to manage a manufacturing process that previously required a separate motion controller and programmable controller. Software packages and a development environment support program development for many kinds of moving systems.</p>
<p>Mitsubishi Denki Giho: Vol. 68, No. 12, pp. 120~123 (1994)</p> <p>The LM610 Compact Modular FA Controller</p> <p>by Masao Katagiri, Kuniharu Miura & Kenji Shindo</p> <p>The article reports on the development aims and system characteristics of LM610 modular factory automation (FA) controllers. The highly expandable system supports bus connections with MELSEC A Series programmable controllers and high-speed data transfer over MELSEC-NET/10 FA network. Reliability, availability and serviceability (RAS) features, such as vibration-resistant hard-disk unit, help the equipment survive in production environments. Hard-disk mirroring is available for added reliability. Software packages with fault search functions are also available to support monitoring and debugging.</p>	<p>Mitsubishi Denki Giho: Vol. 68, No. 12, pp. 98~104 (1994)</p> <p>MELSECNET/10 and Open Networks for FA Applications</p> <p>by Akira Sugiyama, Toshiya Takahashi, Noriyasu Fukatsu, Tatsuo Ito, Takashi Watanabe & Akiyoshi Kabe</p> <p>Networking technology is vital to efficient and flexible automation of manufacturing activities. Mitsubishi Electric has developed multitiered support for factory automation networks based on programmable controllers and open-specification networking technology. Industry standards are employed for links between personal and host computers. MELSECNET/10, with the industry's highest datarate of 10Mbps, has been developed for communications between programmable controllers. For links between programmable controllers and factory equipment, the corporation offers both proprietary network products and open-specification networks.</p>
<p>Mitsubishi Denki Giho: Vol. 68, No. 12, pp. 124~131 (1994)</p> <p>The Dual-CPU, Dual-OS Design of LM8000 FA Controllers</p> <p>by Shin'ichiro Chino, Keishi Obuchi, Sakuyuki Onishi, Hisashi Yao, Satoshi Nishide & Shigeru Kamiya</p> <p>The article reports on the development aims and features of LM8000 dual-CPU, dual-OS factory automation (FA) controllers, and describes a hypothetical application in an automotive assembly line. The LM8000 employs client-server technology pioneered in office environments. Use of hierarchical system software and a wide variety of application packages make it possible to simultaneously implement shop-level information processing and realtime line-and-cell level processing in a single machine.</p>	<p>Mitsubishi Denki Giho: Vol. 68, No. 12, pp. 105~109 (1994)</p> <p>GOT Series Multifunction Electronic Control Panel and DU Series Data Access Unit for FA Use</p> <p>by Masami Niwa, Yasuyuki Suzuki, Narihiro Akatsuka & Michiaki Isobe</p> <p>Mitsubishi Electric has developed GOT Series medium-to large-size multifunction electronic control panels. The GOT Series replaces conventional control panel functions using pushbuttons and lamps. GOT can also serve as a user interface for programmable controllers indicating faults and providing instructions for recovery and general operation. The corporation has also developed DU Series small-to medium-size easy-to-use display units with similar capabilities. Both are designed for compatibility with programmable controllers. They can be connected directly to the processor and used to generate display screens for monitoring the status of the programmable controller.</p>
<p>Mitsubishi Denki Giho: Vol. 68, No. 12, pp. 132~135 (1994)</p> <p>Technical Information Services for Personal Computer and Fax Users</p> <p>by Akio Harada, Yoshimasa Kume, Toru Ishikawa & Masahiro Matsushima</p> <p>Mitsubishi Electric has developed and is operating a system for providing technical information on MELSEC A Series programmable controller products to personal computer users over phone lines. Technical data is assembled in a workstation database which is linked to a personal-computer information-delivery system. A fax-based service has also been established for information on MELSEC F/FX Series programmable controllers. The labor-saving systems provide information to customers round-the-clock without intervention.</p>	<p>Mitsubishi Denki Giho: Vol. 68, No. 12, pp. 110~114 (1994)</p> <p>Software Development Support Products for Programmable Controllers</p> <p>by Shin'ichi Amasaki, Yasunobu Iwata, Eiichi Suda & Takayuki Nihei</p> <p>The article reports on the overall concept, the design internals and the individual features of software support products for the Mitsubishi Electric QnA Series next-generation programmable controllers. These packages cover all phases of user software development from programming design through maintenance. Structured programming support, including macros and libraries, helps coordinate work by multiple software designers and dramatically raises software productivity.</p>

移動体通信特集に寄せて

電話機が我が国に渡来したのは1877年(明治10年)ですが、当時は驚きや恐怖から“電話で病気が移る”と心配する人もいて、普及し始めるのに更に20年もかかったと伝えられている。今日では我が国の電話加入者数は6,000万に近づき生活やビジネスの必需品となっているが、ここ数年の間に自動車電話、携帯電話などの無線による電話(移動体通信端末)が急速に普及し、電話が発明されて以来の夢である“いつでも、どこでも、だれとでも”簡単に通話のできるパーソナル通信の実現に近づき始めた。世界的には移動体通信端末数は昨年末に3,000万を超え、更に年45%程の急激な成長を遂げている。我が国でも本年4月の端末自由化により一気に市場が開花、本年末の加入者数は300万、成長率も欧米並みになると予想されている。また、これまでは電話が普及していなかったアジア各国では、有線電話を飛び越えて一気に携帯電話が普及すると言われている。

今日の移動体通信端末の普及は、技術的には小型・軽量化を可能にした半導体技術や実装技術に負うところ大だが、加えて基地局のカバー範囲(セル)を小さくしたセルラ方式の採用も大きな意味を持っている。基地局を多数配置して通信範囲を小さく設定することにより、周波数の有効利用が図られ加入者増に対応できるようになっただけでなく、端末機の出力が抑えられ、結果的に端末機の小型・軽量化も実現された。こうした技術進歩に加え低料金化、NCCの参入、サービス地域の拡大等が市場活性化を後押ししてきたが、今後は従来のアナログ方式に替わって加入者の大幅増に対応できるデジタル方式が主流になり、より豊かで使いやすいサービスの実現が期待される。デジタル方式の利点は通信品質の向上や音声圧縮技術による周波数利用効率向上、通信の秘匿性の確保等であるが、特にデータ通信等の非電話サービスに対応でき、マルチメディア通信が可能な点が特筆できる。

一方、現在セルラ方式にはアナログ、デジタル共に特定の国内・域内に限定された複数の標準が存在し、基本的には相互間の通信はできない状況にある。アナログの標準

代表取締役 副社長
情報通信システム事業本部長

東海林恵二郎



には日本のNTT方式、欧州のNMTやTACS、米国のAMPS、デジタルでは日本のPDC、欧州のGSM、米国のD-AMPS、CDMAなどがある。世界中どこでも電話機を持ち歩けるFPLMTS(Future Public Land Mobile Telecommunication Systems)等の検討も進められているが、本当に“いつでも、どこでも、だれとでも”通信できるようになるのは21世紀になりそうである。

とは言え、来年からサービスが開始されるPHS(Personal Handy phone System)が我が国のパーソナル通信の普及を加速させることは間違いなく、近い将来に人々の生活様式やビジネスの仕組みが大きく変わる可能性が秘められている。マルコニーの無線通信機発明から丁度100年、今や移動体無線通信技術は音声通信の枠を超え、マルチメディア時代を支える最も重要な技術として新たなページを開き始めたと言える。“(移動)電話で病気が治る”ことも夢ではなくなるかもしれない。

当社の移動体通信事業は戦後の警察無線や列車無線といった公共業務から始まり、その後タクシー無線や防災無線、さらに近年では公衆移動体通信として自動車電話や携帯電話の端末や基地局を製造・販売してきた。最近では、お陰様でNTT移動通信網㈱の“ムーバDII”、“デジタルムーバD”が小型・軽量の携帯電話としてお客様のご支持をいただくことができた。一方、海外では米国や仏国に製造拠点を置いて端末を販売、加えて北欧ではNMT方式の基地局で圧倒的なシェア獲得、米国では交換機から基地局までを含むAMPS方式のトータルシステムを提供するなど多くの実績を挙げてきた。さらに、最近では米国で衛星を使った自動車電話事業に着手し、正に地球規模での事業展開を進めている。

この“移動体通信”特集では、当社のこうした取組の一端を紹介している。今後もお客様にご満足いただける品質、価格、機能を持つ製品を開発しご提供したいと考えておりますので、よろしくご指導、ご鞭撻をお願い申し上げます。

移動体通信の現状と展望

白幡邦彦*

1. ま え が き

1970年代の後半から1980年代の前半にかけて、世界各国でセルラー方式の自動車電話システムが一斉に運用開始された。はじめアナログ方式でスタートした自動車電話は、その後急速に加入者を増やし、その加入者の増加に対処するため、1992年ごろからはさらにデジタル方式も新しく導入された。いまや自動車電話は、使いやすい携帯電話端末が導入されたこともあって、運用が開始されてわずか10年少々で世界の100か国以上の国々で3,400万人以上もの人々に利用されるまでに発展し、“自動車・携帯電話”と呼ばれるようになった。

この自動車・携帯電話の実用化を可能にした技術的要因はいろいろ考えられるが、800～900MHz帯という当時としては新しい周波数帯域の開放に加え、複雑な制御を可能にした1チップCPU、周波数シンセサイザ用の高速可変分周器、書込み・消去可能なROM、小型誘電体フィルタの実用化などの新しい技術や部品のタイムリな開発が、小型移動端末の実用化を可能にしたことが大きい。その後も、これらの技術に改良が加え続けられ、低消費電力部品、低電圧動作部品、高密度実装用の超小型部品等が次々と出来てきて、今日の携帯電話の時代が実現した。これらの技術は、ページング受信機やコードレス電話機といった他の移動体通信分野の機器の実用化にも広く活用されることとなって、今日の移動体通信隆盛の状態を作り出す引き金となってきた。

一方、これらの発展と並行して、これからますます進展していくと言われている通信のパーソナル化やマルチメディア化のために、パーソナル通信システムや移動データ通信システムのような新しいシステムの研究・開発も広く行われている。以下にその概要を紹介する。

2. 自動車・携帯電話の市場及び技術動向⁽¹⁾

2.1 アナログ方式からデジタル方式へ

現在、世界で使われている自動車・

携帯電話システムは、世界的に統一されたシステムではなく、アナログ方式、デジタル方式共に複数の方式が入り乱れて使われている。先に述べた3,400万人の世界の利用者の約95%はアナログ方式のシステムを利用しており、現在、デジタル方式の利用者は全利用者の5%に不足している。しかし、これからは急速にデジタル方式の利用者が増大していき、アナログ方式の利用者は1996年をピークに減少していくと予想されている。

アナログからデジタル方式への移行の理由は、まず第一に世界の主要国の主要都市において、利用者の急激な増加に対し周波数の割当てが不足してきたことが挙げられる。そのため、アナログ方式に比べて雑音や干渉に強く、したがって電波の利用効率が優れているデジタル方式が選択される。さらに、デジタル方式はアナログ方式に比べ、通信の秘匿性が格段に得やすいこと、機器のLSI化が容易なため装置の小型化・経済化につながることで、データ通信等の非電話系の新しいサービスへの対応が容易であることなど、優れた点が多い。このデジタル方式の実用化に際しては、近年の情報処理技術、音声符号化技術、DSP(Digital Signal Processor)、及びIC技術の進歩が大きく貢献している。

2.2 世界のデジタル化動向⁽²⁾

デジタル方式の自動車・携帯電話システムは、日本、欧州、米国とでそれぞれ独自の方式で運用が開始されたが(表1)、TDMA(時分割多元接続)(8多重)方式を採用した欧

表1. デジタル自動車・携帯電話の比較

地 域 項 目	日 本 PDC	欧 州 GSM	北 米 IS-54	北 米 IS-95
使用周波数帯 (上り)	940～956MHz 1,429～1,453MHz	890～915MHz	824～849MHz	824～849MHz
使用周波数帯 (下り)	810～826MHz 1,477～1,501MHz	935～960MHz	869～894MHz	869～894MHz
アクセス方式	TDMA	TDMA	TDMA	CDMA
多重数/キャリア	3(6)*	8(16)*	3(6)*	—
キャリア 周波数間隔	50kHz 25kHzインタリーブ	200kHz	60kHz 30kHzインタリーブ	1.25MHz
伝 送 速 度	42kbps	270.833kbps	48.6kbps	9.6kbps
変 調 方 式	$\pi/4$ シフトQPSK	GMSK	$\pi/4$ シフトQPSK	QPSK
音声符号化方式 (誤り訂正を含む。)	VSELP (11.2kbps)	RPE-LTP (22.8kbps)	VSELP (13kbps)	QSELP
波 形 等 化	オプション	15 μ sまで	60 μ sまで	—
ダイバシティ	オプション	—	オプション	—
周波数ホッピング	—	オプション	—	—

注 *の()内は将来のハーフレート採用時のもの

州の GSM (Group Special Mobile) 方式が 1992 年 7 月スタートと一番早かった。GSM 方式は、欧州の統合に合わせて欧州内の統一システムとして 1982 年から CEPT (欧州郵便電気通信主管庁会議) の下に GSM と呼ばれる組織が結成され、さらに途中から ETSI (欧州電気通信標準化機構) に引き継がれ検討がなされてきた。開発と並行して世界各地に方式を売り込み、GSM 方式は現在では欧州のみならず、アジア、アフリカ、パシフィック地域、東欧地域等へと広く普及・拡大しつつある。

日本におけるデジタル方式の自動車・携帯電話は、欧州の GSM システムと同様に TDMA (3 多重) 方式が採用され、RCR (財電波システム開発センター) が中心となり技術仕様の検討が進められてきた。1991 年 4 月に仕様が決まり、1993 年 3 月にまず首都圏でシステムの運用が開始され、1994 年 4 月からは関西、東海地区でも運用が始まっている。

また、米国では、TIA (米国電気通信工業会) が 1988 年から TR 45 諮問委員会を設立して検討を行ってきたが、TDM A と CDMA (符号分割多元接続) の二方式を標準方式として仕様制定することとなった。このうち、TDMA 方式については 1992 年 12 月に一部の地域で運用が開始されたが、CDMA 方式については現在実用化待ちの段階にあり、今後どちらの方式が主流になっていくか興味を持たれている。

2.3 IPR 問題

欧州の GSM 方式の検討がなされている中で、この方式の中で使われる要素技術に関して特許を中心としたいわゆる IPR (Intellectual Property Right: 知的財産権) 問題が大きくクローズアップされ、解決に多大の時間とエネルギーが費やされた。そのため、これを契機として各国におけるその後の新しい通信システムの標準仕様作成においては、そのシステム構築にかかわる必ず (須) の特許の事前調査の実施や、標準仕様採択後に問題が生じることがないように十分な配慮がなされるようになってきた。

3. パーソナル通信の市場及び技術動向

現在のセル方式の自動車・携帯電話は、車社会の産物としてスタートし発展してきたが、携帯電話端末が導入されて以来利用者が急激に増加し、その結果、自動車内での利用のみならず、市街地の歩行中での利用や事務所内でのコードレス電話的な利用形態も増えてきた。また、電話の加入料金や使用料金が下がり、それまではビジネスのための利用が多かった自動車・携帯電話が、一般の個人が利用できるレベル、いわゆるパーソナルユースのレベルにまで利用層が拡大されてきた。これからの情報化社会においては、ますます通信のパーソナル化が進むことになるが、この市場の要求に対処するための移動体通信システムとしての要件は、以下のようものである。

- (1) 市街地やオフィス内での大きなトラヒックに耐え得る加入容量があること
- (2) 利用料金が安いこと
- (3) 面的にサービスができ、発着信可能なこと
- (4) 小型、軽量の端末が利用できること
- (5) 通信のセキュリティが確保できること
- (6) マルチメディア化に向けて非電話系のサービスへの対応ができること

これらの要件を満たすためには、システムのデジタル化に加え、新しい周波数帯の開拓が必要になってくるなど、従来の自動車・携帯電話システムではこれらすべての要件を満たすことが難しくなってきた。以上の要件を満たし得る新しいパーソナル移動体通信システムを求めて、既に日本を始め欧州、米国で研究・開発が進められている (表 2)。

3.1 日本の動向

日本では、これからの通信のパーソナル化に備えて PHS (Personal Handy Phone System) が取り上げられ、その技術的条件の検討が 1990 年 2 月、郵政省の電気通信技術審議

会で開始され、1993 年 4 月に最終答申が出された。現在は、実用化に向けて最終調整が行われている段階である。この PHS は、現在家庭や事業所などの屋内で使われているアナログ方式のコードレス電話をデジタル化するとともに、端末を屋外に持ち出せばそのまま屋外でも公衆電話の端末として使用できるようになるという画期的

表 2. パーソナル通信システムの比較

地 域	日 本	欧 州	英 国 等
項 目	PHS	DECT	DCS1800
使用周波数帯	1,895~1,918.1MHz 公衆 1,895~1,906MHz 屋内	1,880~1,900MHz	1,710~1,785MHz 1,805~1,880MHz
アクセス方式	TDMA/TDD	TDMA/TDD	TDMA/FDD
多重数/キャリア	4	12	8 (16)
キャリア数	77*	10	375
キャリア周波数間隔	300kHz	1,728kHz	200kHz
伝 送 方 式	384kbps	1,152kbps	270.833kbps
変 調 方 式	$\pi/4$ シフト QPSK	GMSK	GMSK
端末の送信出力	10mW 以下	通常 10mW 以下 250mW まで可	GSM を小電力化
音声符号化方式	ADPCM (32kbps)	ADPCM (32kbps)	RPE-LTP (22.8kbps)
着 信	○	○	○
ハンドオーバー	○	○	○
子機間直接通話	○	×	×

注 * : 屋内用はこのうち 37 波のみ使用可能、() 内は将来のハーフレート採用時のもの

なものである。

携帯端末の出力パワーは10mWであるため、端末の小型化・低価格化を可能とするとともに、待ち受け時間や連続通話時間が長くできる。また、半径100～200mの無線エリアを数多く設置してシステムを構築するため、車で高速移動中の通話には適さないが、周波数の使用効率を高めシステムの加入者容量を増大させることができる。周波数は1.9GHz帯を使用し、通信方式としては高トラフィックに対処できるようにTDMA(4多重)方式及びTDD(時分割双方向伝送)方式を採用している。音声符号化方式として32kbpsのADPCM(Adaptive Differential Pulse Code Modulation)方式が採用され、高品質の音声伝送が可能だけでなく情報ビットレートが32kbpsであるため、高速なデータ伝送サービスが可能で、電子メール等の送受信など将来のマルチメディア通信としても利用されることが大いに期待される。

PHSは1993年10月から札幌市において、また1994年4月からは東京地区において一般市民等のモニタを使った実用化実験が既に行われ、今後は電気通信事業者の認定を経て1995年から実用化が開始される予定である。将来の需要予測としてはサービスの形態によっても異なるが、国内で2000年には300～750万加入が見込めるとの予測も出されており、さらに、PHSを日本国内だけでなく広く国外にも普及させていこうという動きも出てきている。

3.2 欧州の動向

欧州では、ETSIがデジタル方式の自動車・携帯電話としてGSM方式を標準化したが、パーソナル通信システムの分野においてもETSIが仕様の標準化を活発に進めてきている。オフィス内での利用が主目的といわれる、DECT(Digital European Cordless Telecommunications)システムの標準化及びPCN(Personal Communications Network)システムとしてDCS1800システムの標準化を行い、いずれも既に実用化に入っている。DECTは1,880～1,900MHz帯を使用し、日本のPHS方式と同じTDMA(12多重)/TDD方式のシステムであり、DCS1800システムはGSMと同じTDMA/FDD(周波数分割双方向)方式で、GSMの周波数を900MHz帯から1.8GHz帯に変更して作られたシステムである。

3.3 米国の動向

米国では、次世代の携帯電話サービスとしてPCS(Personal Communications Services)というシステム構想を打ち出し、FCC(連邦通信委員会)やTIAが中心となって1990年ごろから周波数帯、マーケット、標準化等について検討を進めてきた。米国では、900MHz帯の3MHzを使った狭帯域PCSと、2GHz帯の140MHzを使った広帯域PCSとがある。PCSで使用される周波数は狭帯域、広帯域PCS共に政府によって競売にかけられ、システムを運用したいと望む者に売り渡される仕組みが採られる。狭帯域PC

Sは、呼出し確認付きポケットベル、データメッセージング、一方方向/双方向エレクトロニックメッセージング、ファクシミリ等の画像通信などの利用が計画されており、1994年7月に周波数の競売が実施された。また、2GHz帯のPCSは、高性能のコードレス電話や小型携帯電話システムに利用され、これに対しFCCは1994年6月に前述の140MHzの帯域を割り当てた。この2GHzPCSの仕様の標準化は、現在もTIA及びJTC(Joint Technical Committee on Wireless Access Standards)と呼ばれる委員会で検討が続けられており、TDMAやCDMAをベースにした多数の方式が標準方式の候補として挙げられている。最終的には全米で一つの方式に統一はされず、システムの運用者の選択による複数の方式が混在する可能性が高いといわれている。いずれにせよ1994年中には何らかの結果が得られるものと思われる。これら新しいPCSは、実用化後約10年間で全米で6,000万加入者に達すると予想する調査会社もあって、様々な事業家が活発に事業への参入計画を練っている。

4. その他の移動体通信システムの動向

移動体通信の分野で、上述の自動車・携帯電話システムやパーソナル通信システム以外で将来の発展が期待されているシステムとして、ページングシステム、移動データ通信システム、自営通信システムの中のMCA(Multi Channel Access)システム等が挙げられる。ここでは、将来マルチメディア通信のインフラストラクチャとして深くかかわってくると言われる移動データ通信システムの動向に触れておく。

移動データ通信システムは、リアルタイム性が要求される音声通信システムとは異なり、ある程度の遅延はあってもよいが高品質の通信が要求されるというシステムである。このため、通信方式としては、パケット交換方式が採用されることが多い。

4.1 日本の移動データ通信

日本では、この移動データ通信専用システムとして、1989年にサービスが開始されたテレターミナルシステムがある。これは、800MHz帯を使い、9,600bpsの信号速度、512ビットのパケット長の通信システムである。現在は、フィールドでのセールス、データ収集や電子メールといった利用がなされているものの、現段階では、音声通信ができないことや周辺環境が未整備等のため利用状況は今一つである。しかし、将来的にはシステムの改良も加えられれば、無線通信と携帯型コンピュータを組み合わせ、いわゆるモービルコンピューティングのインフラストラクチャとして発展が期待されるシステムである。

4.2 海外の移動データ通信

海外においては、米国のRAMやARDISといったシステムが知られており、これらは既に米国の主要な地域をカバーしているといわれている。RAMシステムは、スウェーデ

ンで開発され1986年から運用されている Mobitex と呼ばれる移動データ通信システムの技術を用いて米国の RAM Mobile Data 社が開発したシステムで、900 MHz帯を使って8 kbpsの伝送速度の通信を行う。ARDIS システムは、米国の ARDIS 社によって運営されているシステムで、800MHz帯を使って4.8 kbpsの伝送速度の通信を行う。

両システムとも1990年にサービスが開始され、現在はフィールドサービスやセールス、電子メールといった利用がなされている。全米における移動データ通信システムの利用者は、現在50万人程度であるが、2000年には400～500万人になると予想されている。また、RAMやARDISシステムは欧州、カナダ等でも利用されている。

米国ではこれらの外に、アナログ方式の自動車・携帯電話の通信網を利用し、通話チャネルの空き時間（通話中の無音時間）を使って、19.2 kbpsのパケットデータ通信を行う CD PD (Cellular Digital Packet Data) と呼ばれるシステムやページングシステムを使ったデータ通信サービスも既に開発され、実用に入っている。

5. 将来に向けての技術検討課題

現在、2000年ごろの実用化を目指した、国際的に統一されたシステムである“将来の公衆用陸上移動通信システム”(Future Public Land Mobile Telecommunication Systems: FPLMTS)の検討が世界的に本格化しつつある。このための無線周波数の国際的配分は、1992年の世界無線通信主管庁会議(WARC-92)において決定されたが(図1)、これまでも実現ができなかった全世界共通の汎用無線インタフェースによるシステムの実現や、全世界のユーザの認証問題、国際ローミングの問題等といった技術的問題は今後に解決をせまられている大きな課題である。汎用無線インタフェースについては、全く新しいシステムを構築するか、既存のシステムの改良や組合せで実現するかといった政治的色彩の強い問題も併せて検討されることになる。

その他、将来の広範なモバイルコンピューティングの実現や画像データや動画の伝送を行うようなマルチメディア通信の実現のためには、マイクロ波帯やミリ波帯といった新しい周波数領域の開拓はもとより、電波の伝搬状態や利用状況に

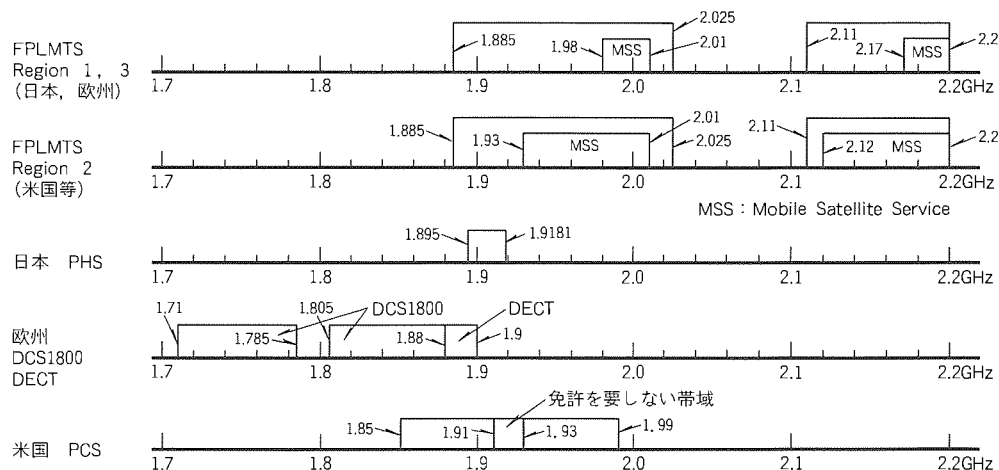


図1. 2 GHz近辺の周波数利用状況

応じて無線局が使用する周波数、電力、アンテナの指向性等を時間的に変化させる技術(インテリジェント電波利用技術)等の研究開発と、その実用化が課題となっている。

6. むすび

以上、移動体通信の市場、技術の動向を紹介してきた。

1994年5月の“21世紀の知的社会への改革に向けて”(情報通信基盤整備プログラム)と題する電気通信審議会の答申⁽³⁾にもあるように、これからの我が国が直面している諸問題の解決に当たっては、情報・知識の活用による課題の解決が重要であり、そのため、情報通信基盤の整備が我が国でも重要政策の一つとなってきた。とりわけ、情報ハイウェイ通信網の末端に位置し、通信網とそれを利用する個人との接続の接点となる移動体通信システムの社会における役割は、今後ますます高まっていくことは確実である。

また、移動体通信はこれまで述べてきたように、パーソナル化・マルチメディア化が急速に進む中で利用者のニーズも高度化・多様化してきており、世界的にも多種多様なシステムが構築されつつある。移動体通信の開発に携わる我々は、これら移動体通信に期待される役割や利用者のニーズを正しく認識して技術開発やシステムの標準化を推進し、これからの社会の発展に貢献していくことが肝要である。

参考文献

- (1) 一ノ瀬友次, 児山淳弥, 佐藤一美, 栗生和宏: 移動体通信の動向, 三菱電機技報, 66, No. 9, 896～900 (1992)
- (2) 白幡邦彦: 移動体通信, 電気評論 (1990-7)
- (3) 電気通信審議会: 21世紀の知的社会への改革に向けて(答申) (1994-5)

携帯電話の小型化と“ムーバDII”

粟生和宏* 石田修己+
前村公正** 小坂益規*
藤本孝信***

1. ま え が き

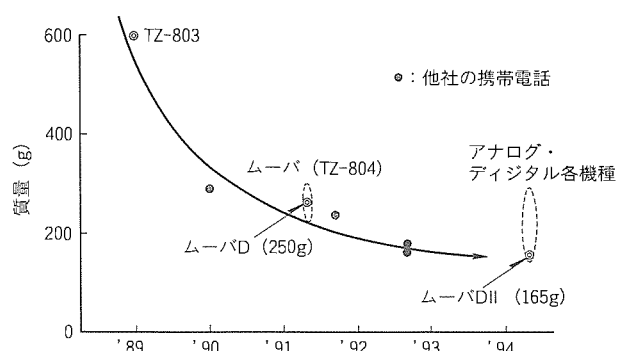
国内の携帯電話市場は、1987年4月からの日本電信電話公社（NTT）による携帯電話サービス開始以来、約4年間は単一機種／単一事業者の市場であった。しかし、近年は通信方式の種類の増加、新規通信事業者・新規製造メーカの参入等で携帯電話機の多様化が顕著となってきた。

特に1994年4月の携帯電話端末の売り切り制に伴い、国内外のメーカが各社各様の携帯電話端末を市場投入している。当社では、NTT 移动通信網(株)（NTT DoCoMo）に1991年から“ムーバD”^(注1)を納入し、その後継機として、“ムーバDII”を開発し、1994年3月から納入している。

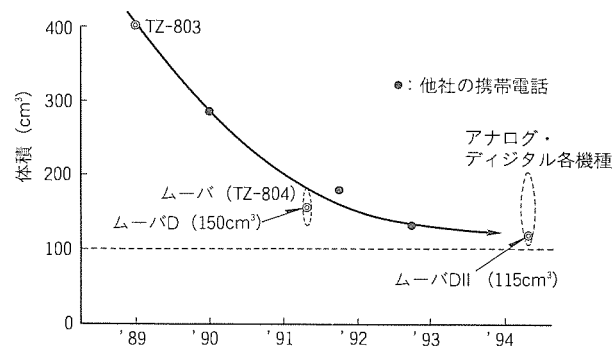
ここでは、ムーバDIIにおける製品コンセプト及び小型・軽量化技術について紹介する。

2. 携帯電話の小型・軽量化トレンド

国内の携帯電話市場は、利用料金の低下と端末機の低価格



(a)



(b)

図1. 携帯電話の小型・軽量化

化、小型・軽量化に伴い、急激にその規模を拡大している。そのため、メーカ各社はより小さく、より軽い携帯電話の開発を目指し、し(熾)烈な競争を繰り広げている。

ここ数年の携帯電話の小型・軽量化競争の国内での口火を切ったのは、1989年4月に米国モトローラ社が発表した体積221cm³、質量303gのマイクロタックであった。以来、ほぼ2年間隔で大きさは半分になってきた(図1)。

現在、国内市場で用いられている携帯電話は、デジタル、アナログを合わせると50機種以上あり、その中でもムーバDIIは極めて小型・軽量を実現している。

3. 超小型携帯電話 ムーバDII

NTT DoCoMoの指導の下、携帯電話端末の売り切り制導入に対応したムーバDII(図2)を開発した。開発に先立ち、社内外の評価機関を通して携帯電話として好まれる形状を調査したところ、以下の結果を得た。

(a) 手に持ったときのフィット感が重視され、幅広薄型の形状よりも正面視で小型の形状が好まれる。

(b) 通話時に安心感のある耳口間隔を持つ形状が好まれる。

そこで、“たんで小さく、使って安心”をキャッチフレーズに、適当な耳口間隔を残したまま小型化が可能なフリッ

(注1) “ムーバ”はNTT移动通信網(株)の登録商標である。



図2. 超小型携帯電話 ムーバDII

プタイプの形状を採用した。使用電池については、従来機が電池 5 セルで定格電圧 6 V 仕様であるのに対し、ムーバ DII では電池 3 セルで定格電圧 3.6 V として、将来的に軽量化に最も有利なリチウムイオン電池 1 セルの使用が可能な構成とした。ムーバ DII における主な特長を以下に示す。

(1) 小型・軽量

ムーバ DII シリーズ中、最小最軽量の 115 cm³/165 g (S (Small) 電池装着時) を実現

(2) 日常生活防水機能

M (Middle) 電池装着時に JIS 保護等級 4 級防まつ (沫) 形を満足

(3) 通話時間・待受け時間 (表 1)

連続通話 150 分/連続待受け 56 時間を実現 (L (Large) 電池使用時)

(4) ムーバ DII 独自の機能

(a) 縦倍角表示 (LCD のダイヤル数字表示)

(b) メモリダイヤル 300 件

(c) フリップの開閉を利用したワンタッチダイヤル/終話機能

(d) 接話形マイク、ダイナミックスピーカ及びフリップ構造による騒音環境下での高い通話明りょう (瞭) 度

4. 小型・軽量化技術

ムーバ DII では電気部品及び構造部品の小型・軽量化に取り組んだ結果、従来機に比べて体積で 23 % 減、質量で 34 % 減の小型・軽量化を実現した。

4.1 低電圧化と電池選択

携帯電話の使用可能時間は、通話時間と待受け時間で評価される。通話時間は、送信電力増幅器の消費電流により、待受け時間は制御部の消費電流によって大きく左右される。電池の使用本数が小型・軽量化に大きなウェイトを占めるため、ムーバ DII の電池電圧を決定する際に以下の点について検討し、電池 3 セル (定格電圧 3.6 V) の構成とした。

送信電力増幅器は、電圧の低下に伴って電流が増加する。GaAs プロセスの最適化等により、電力効率を維持 (60 % typical) し、送信出力回路の損失低減 (アイソレータの削除等) と電池の容量アップにより、従来機 (電池 5 セル) とほぼ同等の通話時間を得られるようにした。

制御部の消費電流は、一般に動作周波数、回路内で充放電を繰り返す容量、動作電圧で決まり、それぞれの値が小さい

ほど有利である。動作周波数については、必要な回路のみを動作させ全体の平均動作周波数を下げている。容量については、0.8 μ m ルールの CMOS ASIC (Application Specific Integrated Circuit) の採用によって回路規模が大きいのにもかかわらず、チップ面積を小さくして低容量化を実現している。また、動作電圧についても低電圧メモリ等の採用により、全体を 3.0 V \pm 10 % で動作を可能とし、低消費電流化を図っている。

次に電池選択の条件としては、① 本体にマッチした形状、② 放電特性が平坦、③ 軽量、④ 使用時間が携帯電話として適当であることがポイントとなる。ムーバ DII では角型ニッケル水素電池、円筒ニッケルカドミウム電池をそれぞれの用途に合わせて用意した。現在注目されているリチウムイオン電池についても、単位質量当たりの電荷密度が最も高く、1 セルで構成可能なため、軽量化の点で大いに有利であるので、採用可能としている。

4.2 アンテナ技術

携帯電話の普及に伴い、近年アンテナ技術も更なる小型・軽量化と合わせ、水平面内の平均化利得、アンテナ効率の向上、人体効果の低減、及び使い勝手を考慮した高性能化が求められている⁽¹⁾。ダイバシティ受信のため、アンテナ構成は図 3 に示すようになっている。

垂直偏波仕様の送受信兼用アンテナとしては取り出し、収納の 2 ステップで動作し、取出し時はホイップアンテナとして、収納時はヘリカルアンテナとして、それぞれ独立した性能を持つホイップ&ヘリカル一体アンテナを採用している。

受信専用アンテナとしては、携帯性に優れている背面設置 (電池側) の内蔵逆 F アンテナを採用している。以下に各々のアンテナの小型・軽量化、高性能化技術について述べる。

(1) 送受信兼用アンテナ

取出し時のホイップ部は、心線として屈曲性に優れた材料を用いて直径を小さくするとともに、引き出し時の全長を極力長くすることにより、人体による利得低下を抑えている。また、高効率化のため徹底して整合回路のロス低減を図っている。

収納時のヘリカルアンテナ部は、軽量化材料を用いてコイルを構成することにより小型・軽量化を図っている。

(2) 受信専用アンテナ

放射板と地板は、導電性の良好な導体でめっき処理を施している。また、放射板支持用には、空洞部分を多くした低損失誘電体材料を採用し、高効率化と小型・軽量化を実現している。なお、受信専用アンテナをきょう (筐) 体上部に設けることにより、筐体を持ったときに放射板から手を遠ざけることができ、人体による利得低下を抑えている。

4.3 無線部の IC 化・モジュール化

ムーバ DII では消費電流の削減と小型・軽量化のために以下の IC、モジュールを開発した (図 4)。

表 1. ムーバ DII の電池種別と動作可能時間

	S 電池	M 電池	L 電池
電池種別 (セル数)	NiMH (3)	NiMH (3)	NiCd (3)
電池容量 (mAh)	550	850	1,600
連続通話時間 (min)	約 50	約 80	約 150
連続待受け時間 (h)	約 19	約 30	約 56

注 S: Small, M: Middle, L: Large

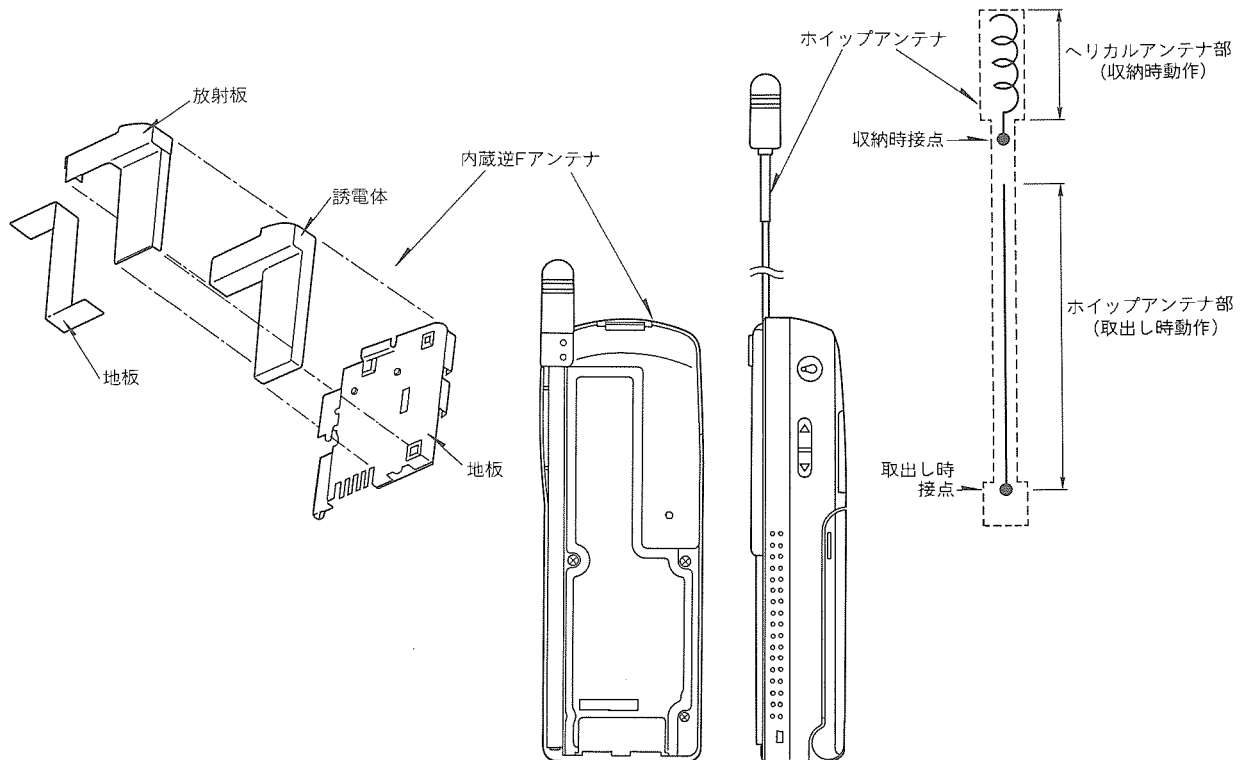


図3. アンテナ構成

(1) 受信ダウンコンバータモジュール

GaAs プロセスチップによる低雑音増幅器、ミキサと SAW (Surface Acoustic Wave) フィルタを1パッケージに内蔵したマルチチップモジュール⁽²⁾で、低雑音指数、低消費電流を実現した。寸法は約8.2×6.5 (mm) である。主な電気特性は、次のとおりである。

- RF 周波数 : 870 ~ 885 MHz
- 利得 : 20 dB
- 雑音指数 : 3.5 dB
- 消費電流 : 2.5 mA

(2) IF-IC

RSSI (Received Signal Strength Indicator) 回路を2系統とリミッタンプと検波回路を内蔵した CMOS プロセスによる48ピン VQFP (Very Small Quad Flat Package) の LSI である。主な電気特性は次のとおりである。

- リミッタ利得 : 120 dB
- 受信感度 : -106 dBV
- 消費電流 : 5.5 mA (2 系統)

(3) シンセサイザ IC (SYNTH-IC)

シンセサイザ回路に必要である PLL (Phase Locked Loop) を2系統とバッファアンプと送信ミキサを内蔵した BiCMOS プロセスによる48ピン VQFP の LSI である。

(4) HPA (High Power Amplifier)

+3.4 V 駆動で出力電力31 dBm と高効率を達成した GaAs プロセスによる送信電力増幅器⁽³⁾で、MMIC (Monolithic Microwave IC) を採用しており、寸法は約10×9.2

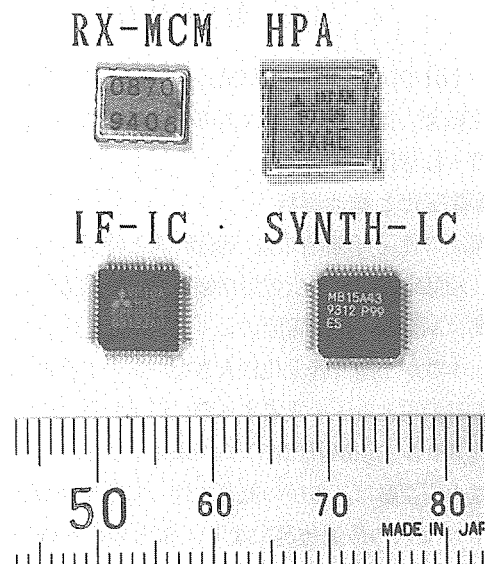


図4. 無線部のIC化・モジュール化

(mm) である。主な電気特性は次のとおりである。

- 周波数帯域 : 925 ~ 940 MHz
- 入力電力 : +7 dBm
- 出力電力 : +31 dBm
- 効率 : 60 %

その他、表面実装部品、小型チップ部品 (抵抗、コンデンサ、インダクタ) を採用することにより、上記 IC、モジュールとあわせて電気回路部の小型・軽量化、低消費電流化を図っている。

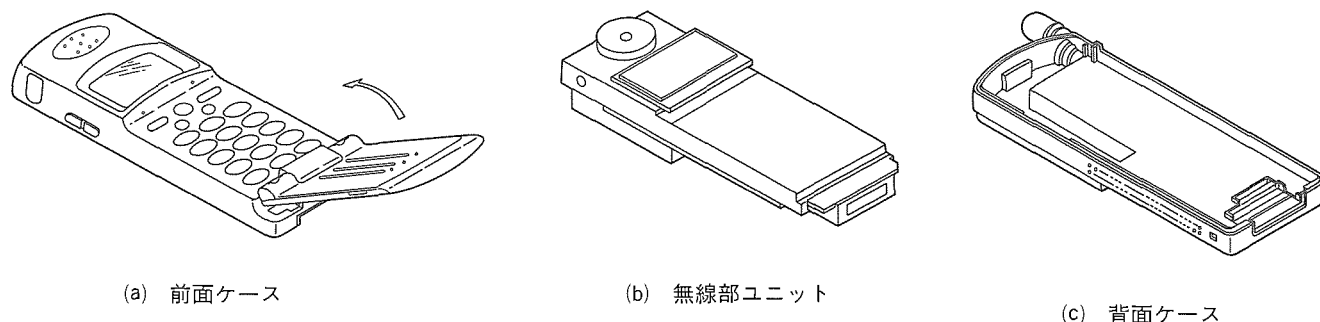


図 5. ムーバD II の構造

4.4 筐体，シールド構造の小型・軽量化

ムーバDIIの本体は，前面ケース，背面ケース，無線部ユニットから構成されている（図5）。

無線部ユニットには，回路基板（1枚）をシールドケース（2部品）で囲み，前面ケースと背面ケースの組み付け前後での性能のばらつきを極力なくす構造を採用した。シールドケースには，樹脂射出成形品を採用し，表面を金属めっき処理（Cu + Ni）を行うことで電氣的導通を得るようにした。

前面ケース，背面ケースは，シールドケースで完全に囲まれた回路基板を収納する二重筐体構造とし，ABS樹脂を採用した。

上記の結果，成形品の薄肉化が可能となり，シールド部材を含む筐体関係でムーバDと比べて31.5%減の軽量化が図れた（表2）。

4.5 1枚基板と全自動調整化

ムーバDIIでは小型化を実現するために，電気回路はFPC（Flexible Printed Circuit）とプリント基板1枚で構成されており，操作・表示部の部品をFPC上に，制御部と無線部の部品をプリント基板上に実装している。制御部と無線部を1枚のプリント基板上に実装するに当たっては，次のような点に注意した。

- (a) 制御部の配線の高密度化
- (b) 制御部と無線部のアイソレーションの確保
- (c) 無線部内の送受信部のアイソレーションの確保
- (d) 基板全体のシールド性の確保

これらを満足するためにプリント基板の構造としては8層基板を使用した。また，小型化とともに低背構造を実現するために使用部品の選定及び基板上の配置について十分に工夫した。

また，基板の全自動調整が可能のように半固定抵抗器・トリマコンデンサなどを一切使用せずに電子ボリューム化し，外部から調整・制御することを可能とした。

5. む す び

携帯電話市場は急速に拡大してきたが，売り切り制の導入を経て市場は変化してきている。多システム／多機種投入によって携帯電話はますます多様化し，小型・軽量化，低価

表 2. 筐体，シールド部品の比較

	ムーバD	ムーバDII
基板構成	6層 ($t=0.9\text{mm}$) 4層 ($t=0.8\text{mm}$)	8層 ($t=1.3\text{mm}$)
シールド構成	金属ケース (黄銅板 $t=0.2\text{mm}$) 内面アルミ蒸着	ABS樹脂成形品 + 全面めっき処理
筐体樹脂材料	ガラスフィラー入りPC	耐熱ABS
平均肉厚 (mm)	1.5	1.0
最小肉厚	1.0	0.8
最大肉厚	2.0	1.8
成形品質量 (g)		
前面ケース	23.3	9.0
背面ケース	23.4	8.1
フリップ		7.7
シールドケース	5.9	前面 6.1 背面 5.1
合 計	52.6	36.0
S電池パック (g)	98.3	65.9

注 ABS : Acrylonitrile Butadiene Styrene
PC : Polycarbonate

格化，高機能・高性能化が進展している。

携帯電話を特に必要としている需要層は，既にはほぼカバーされていると思われるが，オペレータによる利用料金の低下と多様化により，低トラヒックユーザ層への拡大が期待される。今後も，当社は市場ニーズに対応した携帯電話の開発・提供に努めていきたい。

参 考 文 献

- (1) 常川光一：超小型アンテナ，携帯電話の高度化を支えるデバイス技術，電子情報通信学会東京支部，12～23（1994）
- (2) 下沢充弘，伊山義忠，伊東健治，末松憲治，永塚 勉，杉山 茂，酒井 淳，前村公正，笠井信之，飯田明夫：移動体通信用900MHz帯低電流ダウンコンバータモジュール，電子情報通信学会技術研究報告，MW94-12～21，71～76（1994）
- (3) 高木 直：送信電力増幅器とMMIC化，携帯電話の高度化を支えるデバイス技術，電子情報通信学会東京支部，43～54（1994）

国内向けデジタル携帯電話機

佐藤一美* 村上 治**
入野悦郎*
吉田和幸*

1. ま え が き

国内におけるデジタル移動通信方式 (Personal Digital Cellular System : PDC) は、1993 年 3 月に NTT 移動通信網(株) (NTT DoCoMo) によって首都圏で商用サービスが開始され、全国サービスへと拡大されつつある。

さらに、新規事業者 (New Common Carrier : NCC) も 1994 年度には商用サービスを始めており、1994 年 4 月には、自動車・携帯電話端末の売り切り制が新たに導入されたのを機会に、アナログ及びデジタルの両方式の端末が入り混じって新たな競争の時代を迎えている。

このような状況の下で、従来から潜在需要の大きさは予測されながら先進諸外国に比べて普及率の遅れをとっていたこの事業分野は、今後急速な進展が期待されている。特に、ユーザの多様な要求に対する高度な新しいサービスを提供できる方式として、システムの経済化及び周波数利用効率向上によってシステムの大容量化を期待できる PDC 方式⁽¹⁾⁽²⁾の普及が望まれている。

このような新しいサービス展開の時期を迎えて、当社では NTT DoCoMo の指導の下に図 1 に示す PDC 方式用 800 MHz 帯携帯電話“デジタル・ムーバ D (TZ-821 B)”^(注1)を開発したので、その概要について報告する。

2. PDC方式の概要

PDC 方式は、1989 年に郵政省の下に“デジタル方式自動車電話システムに関する調査研究会”が置かれ、内外の諸機関の参加によって技術的条件等の検討が開始されたことに端を発する。翌年には電気通信技術審議会に諮問され、答申が 1990 年 6 月に行われ年度末には国の技術基準が定められた。

一方、民間の規格としては、国の技術基準に準拠した無線区間インタフェースに関する標準規格が、(財)電波システム開発センターにおいて内外の無線機器製造業者、電気通信事業者及びユーザの参加により、“デジタル方式自動車電話システム標準規格 RCR STD-27”⁽³⁾として 1991 年 4 月に定められた。主な規格内容を表 1 に示す。

PDC 方式の特長としては、従来のアナログ方式が PM (Phase Modulation : 位相変調) による SCPC (Single Channel per Carrier) の FDMA (Frequency Division Multiple Access : 周波数分割多重アクセス) 方式であった

(注 1) “ムーバ”は、NTT 移動通信網(株)の商標である。

のに対し、PDC 方式はデジタル方式であり、デジタル処理による音声の帯域圧縮と図 2 に示すような TDMA 方式のスロット配置を採用して周波数の有効利用が図られていることにある。

この結果、PDC 方式では従来のアナログ方式に比較して、以下の特長がある。

- (1) 多重化されている分だけ基地局の送受信機の所要台数を減らすことができ、基地局の経済性が良くなる。
- (2) ハンドオーバー時のチャネル切換えに際しては、図 2 に示すアイドルスロットにおいて周辺ゾーン監視用キャリアの受信レベル測定を行い、移動局が主導的にシステムとしての制御を分担している。この分散処理の結果、システムとして高速・高信頼制御が容易となり、小ゾーン化によって有効に対応できるため、周波数有効利用を図ることができる。
- (3) デジタル処理により、高度な秘匿／認証機能がある。
- (4) 携帯機としては、図 2 に示すように送信スロットと受信スロットが重ならないように配置されているため、送受両回



図 1. PDC方式用800MHz帯デジタル携帯電話機の外観

路間のシールド及び送受分波器が簡略化できる。

(5) 間欠受信時には PDC 方式の特長を生かして高精度なタイミング制御を行い、受信回路部・制御部の高速な立上げ制御を行って、消費電流を少なくできる。

3. 携帯電話機の構成

携帯機の基本構成を図 3 に示す。移動機的设计思想及び構

表 1. PDC方式の主な規格内容

項 目	諸 元
通 信 方 式	TDM方式 (下り) TDMA方式 (上り) 複信方式
TDMA多重数	3 (フルレートコーデック使用時) 6 (ハーフレートコーデック使用時)
無線周波数帯 (1)800MHz帯 (2)1,500MHz帯	810~826MHz (下り) 940~956MHz (上り) 1,429~1,453MHz (上り) 1,477~1,501MHz (下り)
送受信周波数間隔 (1)800MHz帯 (2)1,500MHz帯	130MHz 48MHz
キャリア周波数間隔	50kHz (25kHzインタリーブ)
変 調 方 式	$\pi/4$ シフトQPSK (ロールオフファクタ=0.5)
伝 送 速 度	42kbps
情報信号の符号速度 (1)フルレートコーデック使用時 (2)ハーフレートコーデック使用時	11.2kbps 5.6kbps
音声コーデック方式	フルレート: VSELP ハーフレート: PSI-CELP
フレーム長	40ms (6 スロット) サブフレーム: 20ms (3 スロット)

TDM : Time Division Multiplex (時分割多重)
TDMA : Time Division Multiple Access (時分割多重アクセス)
VSELP : Vector Sum Excited Linear Prediction
PSI-CELP : Pitch Synchronous Innovation-Code Excited Linear Prediction (ピッチ同期雑音励振源-コード励振線形予測符号化)

成方法については、既に NTT DoCoMo から報告されている⁽⁴⁾。ここでは当社のデジタル・ムーバ D (TZ-821 B) の製品化のポイントについて述べる。

3.1 開発のねらいと実現方法

開発のねらいを以下のような点に絞った。

- (1) 小型軽量化を図ること。このため、回路の簡素化、小型部品の使用、LSI 化、機構設計の薄型化など総合的な対策を実施した。
- (2) デジタル方式の特長である低消費電流化を追求して電池の長時間使用を可能にすること。そのために、特に装置全体の電源効率向上を目指し、ハードウェアでは高周波電力増幅器の効率向上及び使用回路の低電流化を行った。ソフトウェアでは、特に間欠待受け受信時の消費電流を最小限に抑えるために、制御部のソフトウェアとハードウェアの機能分担を最適化し、各回路の駆動/停止のタイミングを細かく制御できるようにした。また、通話時には音声がある時にのみ送信する VOX (Voice Operated Transmission) 制御を行って、不要時の電力増幅器での電流消費を抑えている。
- (3) 安定した信頼度の高い通信を確保すること。このために、アンテナ効率の改善を行った。従来のホイップアンテナに代えて板状スリブアンテナを開発し、特に通話時の人体の影響による性能劣化を改善している。さらに、アンテナ収納時の利得も向上している。
- (4) 使いやすく、かつ信頼感の高い携帯機を提供すること。ワンタッチで開けるフリップを使用し、着信時にはフリップを閉じたままでも通話に入れる操作構造としている。
- (5) データ通信との親和性の良さを生かすこと。FAX アダプタ及びモデムアダプタを接続してデータ通

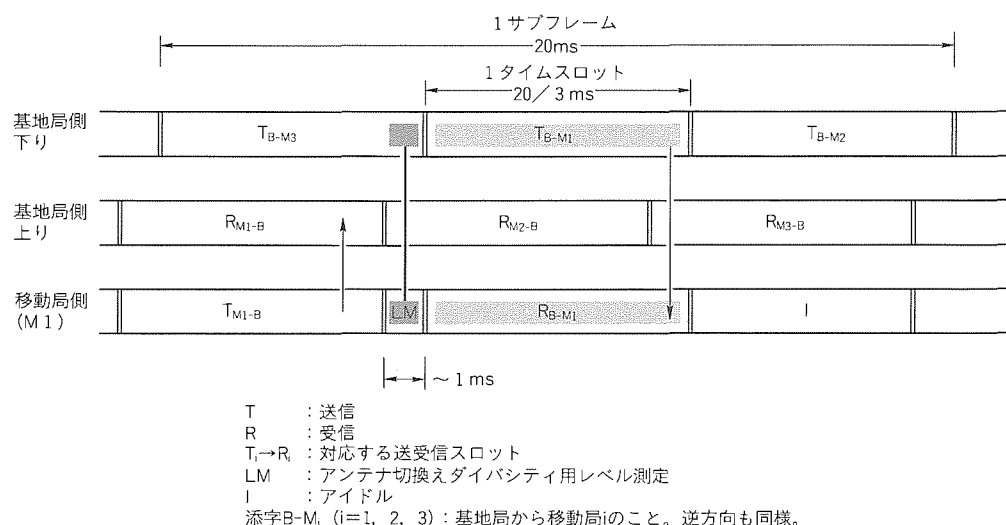
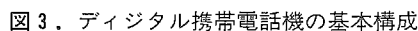


図 2. PDC方式スロット配置(フルレート音声コーデック使用時)



三菱電機技報・Vol.68・No.12・1994

表 3. 制御部の構成概要

項 目	内 容
TDMA処理 ベースバンド処理部	TDMAタイミング制御 制御信号受信処理 制御信号送信処理 メインCPU周辺回路 無線部インタフェース回路 音声パス、音量制御 音声コーデックインタフェース
メインCPU 及びメモリ	M37702 ROM RAM 不揮発性RAM
音声コーデック	VSELP方式、VOX処理
オーディオ回路	低周波電力増幅器 マイク増幅器
電 源 部	電源オン/オフ制御

ートナイキストロールオフ率0.5の特性を持ち、ひずみ特性の良好な受信を可能にしている。

(3) 周波数シンセサイザ回路

高速切換え周波数シンセサイザの低消費電流化を行えるように、回路の低消費電流化及び電源オン/オフの制御を行っている。

3.4 制 御 部

制御部は、無線部の制御、基地局との送受信信号処理及び接続制御、操作表示部制御、音声符復号化及び音声パス・音量制御、並びに外部の非電話アダプタとの接続制御を行っている。構成としては表3に示すように、メインCPUとして16ビット汎用マイクロプロセッサ(M37702)を用いている。また、ROM、RAM、不揮発性RAM、時計用ICを使用している。

特長としては、TDMA処理ベースバンド処理部にLSIを開発して、メインCPUによるソフトウェア処理とハードウェア処理の機能分担を行い、低消費電流化及び高性能化を図っていることで、特に、間欠待受け時には低消費電流化を実現するために、全体の回路のうち必要な部分のみを動作させるように制御している。

3.5 アンテナ

内蔵の受信専用の逆F形アンテナと、図4に示す送受信共用の板状スリーブアンテナで、ダイバシティ受信を行っている。

特に、板状スリーブアンテナは新たに開発したもので、カバーすべき帯域が810～956MHzの146MHzにわたり、比帯域で約17%と広がるために、従来のホイップアンテナではこの帯域を低損失で実現することが困難であった。これらを解決するために、新たに受信と送信の二つの周波数帯で共振する整合回路不要の板状スリーブアンテナを開発した。板状スリーブアンテナは、給電線を外被樹脂と共に一体成形したアンテナで、給電線から金属きょう(筐)体へのアンテ

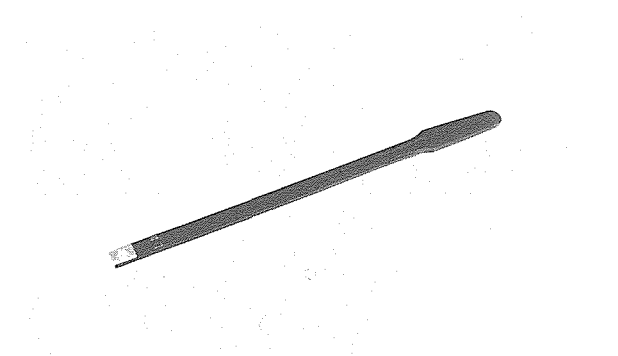


図4. 板状スリーブアンテナ

ナ電流の漏れを抑圧でき⁽⁷⁾、さらに給電線を利用してアンテナ高を高くできることから、人体の影響を減らし利得を高めることができた。

4. む す び

PDC方式の特長を生かした800MHz帯携帯電話機の概要を、性能及び機能面から紹介した。特に、小型軽量化、低消費電流化の工夫によって通話/待受け時間を長くすることができ、ユーザに魅力ある携帯電話機を実現し、評価をいただいている。

最後に、開発に当たり御指導いただいたNTT移動通信網(株)を始め関係各位に深く感謝する。

参 考 文 献

- (1) 佐々木秋穂, 中島昭久, 歌野孝法, 村瀬 淳: デジタル移動通信システム 1 方式概要, NTT DoCoMo テクニカル・ジャーナル, 1, No.1, 16～19, (1993-7)
- (2) 木下耕太, 中島昭久, 若尾正義, McLaughlin, M. J.: デジタル移動通信方式. 電子情報通信学会誌, 77, No.2, 161～173 (1994)
- (3) 財電波システム開発センター: デジタル方式自動車電話システム標準規格RCR STD-27 (1991)
- (4) 室田利昭, 小林勝美, 永田清人, 千葉耕司: デジタル移動通信システム 7 移動機. NTT DoCoMo テクニカル・ジャーナル 1, No.1, 43～46, (1993-7)
- (5) Maemura, K., Kohno, Y., Nakano, H., Shimura, T., Oki, K., Ishida, H.: The 200MHz and 1.5GHz-Band GaAs Monolithic Quadrature Modulator ICs: GaAs IC Symp., 283～286 (1990)
- (6) デジタル移動体通信用900MHz帯高効率・低ひずみFET増幅器, 三菱電機技報, 68, No.1, 34 (1994)
- (7) 常川光一: 携帯電話機用先端給電形ホイップアンテナ, 電子情報通信学会秋季大会, B-87 (1994)

欧米におけるデジタル携帯電話

加藤 進* 樋口晃二*
野並隆之*
福田富実代*

1. ま え が き

自動車電話システムは、各種移動体通信システムの中で、ページングシステムと並び最もよく知られているシステムの一つで、既に世界で約3,000万の加入者が各地域の様々な方式でそのサービスを受けている。自動車電話システムは、これまでアナログ位相変調による各種アナログセルラ方式で運用を行ってきたが、近年各種の移動体通信システムのデジタル化が進められているように、自動車電話システムもそのデジタル化が急速に進められている。

既に欧州、北米、日本では、各地域ごとにデジタルセルラ方式の標準化が実施され、この1～2年の間に、デジタル変調、TDMA方式によるデジタルセルラシステムのサービスが開始されている。

本稿では、このデジタルセルラシステムのうち、北米統一方式のIS-54⁽¹⁾ (Dual Mode Advanced Mobile Phone System : DAMPS) システムと欧州統一方式であるGSM⁽²⁾ (Global System for Mobile Communications) システムについて、各システムの構成及び無線インタフェース諸元について紹介し、さらに、各システム対応で開発した携帯電話機及びアクセサリについて、それぞれの構成・諸元・機能等を紹介する。

2. システム概要

2.1 DAMPSシステム

(1) システム構成

北米の自動車電話の普及は目覚ましく、世界の自動車電話の加入台数の約半分以上を北米で占めている。ニューヨークなどの大都市では、システム容量が限界に達しているためシステ

ム容量の増大を目的にデジタル方式の検討が行われ、アクセス方式をTDMAとすることに決定した。アメリカではデジタル自動車電話に新たな周波数帯域を割り当てる余裕がないため、アナログとデジタルのデュアルモード方式がTIA (米国電気通信工業会) が発行した規格IS-54に定められた。

デュアルモード方式では制御チャンネルは、従来どおりアナログチャンネルで制御し、信号フォーマットも同じであるが、音声チャンネルに移行するときにアナログチャンネルか又はデジタルチャンネルかの指示が移動機に対して行われる。このためデュアルモード携帯電話機は、従来のアナログセルラシステムでも動作可能であり、逆にデュアルモードセルラシステムにおいてアナログ携帯電話機も動作することができる。

TDMA方式の概念を図1に示す。基地局は、3チャンネル多重化したTDM信号を移動機に対して送信する。f1という一つの無線周波数に3チャンネル分の音声データを多重化しているため、3人のユーザがf1という周波数の電波を用いる。タイミングがずれたり、指定されたタイムスロット以外のタイミングで送信すれば、移動機が互いに妨害を与え合う結果となるため、正しくタイミングをとって送受信することが必要となる。

(2) システム諸元

北米デジタルセルラシステムの主要諸元を表1に示す。使用周波数帯、チャンネル数、チャンネル間隔は、アナログセルラシステムと同一である。アクセス方式は、1TDMAフレーム(40ms)を6スロットに分割し、第1と第4、第2と第

表1. 北米デジタルセルラの主要諸元

項目	規格
使用周波数帯	上り：824～849MHz, 下り：869～894MHz
無線チャンネル数	832チャンネル
チャンネル間隔	30 kHz
アクセス方式	3チャンネルTDMA
TDMAフレーム長	6.667 ms
送受信間隔	207シンボル
タイムスロット長	40/6 ms
変調方式	アナログ 音声：FM, データ：FSK デジタル $\pi/4$ シフトQPSK
伝送速度	アナログ 10 kbps デジタル 48.6 kbps
音声符号化方式	デジタル VSELP (7.95 kbps), 誤り訂正を含み13 kbps
誤り訂正	ブロック符号, 畳み込み符号, インタリーブ

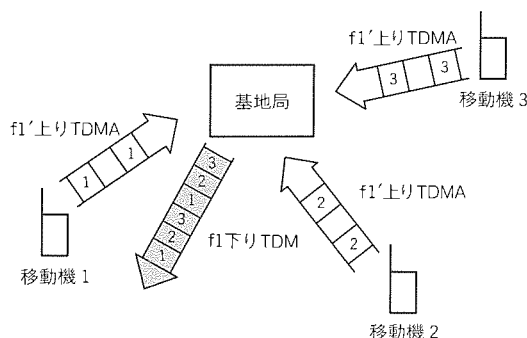


図1. TDMA方式概念

5, 第3と第6スロットをそれぞれ同じ音声チャンネルが使用する3チャンネルTDMAである。音声コーデックをハーフレート化したときには, 6スロットを異なる音声チャンネルが使用する6チャンネルTDMAとなる。

音声符号化方式は, VSELP (Vector Sum Excited Linear Predictive Coding) 方式で, 7.95 kbps に帯域圧縮した音声データに, 誤り訂正符号を付加して13kbpsの速度で伝送される。

2.2 GSMシステム

(1) システム構成

欧州の自動車電話システムのデジタル化は, 欧州統一移動通信システムとして, 1980年代初期からCEPT (欧州郵便・電気通信主管庁会議) を中心に議論が始まり, 1987年にはTDMA方式, GMSK (Gaussian-filtered Minimum Shift Keying) 変調等の基本諸元を標準規格として発表している。これは一般にGSM方式と呼ばれ, 現在では, 欧州のETSI (欧州電気通信標準化機構) による汎欧州標準規格となっているが, 欧州だけでなく世界の30か国以上の国で50以上のオペレータがこの方式を採用している。

GSM規格は, 現在もその標準化作業が続けられており, その規格の内容は, 無線インタフェースだけでなく, 有線ネ

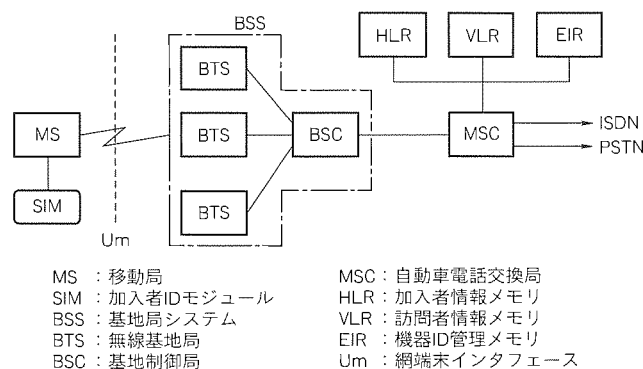


図2. GSMシステム構成

表2. GSM無線インタフェース諸元

項目	規格
使用周波数帯	上り: 890~915MHz, 下り: 935~960MHz
無線チャンネル数	124チャンネル
チャンネル間隔	200 kHz
送信出力	基地局: 2.5~320W, 移動局: 0.8~20W
アクセス方式	8チャンネルTDMA
TDMAフレーム長	4.615 ms
タイムスロット長	577 μ s
変調方式	GMSK (BT=0.3)
伝送速度	270.833 kbps
ユーザ伝送速度	22.8 kbps
音声符号化方式	RPE-LTP (13 kbps)
誤り訂正	畳み込み符号, ファイア符号, ブロックインタリーブ
マルチパス対策	周波数ホッピング, 適応等化

ットワーク部も含むGSMシステム全体をISDN規格をもとに無線システム部を拡張した形で定義しており, 現仕様で5,000ページ以上の規格となっている。これは更にPhase2として拡張される予定となっている。GSMシステムの構成を図2に示す。

自動車電話交換局(MSC)を中心に複数個の基地局(BSS)が配置され, 有線系ネットワークのISDN, PSTN (Public Switched Telephone Network), 公衆パケット網, 他の自動車電話システム等と接続される。ISDNでの交換局とほぼ同等のMSCでは, 呼制御だけでなく加入者の管理を行うための加入者情報メモリ(HLR), 訪問者情報メモリ(VLR), 機器ID管理メモリ(EIR)等を備え, システム内の加入者位置管理, ハンドオーバー, 他システムからのローミング等の管理制御を行う。各MSCと各BSSの間は, No. 7シグナリングシステムが使用されている。

(2) 無線インタフェース諸元

加入者機器・網間インタフェースのUms点は, 無線インタフェースとなりその諸元を表2に示す。8チャンネルTDMAで, 伝送レートは約270 kbpsと高速になっている。表中には示していないが, シグナリングプロトコルは, ISDNに準拠した形で定義され, 呼制御管理以外に無線管理, 位置管理が新たに追加されている。

(3) ネットワークサービス

GSMシステムは, ISDNをベースとしているため表3に示すような各種の多様なサービスを提供することが可能である。この中では, 160文字の双方向メッセージ伝送を可能とするショートメッセージサービスが特に注目される。また, 加入者IDモジュールであるSIM (Subscriber ID Module) の採用による加入者情報を端末から分離して管理することも特筆される。

3. 製品概要

3.1 DAMPS携帯電話機

3.1.1 諸元

表3. GSMで提供されるサービス

サービス	内容
電話サービス	電話 緊急電話 (ダイヤル112)
データサービス	ショートメッセージサービス セル同報メッセージサービス G3ファクシミリ 同期/非同期データ伝送 (9.6 kbpsまで)
付加サービス	通話中転送 着信転送 保留 発着信規制 発信番号表示 三者通話 課金情報通知 など各種交換機提供サービス

表 4. DAMPS携帯電話機諸元

項 目	定 格
型 名	MT-111X
体 積	約220cm ³ (含標準電池)
外 形 (mm)	(H)155×(W)55×(D)29.5 (含標準電池)
質 量	280 g (含標準電池)
電池動作電圧	6.3V±10%
送 信 出 力	27.8 dBm±2.0 dBm (classIII)
通 話 時 間	標準電池装着時 アナログ 50 min デジタル 60 min L 電池装着時 アナログ 90 min デジタル 110 min
アンテナ構造	棒状ホイップアンテナ
動作温度範囲	-30～+60℃
パワーコントロール	6 段階, 4 dBステップ
受 信 感 度	アナログ<-116 dBm デジタル<-110 dbm

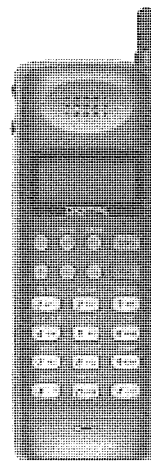


図 3. DAMPS携帯電話機外観

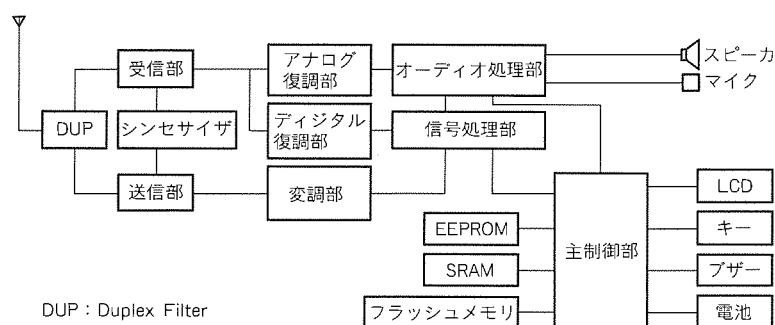


図 4. DAMPS携帯電話機ブロック図

北米デュアルモード携帯電話機として、体積220cm³、質量280gという、アナログ携帯電話機と同等サイズのMT-111Xを開発した。

表4にDAMPS携帯電話機諸元、図3に外観を示す。

3.1.2 構 成

図4にDAMPS携帯電話機ブロック図を示す。主制御部は、16ビットマイクロプロセッサを中心とするCPU周辺部で、DSP (Digital Signal Processor) による信号処理部、送信部、受信部などで構成し、従来のアナログ通話とデジタル通話の両方を実現している。以下に特長を述べる。

(1) 専用 LSI の開発

デュアルモードでの通話を実現するためにはアナログ携帯電話機よりも部品点数が増えてしまう。このため、当社従来機に使用している音声帯域信号処理などを行う LSI に、デジタル通話におけるタイミング制御を内蔵した専用 LSI を開発した。この結果、部品点数を削減し、主制御部での負荷の減少を達成した。

(2) 高速切換シンセサイザ

デジタル通話において、携帯電話機は使用しているスロット以外の期間に基地局から指定された複数チャネルの電界強度を測定する。測定結果は基地局へ通知し、これに基づき基地局からハンドオフ指示(チャネル切換え)が送信される。これを MAHO (Mobile Assisted Hand Off) と呼ぶ。MA

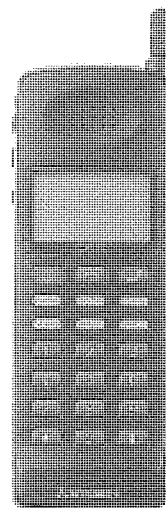


図 5. GSM携帯電話機外観

表 5. GSM携帯電話機諸元

項 目	定 格
型 名	MT-1000
体 積	約230 cm ³
外 形 寸 法 (mm)	(H)156×(W)56×(D)30
質 量	295 g
電池動作電圧	6.3V±10%
送 信 出 力	2 Wピーク (平均0.25W)
受 信 感 度	-102 dBm以下
通 話 時 間	約70 min (標準電池時)
アンテナ構造	棒状ホイップアンテナ
動作温度範囲	-20～+55℃
パワーコントロール	11段階, 2 dBステップ
標準電池	NiMH550 mAh, 6.3V

HOを実現するために高速切換シンセサイザを採用した。

3.1.3 機 能

従来のアナログ多機能機が持っている機能に加えて、以下の特徴的な機能を持つ。

(1) 発信者番号表示

基地局から送信される発信者番号を LCD に表示する。このとき受信した番号がレパートリメモリに記憶している番号

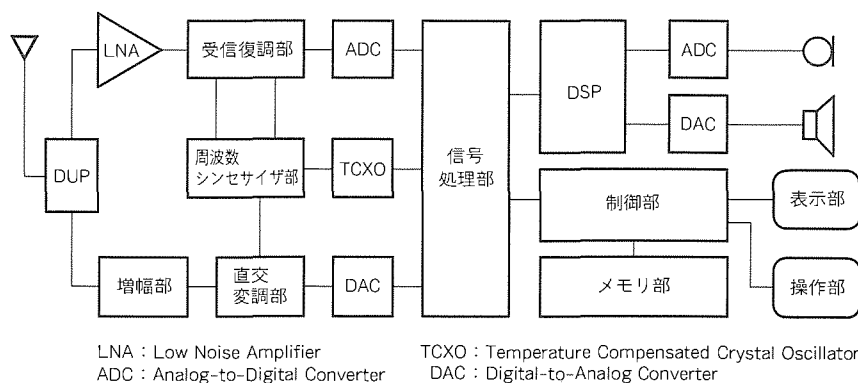


図6. GSM携帯電話機ブロック図

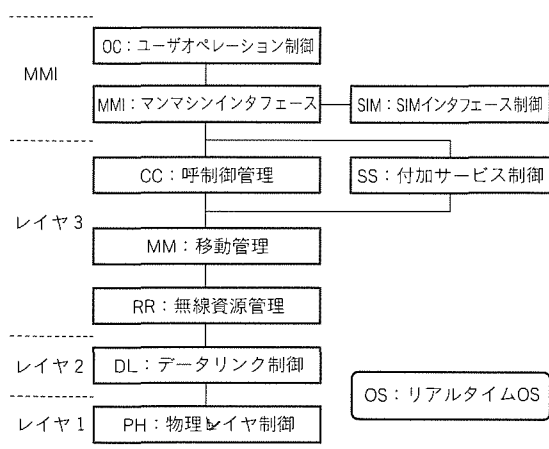


図7. GSM携帯電話機ソフトウェア構成

表6. GSM携帯電話機主要機能

機能	内容
メモリダイヤル	短縮ダイヤル ラストダイヤル アルファニューメリックダイヤル
設定管理	音量 LCD輝度 表示言語
ネットワーク選択	ローミングモード選択 選択優先リスト設定
SIMデータ管理	PIN変更 PIN使用可否
付加サービス制御	着信転送設定 発着信規制設定
タイマ機能	通話時間表示 タイマアラーム 自動オフ

注 * PIN : Personal ID Numder (個人暗証番号)

と一致した場合、その電話番号に記憶している相手の名前を受信した番号の代わりに表示する。

(2) ボイスメールメッセージ表示

基地局から送信される自機のボイスメール登録数の表示を行う。

(3) CALLモード選択

ファクシミリ、モデムの接続のためにはアナログ通話に切り換える必要があるが、MT-111Xでは待ち受け時、通話中どちらの場合でも基地局に対してCALLモード選択を行うことができる。これにより、通話はクリアな音質のデジタルモード、モデム接続時はアナログモードと切換えが可能である。

(4) ボイスプライバシ

デジタル通話では、盗聴防止のために音声暗号化して送受信することができ、これをボイスプライバシと呼ぶ。しかし、アナログ通話ではこの機能がないので、音声の暗号化が行われていないことをユーザに警告する機能を持っている。

3.2 GSM携帯電話機

(1) 諸元

GSMシステム用携帯電話機として、図5に示される230cm³、295gと小型・軽量のMT-1000を開発し、フランスで型式認定を取得した。諸元を表5に示す。電池は550mAh

のニッケル水素電池を使用し、約70分の通話時間を実現している。加入者IDモジュールインタフェースは、小型プラグイン対応としている。

(2) 構成

この携帯機の回路ブロック構成を図6に示す。無線機部では、高速切換周波数シンセサイザ、直接直交変調方式等を採用し、制御部では、16ビットCPUとフラッシュメモリ（2Mビット×2個）、DSP等を使用している。フラッシュメモリに格納されているソフトウェアは図7に示す構成で、リアルタイムOSを使用したマルチタスク処理可能な構成としている。

(3) 機能

多機能のGSMシステム対応とするために、携帯電話機においても多機能化が必要とされる。本機では、表6に示すような機能を実現している。これらの機能は、48文字の大型LCDと4方向カーソルキーを配したキーボード部によるメニュー駆動型操作方式により、ユーザが容易に選択実行可能な設計としている。

3.3 オプション装備

携帯電話機の様々な用途での利用を可能にするオプションとして電池、充電器、車載用オプションとしてシガレットラ

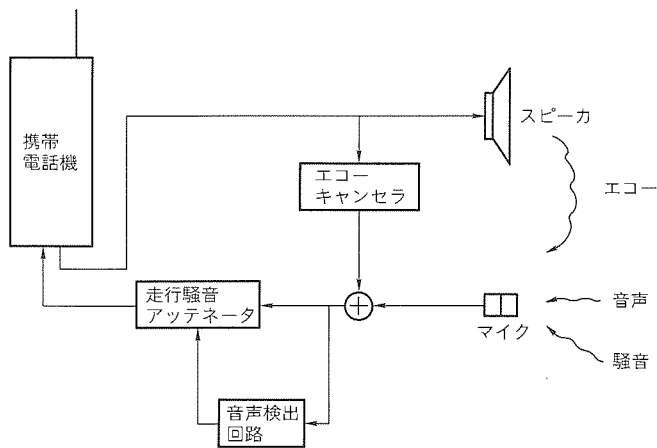


図 8. ハンズフリーブロック図

イタアダプタ及びハンズフリーアダプタを準備した。各種オプションのきょう（筐）体及びコネクタ類は、海外アナログ携帯電話機のオプションとの共通化によってコスト低減が図られている。

これらオプションの中で、今回エコーキャンセラ方式を採用したハンズフリーアダプタについて述べる。

デジタル携帯電話システムでは、音声の遅延（～100 ms）が生じるため、エコーは通話品質を大きく低下させる要因となる。特にハンズフリー通話ではスピーカとマイク間の音響結合が大きいため過大なエコーが発生する。このエコー対策として今回エコーキャンセラ DSP を用いたハンズフリーアダプタを開発した。図 8 にブロック図を示す。

図のエコーキャンセラ DSP は擬似エコーを算出し、送話信号（送話音声＋エコー）からエコーのみを除去する。また、図中、音声検出回路は送話音声がない場合、送話路にアッテネータを挿入することにより、車の走行騒音を低減するものである。

以上のように、このハンズフリーアダプタはエコーのない

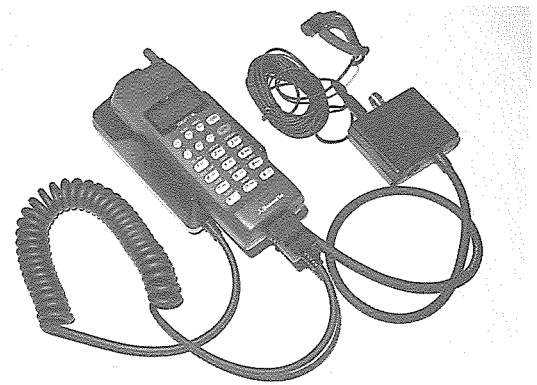


図 9. ハンズフリーアダプタ外観

高い通話品質の双方向同時通話を実現した。

このハンズフリーアダプタは、ほかに携帯電話機への電源供給、装着電池の充電、及び車載用アンテナとの接続を可能にする等の機能を持っている。図 9 に外観を示す。

4. む す び

以上、欧米におけるデジタル自動車電話システムの概要、諸元、及び各システム対応で開発した携帯電話機 2 機種の特長を紹介した。

デジタル携帯機においても、小型・軽量化、低価格化が要求されており、また、情報端末としての多様なネットワークサービスに対応する必要がある。そのなかで、今後更に拡張されるシステムの標準化に速やかに対応した製品開発を行っていく所存である。

参 考 文 献

- (1) EIA/TIA IS-54-B (1992-4)
- (2) ETSI-GSM Technical Specification (Phase 1) (1992-2)

デジタル自動車・携帯電話用 基地局変復調装置

原 泰司* 松本真二*
三宅 真** 柏木 孝*
田中 茂* 浅野永資*

1. ま え が き

国内のデジタル自動車・携帯電話システムは、1993年3月、NTT 移動通信網(株) (NTT DoCoMo) によって800MHz 帯でサービスがスタートした。1994年4月には1.5GHz 帯のサービスも加わり、基地局設備の整備が進むにつれてサービスエリアも順次全国規模で拡大している。当社はこのシステムの基地局側において、移動局との無線送受信処理を行う変復調装置 (Modulation and Demodulation Equipment: MDE) を NTT DoCoMo の指導の下に開発・製品化し、サービス開始当初から装置供給を行ってきた。

本稿では、現在供給中である当社の MDE について、機能・性能及び特長を紹介する。

2. 概 要

国内のデジタル自動車・携帯電話システムは、(財)電波システム開発センター (RCR) において策定された“デジタル方式自動車電話システム標準規格”⁽¹⁾によって、エアインタフェースが統一された。標準規格に準拠した基地局側の主要諸元を表1に示す。

システム構成及び MDE の位置付けを図1に示す⁽²⁾。MDE の主な機能は、一つの無線周波で同時に3台の移動局と通信が可能な3チャンネル TDMA (Time Division Multiple Access) 機能、移動局と公衆網との通信チャンネルの中継機能(ただし、音声データの符号化は音声処理装置 (SPE) が行う)、移動局と基地局制御装置 (BCE) との制御チャンネルの中継機能、及び無線チャンネル制御機能等である。

また、インタフェース機能としては、無線通信回線区間のインタフェース (日本標準エアインタフェース)、同期端局装置とのインタフェース、BCE との制御信号インタフェースを持つ。

図2に MDE の構成を示す⁽³⁾。MDE は共通部と無線送受信 (TRX) 部とに分けられる。また、その装置諸元を表2に示す。

3. 機能・性能及び特長

3.1 共 通 部

(1) 装置間インタフェース機能

MDE は、SPE からの通信チャンネルを同期端局装置経由で送受信するための高速インタフェース (2.048Mbps 又は1.544Mbps局内インタフェース)、増幅装置 (AMP) との間の RF (無線周波) 信号インタフェース、BCE との制御信号を送受信するためのインタフェース (64 kbps, V.11, X.25, LAPB) を持っている (制御信号インタフェースは、BCE が

表1. 国内デジタル自動車電話方式基地局の主要諸元

	800MHz帯	1.5GHz帯
アクセス方式	3 ch TDMA	
送信周波数	810~826MHz	1,477~1,501MHz
受信周波数	940~956MHz	1,429~1,453MHz
送受信周波数間隔	130MHz	48MHz
キャリア周波数間隔	50kHz (25kHzインタリーブ)	
変調方式	$\pi/4$ シフトQPSK	
復調方式	遅延検波	
変調信号伝送速度	42kbps	

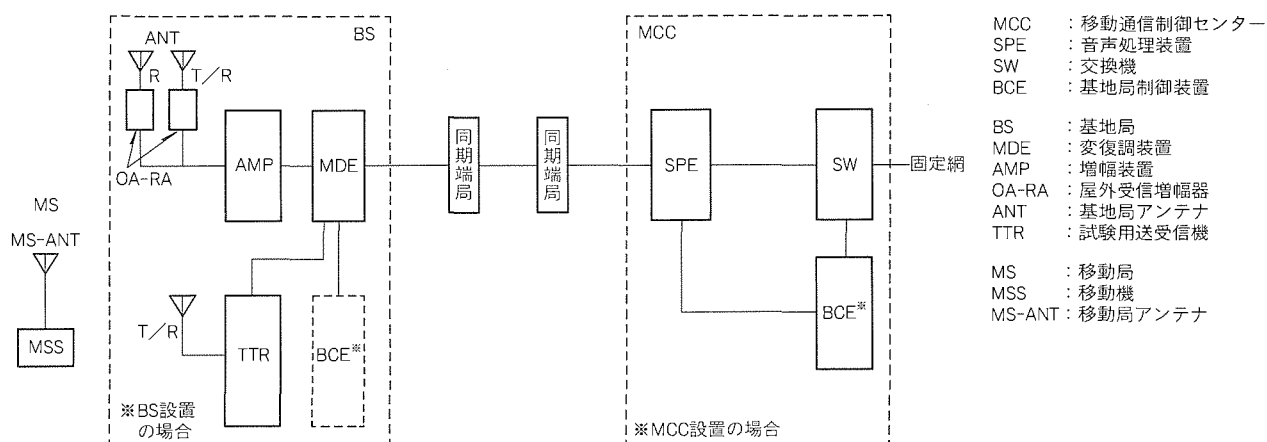


図1. デジタル自動車・携帯電話システムのシステム構成

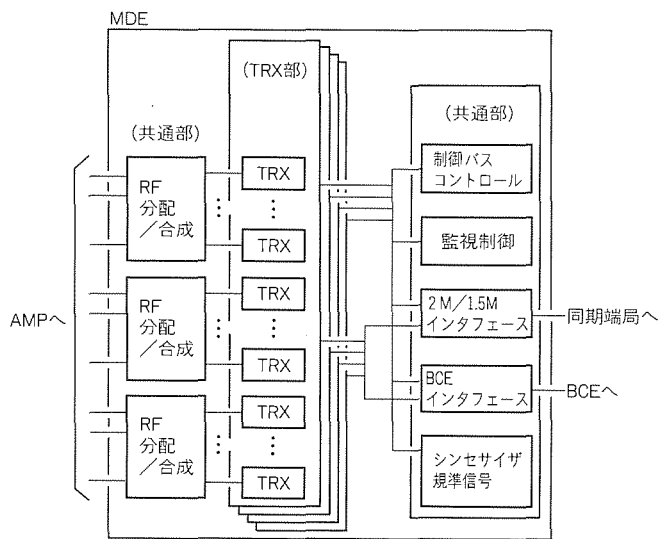


図2. MDEの構成

移動通信制御センター (MCC) に設置される場合は、SPE 経由で高速インタフェースの特定スロットを利用して実現している。)

(2) 制御機能

MDE では、周波数やスロット指定などの呼制御と各カードの運用状況を把握するための監視制御機能を持っている。呼制御は TRX 部で、監視制御は共通部で一括処理することにより、高効率制御を実現している。

(3) 無瞬断切換機能

各カードは現用/予備構成となっており、同期式切換えによって運用状態における保守作業時、通話などのシステム動作にまったく影響を与えず、無瞬断で切り換えることができる。

(4) RF 分配・合成 内部マッチング機能

RF 信号 (TRX カードの送受信信号) の分配・合成は内部マッチング回路によって、TRX カードの未実装部に別途無反射終端器を付加しなくても他のポートに影響しない構成となっている。

(5) 1.5GHz 併設機能

800MHz 装置は、内部バスを 1.5GHz 装置に延長して接続することが可能となっており、800MHz 装置の共通カードを 1.5GHz 装置と共用することができるので、経済的なシステム構築ができる。

1.5GHz 装置の接続は、800MHz 装置の動作に影響しないため、800MHz 装置が運用状態であっても容易に併設することが可能である。

(6) 豊富な装置バリエーション

豊富な装置バリエーションを準備して、サービスエリアとトラフィックに応じた最適なシステム構築を可能としている (図3～図5 参照)。

3.2 T R X 部

表2. 装置の諸元

外 観	図3～図5 参照
収容キャリア数	最大96, 48, 24, 12の4種類
セクタ数	最大3セクタ
同期端局とのインタフェース	HWY速度: 2.048Mbps/1.544Mbps HWY数: 最大6 HWY
基地局制御装置とのインタフェース	信号速度: 64kbps レイヤ1: V.11 レイヤ2: X.25 LAPB
移動機とのインタフェース	日本標準エアインタフェース準拠
供給電源	DC-48V

TRX カードは、1 台で一つの無線周波 (キャリア) の 3 チャンネル TDMA 動作し、なおかつ全 TRX カードで同期した送受信タイミングが維持できる。また、無線周波数及び使用スロットの指定、送信電力制御、受信レベル測定、無線回線品質測定などの無線機制御が主な機能である。TRX カードの構成を図6 に示す。

ベースバンド処理部は、三つの CPU と周辺メモリ、アドレスデコード、バスインタフェース用及び基準タイミングクロック生成専用 LSI 等からなる。メイン CPU は、68000 系 CPU でアプリケーション処理と他の CPU 制御を行い、タイミングベース制御及び無線機制御をサブ CPU として当社製 M37702 が、そして TDMA 処理、送受信データの多重分離を DSP (Digital Signal Processor) が受け持つよう機能分担を図った。

送信部において、波形生成は量子化雑音を極力抑えるために 12 ビット量子化を施し、専用 LSI 化によって小型化を図った。変調器は移相精度向上のために 1/4 分周回路による 90° 移相器を採用した GaAs 間接直交変調器 IC を使用した。電力制御は、スロットごとに可変減衰器の減衰量を制御することによって実現し、送信出力の安定化 (APC) は検波信号と波形生成 LSI 内で計算された基準信号との誤差を補正するように、電力増幅器の増幅度を制御することによって行っている。

受信部は、高周波増幅から復調まで 2 系統持ち、各ブランチの受信レベルによってダイバシティ動作をさせている。受信方式はダブルスーパーヘテロダインで、第 2 IF 部で用いるセラミックフィルタによって帯域制限をかけている。復調部は、クロック再生部、AFC 部を含み、2 系統の遅延検波部を内蔵した専用 LSI である。クロック再生及び AFC は、各スロットごとに動作するよう制御をしている。

シンセサイザ部はすべての TRX カードが一つの周波数基準に同期する必要から、変調用、送信用、受信第 2 局発用の 3 種類の局発信号は、それぞれ PLL シンセサイザ回路を持つ。送信局発、受信第 1 局発信号は同一で、周波数間隔 25 kHz の設定ができる。変調局発信号及び受信第 2 局発信号は固定周波数である。これにより、送受信周波数の安

定度は共通部の周波数基準の安定度に等しく、 2×10^{-8} 以下を実現している。

その他、MDE のタイプによっては最大 96 台の実装を可能とするために、TRX カードは互いの干渉を防ぎつつ薄く製作する必要がある。このため、特に高周波回路部分をアルミダイカストで密閉する構造にしてシールド効果を高めるとともに、SMD (Surface Mounted Device) 部品を始めとしたロープロファイル部品を多く採用した。

4. 無線特性

MDE 総合の無線特性例を以下に示す。

(1) 送信スペクトラム

図 7 は送信スペクトラムを示す。占有周波数帯域幅 32kHz 以下、スロット間の送信電力制御時 (0 dB, -8 dB, -20

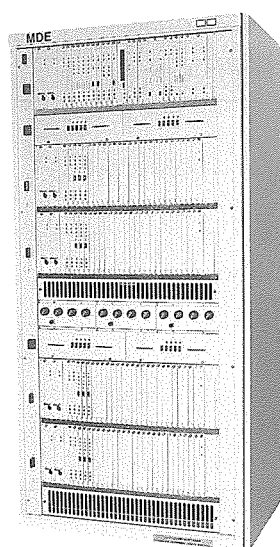
dB) における隣接チャネル漏えい電力は RCR 規格値 -45 dBc 以下に対し、-55 dBc 以下 (50 kHz 離調/21 kHz 帯域幅) を得ている。

(2) 変調精度

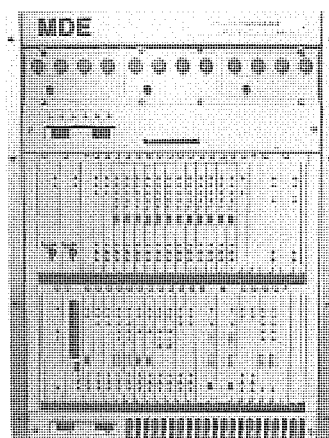
図 8 に送信出力の信号空間ダイアグラムを示す。各ナイキスト点の円は変調精度 5% を示すスケールであり、ほぼこの円内に収まっており、RCR 規格値 12.5% rms 以下を十分満足している。

(3) 相互変調ひずみ

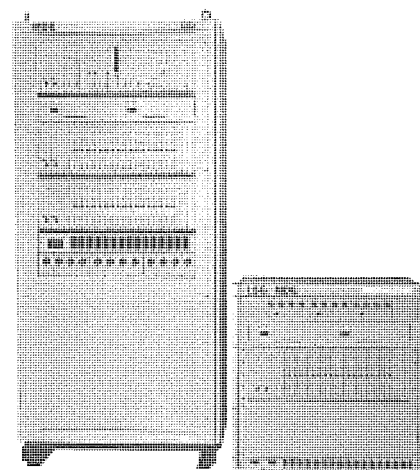
MDE 出力は、次段の AMP で所要レベルまで増幅されてアンテナから放射されるため、一つの無線周波当たり 1 mW 以下程度である。しかしながら MDE 出力端子では最大 32 台の TRX 出力が合成されるので、相互変調ひずみは小さく抑える必要がある。図 9 に 32 波送信時の MDE 出力スペクトラムを示す。32 波合成時でも相互変調ひずみは -65



W800×H1,800×D600 (mm)



W570×H750×D480 (mm)



W800×H1,800×D600 (mm) W770×H750×D480 (mm)

図 5. 800MHz MDE (48キャリア) と 1.5GHz MDE (24キャリア併設置)

図 3. 800MHz MDE (96キャリア)

図 4. 800MHz MDE (12キャリア)

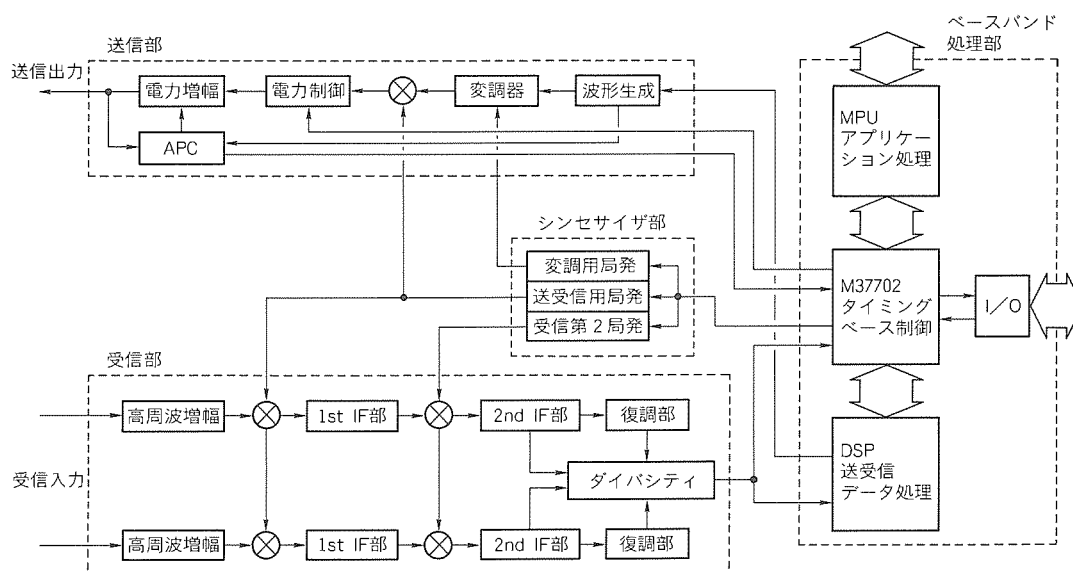


図 6. TRXカードの構成

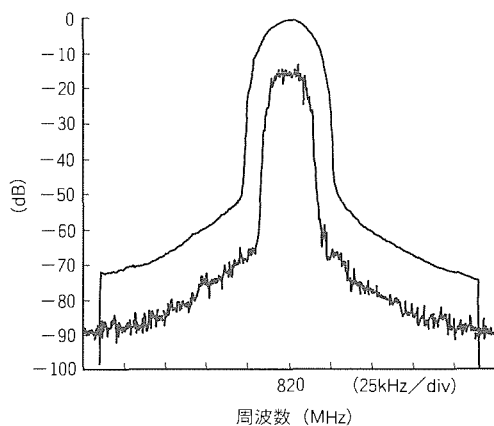


図7. 送信スペクトラム(送信電力制御時)

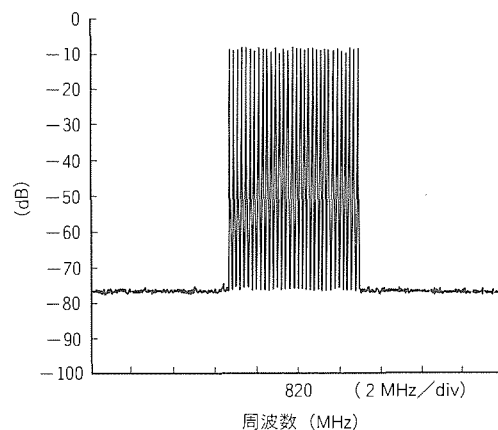


図9. 32波送信時の出力スペクトラム

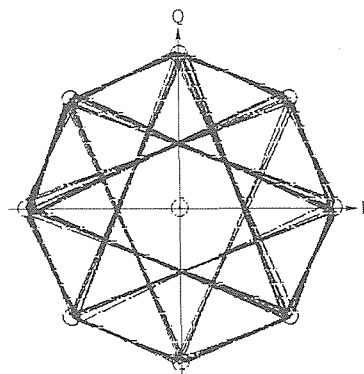


図8. 送信信号空間ダイアグラム

dBc以下である。

(4) ビット誤り率(BER)

図10に受信入力対BER特性を示す。受信入力、MDEの前に設置された屋外受信増幅器(OA-RA)入力相当である。受信感度は、RCR規格値(BER 1×10^{-2} となる受信入力 $4 \text{ dB}\mu$ 以下(スタティック時)、 $14 \text{ dB}\mu$ 以下(フェージング時ダイバシティなし)、 $7 \text{ dB}\mu$ 以下(フェージング時ダイバシティあり))を十分満足している。

5. む す び

以上、現在生産中のMDEの機能・性能・特長等について概要を紹介した。

自動車・携帯電話システムは近年目覚ましい発展を遂げてきたが、自動車・携帯電話端末は市場の自由化によって低価格化が進み、今後更に普及が加速すると予測される。

端末の普及によってシステムのトラヒック量は増大し、限られた資源である周波数の不足が予想されるが、その対策として1995年度にはデジタル方式としては現在の2倍に周波数利用効率が向上するハーフレート方式の導入が予定され

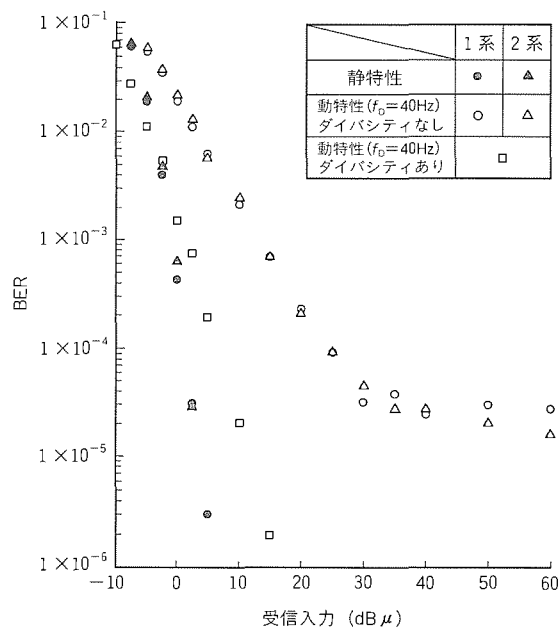


図10. 受信入力 対 BER特性

ており、現在急ピッチで開発が進められているところである。

最後に、MDEの開発・製品化に当たり、御指導いただいたNTT移動通信網(株)を始め関係各位に深く感謝する。

参 考 文 献

- (1) 財電波システム開発センター：デジタル方式自動車電話システム標準規格, RCR STD-27B (1992)
- (2) 倉本 實, 木下耕太, 江口真人, 中嶋信生：デジタル移動通信方式の概要, NTT R & D, **40**, No.10, 1269~1276 (1991)
- (3) 上林真司, 大野公士, 野島俊雄, 村田 充, 山田吉英：デジタル移動通信の基地局系装置技術, NTT R & D, **40**, No.10, 1309~1318 (1991)

自動車・携帯電話基地局 アンテナシステム

奥山 明* 宮下和仁*
茶谷嘉之* 青木博之*
板橋康弘* 宮下裕章**

1. ま え が き

自動車・携帯電話システムは、新規事業者の参入、デジタル方式の開発、1.5GHz帯の開拓等によってますますその市場が広がりつつある。特に1994年4月に実施された端末の自由化に伴い、移動体通信事業における新規事業者の参入があり、市場拡大・競争激化が一気に表面化してきている。

このような背景において、そのインフラである無線基地局用のアンテナに対しても多種多様な要求がなされてきている。特に設置場所の制約及び基地局設備の低コスト化の要求からアンテナの小型化・風圧荷重の低減は、大きな課題となっている。さらに、システムの多様化により、そのシステムに最適なアンテナの指向特性が必要となる。

筆者らは、これまでに800MHz帯アナログ方式用基地局アンテナの開発・製品化を行ってきたが⁽¹⁾、今回新たに1.5GHz帯デジタル方式用基地局アンテナの開発・製品化を行い、既に約30機種を納入した。

本稿では、これらのアンテナに適用される主要技術及び製品の概要について紹介する。

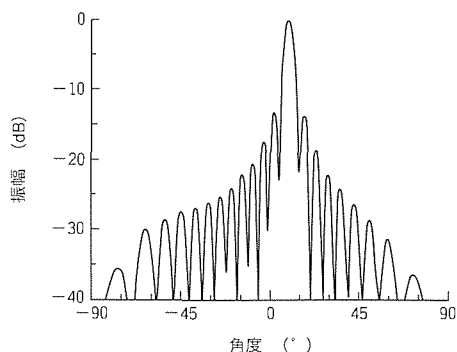
2. アンテナに適用される技術

2.1 ビーム成形技術

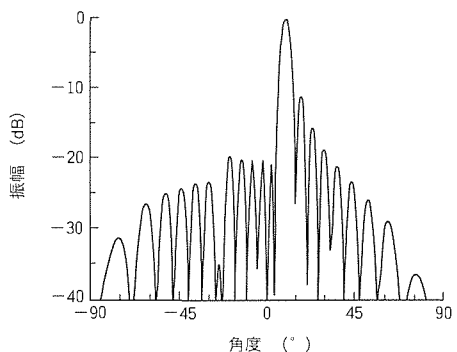
都市部では周波数の有効利用を目的として小セル化が進められているが、この場合サービスエリアは電界強度よりもむしろ干渉波のレベル、すなわちD/U (Desire/Undesire)によって制約される。したがって、基地局アンテナとしては、できるだけ自己ゾーンのみを効率良く照射し、他ゾーンへの干渉を極力抑制する必要がある。通常、小セル化に対してはビームチルト、すなわち主ビームを水平方向から下方に向ける技術が用いられるが、この場合、主ビーム上方のサイドローブが他ゾーンへの干渉を与えることとなる。したがって、このサイドローブレベルを低減することが重要となる。今回開発したアンテナでは、ミニマックスアルゴリズムを用いた指向性合成法により、上方のサイドローブレベルを-20dB以下に抑制している。低サイドローブ化を行わない場合と行った場合の垂直面内指向性の比較を図1に示す。

また、通常アンテナの放射指向性は、図1に示すようにサ

イドローブ領域において周期的なNull点を持っている。都市部では建造物による多重反射があるためこのサイドローブ領域におけるNull点の影響が少ないが、郊外地のように多重反射が少ない場所では、弱電界地域を生ずる可能性がある。これを改善する技術として、Null点を埋めるビーム成形技術がある(以下“Null Fill型”という)。低サイドローブ型と同様に、ミニマックスアルゴリズムを用いて指向性合成を行った結果を図2に示す。また、通常の低サイドローブ型アンテナとNull Fill型アンテナを用いた場合の伝搬損失距離特性を図



(a) 通常パターン



(b) 低サイドローブ化パターン

図1. 垂直面内指向性

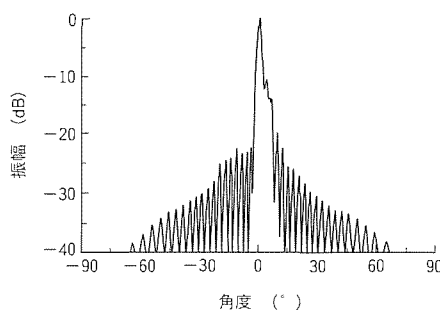


図2. Null Fill型アンテナ垂直面内指向性

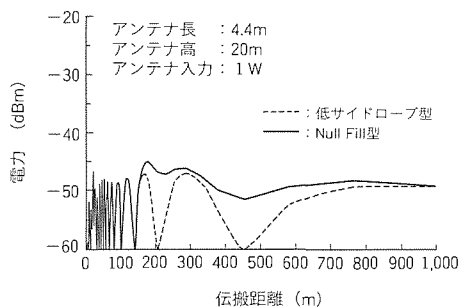


図3. 伝搬損失距離特性

3に示す。Null Fill型ビーム成形により、伝搬距離が400～600mの位置で受信電力が増加改善されることが分かる。

2.2 風圧荷重の低減

小ゾーン化によって基地局数が増大すると、基地局アンテナの設置場所としてビルやマンション等の屋上を選定する機会が多くなる。これらの設置には、建造物の強度や要求される設置条件の制約からアンテナの小型化、風圧荷重の低減がより一層求められる。アンテナの風圧荷重は次式で与えられる。

$$FW = C \cdot q \cdot A$$

ここで、 C ：風力係数

q ：速度圧

A ：受風面積

したがって、風圧荷重の低減のためには、風力係数を小さくするか、受風面積を小さくすることが必要となる。一般に柱状体の風力係数は、その断面形状が円形るとき最小となる。そこで今回開発した基地局アンテナは、すべて円筒型レードーム内に収納する構造により、風圧荷重の低減を図っている。

一方、アンテナの長さは、電気的要求としてのビーム幅及

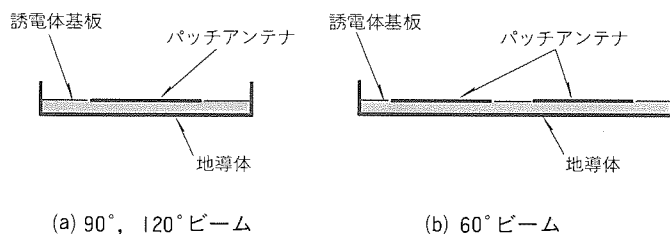


図4. 素子アンテナの構造

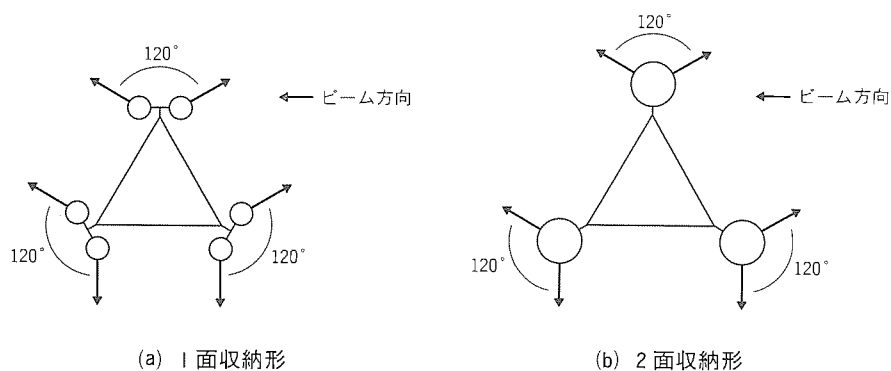


図5. アンテナの配置

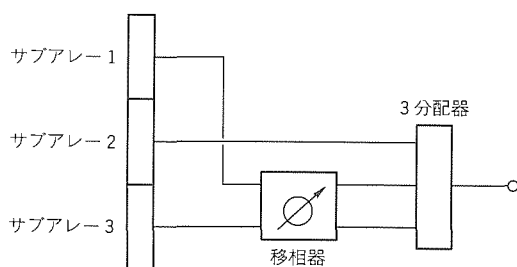


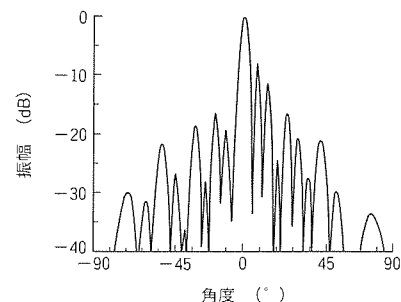
図6. 電氣的チルト角可変型アンテナ構成ブロック図

表1. 移相器性能諸元

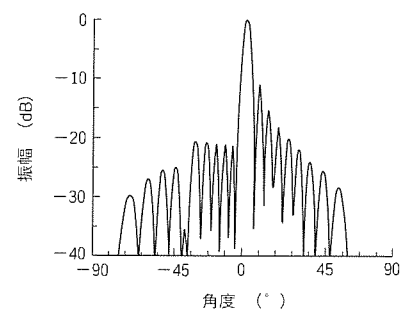
項目	性能
周波数	1,429～1,513MHz
V S W R	1.2以下
挿入損失	0.4dB以下
移相量	±90°以上

び利得によって決まる。このため、受風面積を小さくするためには所要の水平面ビーム幅を確保した上で、アンテナ径を細くする必要がある。開発したアンテナは、90°, 120°ビーム幅に対しては1素子パッチアンテナ、60°ビーム幅に対しては2素子パッチアンテナを素子アンテナとするとともに、図4に示すように地導体形状を工夫することによって小型化を図っている。

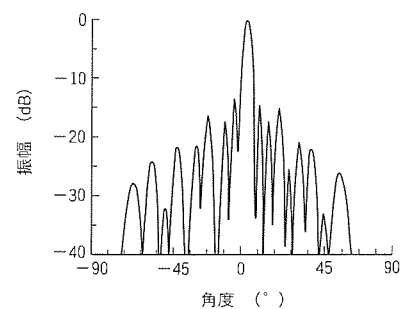
さらに、デジタル方式では、通常、全周囲方向をほぼ3等分に分割したサービスエリアを形成する3セクタ方式と受信ダイバシティ方式が採用されるため、図5(a)に示すように基地局アンテナの数は1局当たり6本となる。ここで図5(b)に示すようにビーム方向が120°異なる二つのアンテナを一体化し、一つのレードーム内に収納することにより、運用に供するアンテナ数を3本に減らすとともに、全体の風圧荷重の低減が可能である。例えば、90°ビーム幅アンテナの場合、アンテナ1面収納形でφ105mm、アンテナ2面収納形でφ150mmであり、アンテナ2面収納形の採用によって



(a) チルト角-2°



(b) チルト角±0°



(c) チルト角+2°

図7. チルト角可変時の垂直面内指向性

風圧荷重を約30%低減できる。

2.3 ビームチルティング

小ゾーン化に伴い、アンテナ主ビームを水平方向よりも下方に向けるビームチルトが一般に行われる。ビームチルトの方法としては、アンテナを構成する放射素子間に励振位相差を与える電氣的ビームチルト、アンテナ自体を傾けて設置する機械的ビームチルト、またチルト角を設置後に変更できる可変チルト等が挙げられるが、ここでは電氣的に制御可能な可変チルトについて説明する。

電氣的チルト角可変型アンテナの構成ブロック図を図6に示す。アンテナ全体を複数のサブアレーに分割するとともに、サブアレーへの給電回路に移相器を実装して各サブアレーの励振位相を変えることにより、チルト角を変更する。ここでは、中央のサブアレーの励振位相を固定し、両側のサブアレーの励振位相を変える構成としている。ここで使用している移相器は、トリプレート線路で構成し、線路内に誘電体を挿入することによって二つの線路間の相対位相を変化させる構造としており、非接触形であるため混変調の発生がない。移相器の性能諸元を表1に示す。また、チルト角を $\pm 2^\circ$ 変えた場合のアンテナの垂直面内指向性を図7に示す。

3. アンテナの構造・性能

3.1 アンテナの構造

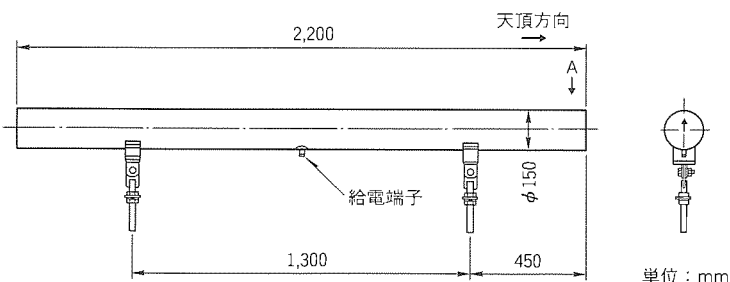


図8. アンテナの形状・寸法

今回開発した基地局用アンテナとしては、水平面ビーム幅が 30° 、 60° 、 90° 、 120° 、 180° の5種類、長さがS形(1.2m)、M形(2.2m)、L形(4.4m)の3種類で、さらにチルト角固定型、チルト角可変型等のバリエーションがある。ここ

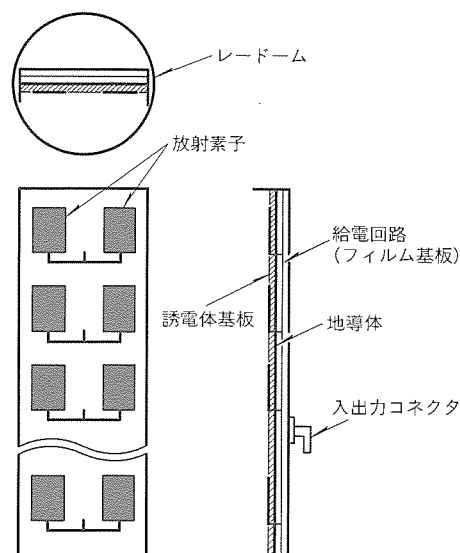


図9. アンテナ内部構成

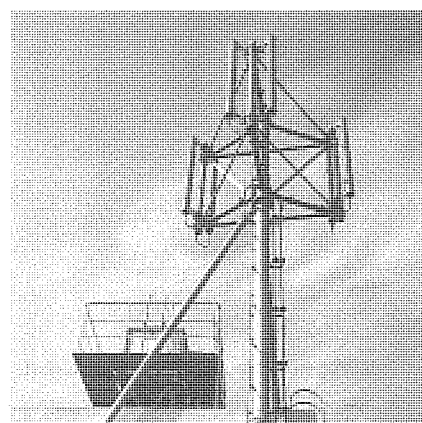


図10. アンテナ設置例

表2. アンテナ性能一覧

項 目	30°ビームアンテナ	60°ビームアンテナ	90°ビームアンテナ	120°ビームアンテナ	180°ビームアンテナ
周波数範囲 (MHz)	1,429~1,513	1,429~1,513	1,429~1,513	1,429~1,513	1,429~1,513
偏 波	垂直偏波	垂直偏波	垂直偏波	垂直偏波	垂直偏波
V S W R	1.4以下	1.4以下	1.4以下	1.4以下	1.4以下
水平面ビーム幅(°)	約30	約60	約90	約120	約180
垂直面ビーム幅(°)	S形 : 約10 M形 : 約5 L形 : 約2.5	S形 : 約10 M形 : 約5 L形 : 約2.5	S形 : 約10 M形 : 約5 L形 : 約2.5	S形 : 約10 M形 : 約5 L形 : 約2.5	S形 : 約10 M形 : 約5 L形 : 約2.5
垂直面指向性 (dB)	上側サイドローブ -20以下	上側サイドローブ -20以下	上側サイドローブ -20以下	上側サイドローブ -20以下	上側サイドローブ -20以下
F / B (dB)	20以上	20以上	20以上	20以上	18以上
利 得 (dBi)	S形 : 約19 M形 : 約21.5 L形 : 約24	S形 : 約16.5 M形 : 約19 L形 : 約21.5	S形 : 約14.5 M形 : 約17 L形 : 約19.5	S形 : 約14 M形 : 約16.5 L形 : 約19	S形 : 約12 M形 : 約14.5 L形 : 約17
耐 風 速 (m/s)	60	60	60	60	60
寸 法 (mm)	S形 : 156×312×1,200 M形 : 156×312×2,200 L形 : 156×312×4,400	S形 : $\phi 150 \times 1,200$ M形 : $\phi 150 \times 2,200$ L形 : $\phi 150 \times 4,400$	S形 : $\phi 105 \times 1,200$ M形 : $\phi 105 \times 2,200$ L形 : $\phi 105 \times 4,400$	S形 : $\phi 105 \times 1,200$ M形 : $\phi 105 \times 2,200$ L形 : $\phi 105 \times 4,400$	S形 : $\phi 150 \times 1,200$ M形 : $\phi 150 \times 2,200$ L形 : $\phi 150 \times 4,400$

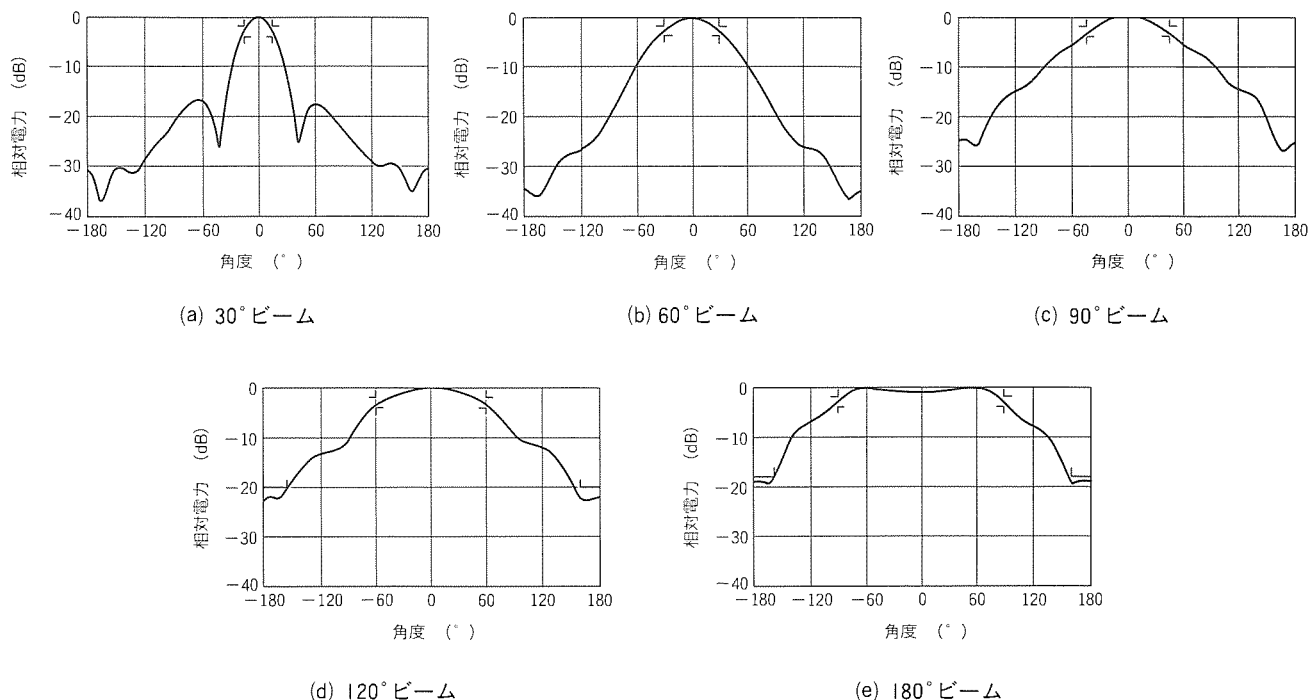


図11. 水平面内放射指向性実測値

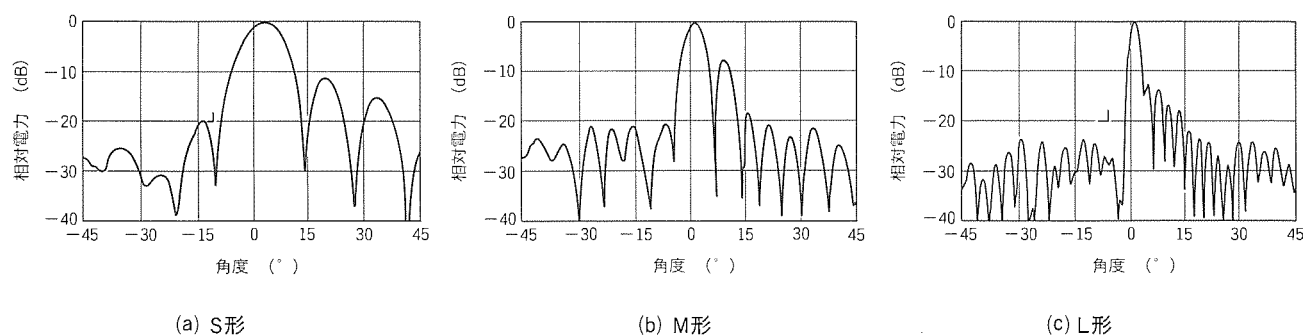


図12. 垂直面内放射指向性実測値

では代表例として、60°ビーム幅 M 形ビームチルトアンテナについて、形状・寸法を図 8 に、内部構成を図 9 に示す。図に示すように、このアンテナは外径約 150mm の円筒形状であり、支柱に 2 点支持によって固定される構造となっている。アンテナ形式としては、水平方向 2 素子、垂直方向 16 素子のマイクロストリップアレーアンテナである。給電回路は、トリプレート線路で構成しており、基板としてフィルム基板を用いることにより、低損失化、低コスト化を図っている。また、アンテナの設置例を図 10 に示す。

3.2 アンテナの性能

主要なアンテナの性能一覧を表 2 に示す。また、30°, 60°, 90°, 120°, 180°ビーム幅の各アンテナの水平面内放射指向性実測値を図 11 に、S 形、M 形、L 形各アンテナの垂直面内指向性実測値を図 12 に示す。いずれにおいても、上方のサイドローブレベルを -20dB 以下に抑制した良好な指向性を得ている。

4. む す び

1.5GHz 帯デジタル方式用基地局アンテナの開発・製品化に必要な技術として、ビーム成形技術、風圧荷重の低減化技術、ビームチルト技術について述べた。また、これらの技術を約 30 機種のアンテナ開発・製品化に実際に適用して良好な性能を得た。

今後、システムの多様化が進むにつれ、基地局用アンテナとしても更に多機能なアンテナが必要となってくるものと思われる。

参 考 文 献

- (1) 茶谷嘉之, 板橋康弘, 宮下裕章: 広帯域 120°ビーム幅マイクロストリップアレーアンテナ, 1992 信学会春季全大, B-58 (1992)
- (2) 日本建築学会: 建築物荷重指針・同解説 (1981)

米国におけるマイクロセルシステム

松本真二* 原田永康**
藤生裕幸*
松延健司*

1. ま え が き

米国における自動車・携帯電話の普及は目覚ましく 1994 年 6 月末で加入者台数は 1,930 万台に達している。現在では周波数の有効利用のため、従来のアナログ方式 (Advanced Mobile Phone System : AMPS) との共存が図れるデジタル方式の導入が進められ、また、次世代パーソナル通信として期待される PCS (Personal Communications Services) の実用化を目指した活動も活発に行われている。

三菱電機(株)は、米国子会社であるアストロネット社と共同で、早くから AMPS 規格に対応した基地局及び交換機・システムを供給してきた⁽¹⁾。これは一つの基地局で広域エリアをカバーするマクロセルシステムのため、地下街、ビル内等の閉空間をカバーしきれず、この対策として狭域エリア (マイクロセル) を対象とした小型、小電力タイプの基地局が求められていた。

マイクロセルシステムは、マクロセルシステムの不感地対策からプライベートネットワーク構築までその応用範囲は広く、通信のパーソナル化への大きな動きに沿ったものである。三菱電機(株)ではアストロネット社と共同で、AMPS 規格マイクロセルシステムに対応した小型基地局 “Molecule”^(注1) 及びその関連製品群を開発したので、そのコンセプトと特長について報告する。

2. マイクロセルへの動き

近年、米国において PCS という概念が脚光を浴びている。PCS は、方式からサービスまでを含めた広い概念であり、その定義として確たるものはないが、米国連邦通信委員会 (Federal Communications Commission : FCC) は、PCS を “高性能のコードレス電話、小型携帯電話、英国の PCN (Personal Communications Network) やテレポイントなどすべてを含む広範囲な有線電話網と接続する無線サービス” としている。

自動車・携帯電話の普及拡大に伴い、地下街等、電波の不感地帯へのサービスエリアの拡大、事業所内でのプライベート無線ネットワーク構築によるモビリティの向上などが求められており、これらの要求に対応するものとしてマイクロセルは PCS を実現するための重要な手段である。マイクロセルに対する FCC の動きは早く、1988 年にはセルラ帯域にお

いて、公衆用・自営用を問わず、これと重畳する形でのマイクロセル運用を可能とする道が開かれた。マイクロセル化は、周波数資源の有効利用という側面をも併せ持つとはいえ、既に PCS のほう (萌) 芽が見られている。

この動きは、1992 年には全米約 200 か所でマイクロセルを含む PCS の実験が行われるという状況に至っており、一部は実用に近づいている。例えば、GTE 社は自社のアナログセルラのインフラを活用して、マイクロセル方式の Tele-go と呼ぶ新しい移動体通信サービスを 1994 年中にも開始すると発表している。これは、料金がセルラ電話より安く、一般の住宅などの広く新しい利用層を対象としており、自宅ではコードレス電話として使え、商店街や自動車内ではセルラ電話として利用できるサービスである。

このような動きに対して、米国電気通信工業会 (Telecommunications Industry Association : TIA) では技術調査委員会を設け、セルラ帯域 (800 MHz 帯) 及び 1,800 MHz 帯 (狭義の PCS 帯域) に分けて標準化を進めており、セルラ帯域では CAPCS (Cellular Auxiliary PCS) という名称でのアナログ方式マイクロセルシステムの標準化を完了したところである。

一方、1,800 MHz 帯では、現在 7 つの方式が標準化の候補として挙げられて検討が進められており、1994 年末にも予想される FCC による周波数オークションとあいまって、本格的な PCS へ向けての動きが加速されている。

3. 米国向けマイクロセルシステム

3.1 マイクロセル基地局 Molecule

Molecule は、2 章に述べたセルラ帯域のマイクロセル化に対応する基地局である。

この装置は、壁掛け可能なサイズ・質量であるが、1 台で無線 4 チャンネルの同時送受信が可能な基地局用無線送受信装置で、基地局制御装置 (BSC) 又は同等機能を持つ各種コントローラと組み合わせてセルラ方式自動車・携帯電話システムの基地局を構成する。

図 1 に Molecule の外観を、図 2 に Molecule の構成を、また表 1 に概略仕様を示す。

Molecule は、4 台のトランシーバを内蔵し、交換機及びコントローラと接続される。接続は、ツイストペアケーブルで可能であり、専用の機器室が不要な壁掛け型の据付けの容易さと併せて、従来の基地局装置に比べて非常に低コストで

*三菱電機(株)通信機製作所 **米国 Astronet Corp.

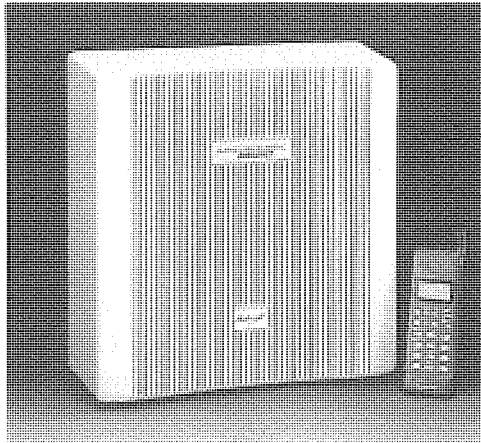


図 1. Moleculeの外観

の設置が可能となった。

通常、内蔵トランシーバのうち1台を制御チャネル、残り3台を通話チャネル用として使用する。また、通話量に合わせて、一つのセル当たり Molecule を最大4台(制御チャネル1、通話チャネル15チャネル)までビルディングブロック方式によって増設することができる。

このような複数 Molecule 構成とした場合、制御チャネル用トランシーバを含む制御機能は、これらの Molecule 間で冗長構成をとるように設計されており、信頼度を向上させている。

使用する無線チャネルは、すべてコントローラ側のデータベースで定義され、例えば通話チャネル用の周波数を制御チャネルに割り当て、自動車・携帯電話端末の設定を変更するだけで、4.1節に詳述するように、容易にプライベートマイクロセルシステムを構築することが可能である。

さらに、プログラム、データのダウンロードをはじめ、送信出力レベル設定、ハンドオフ検出条件設定、音声回線入出力レベル調整、ダイナミックチャネル割当てなど完全なリモートコントロール化が図られている。

また、Molecule は、カバーを取り外し、後述する“M シリーズ Cell Site”へ装着して、高出力アンプと組み合わせたマクロセル基地局とすることもできるユニークな特長を持つ。

3.2 マイクロセルシステム“SYSTEM II”

Molecule を適用した公衆用マイクロセルシステムの一例として、SYSTEM II の構成を図3に示す。このシステムは、Molecule を用いて直径数百 m 程度のサービスエリアをカバーするマイクロセル基地局を提供するほか、M シリーズ Cell Site でより広いサービスエリアをカバーするマクロセル用の無線基地局も構成することができる。

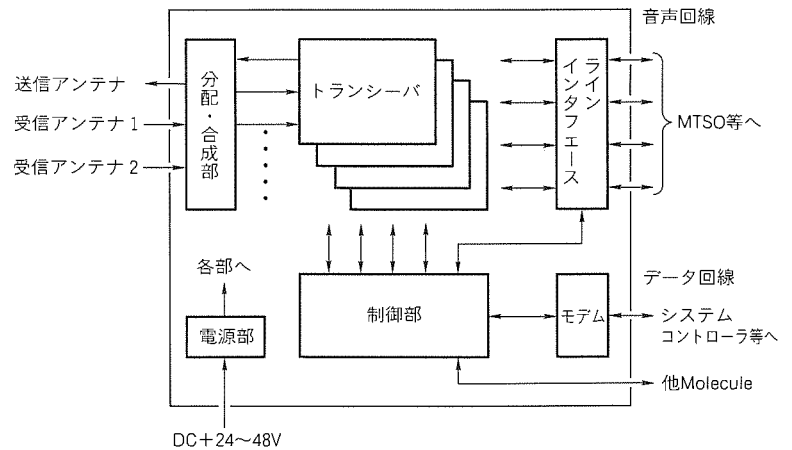


図 2. Moleculeの構成

表 1. Moleculeの仕様

項 目	仕 様
準 拠 規 格	EIA/TIA IS-20 EIA/TIA-553
送信周波数	869～894MHz
受信周波数	824～849MHz
チャネル数	832ch
キャリア	
周波数間隔	60kHz (30kHz インタリーブ)
変 調 方 式	FM変調
送 信 出 力	最大100mW
送信電力制御	1.5dB ステップ16段階
ダイバシティ	選択ダイバシティ
チャネル実装数	4チャネル/ユニット 最大4ユニット (16チャネル) 連結可
外形寸法(mm)	(H)356×(W)343×(D)127
質 量	約12kg
供 給 電 源	DC +24～+48V
消 費 電 流	1.5A以下 (DC +24V入力時)
環 境 条 件	-20～40℃, 0～90%RH

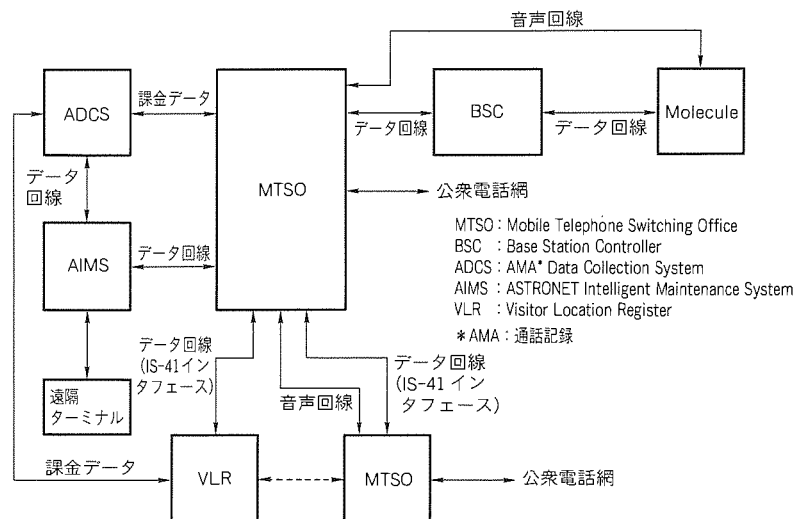


図 3. SYSTEM II の構成

アストロネット社は、BSC に組み込む“MACS”と称する移動通信制御ソフトウェアを独立させ、種々のシステムコントローラと組み合わせて利用することができるよう、アプリ

ケーションソフトウェアインタフェース (API) をライセンス供与している。MACS は、一部のデータベースを変更するだけで、Molecule ベースの各種基地局について自動車・携帯電話制御機能をサポートする。

4. Molecule 応用製品

4.1 セルラ PCS “CPCS-XX”

セルラ PCS システム CPCS-XX は、Molecule のコントローラとしてパーソナルコンピュータを移動端末としてセルラシステム用既存端末を使用した、プライベートな移動体通信サービスを提供するシステムである。図 4 にその外観を、図 5 に構成例を示す。

CPCS-XX は、高性能パーソナルコンピュータにスイッチネットワーク及びラインカードを搭載した CPCS コントローラと、1 ないし複数の Molecule で構成される。CPCS コントローラは UNIX^(注2) OS (Operating System) に GUI (Graphical User Interface) として X Window System

(注 2) “UNIX”は、X/Open Company Ltd.がライセンスしている米国及び他の国における登録商標である。

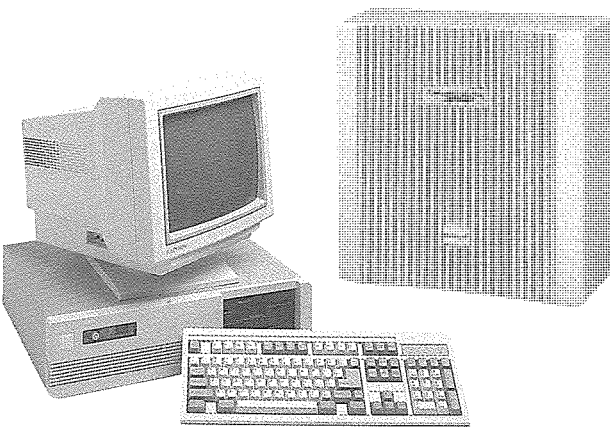
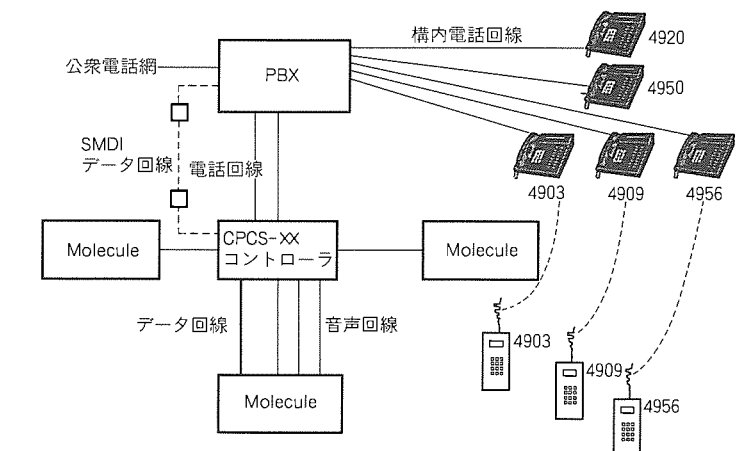


図 4. CPCS-XX の外観



SMDI : Simplified Message Desk Interface

注 固定と携帯電話機とを同一番号とすれば同時着信・先取優先応答可能

図 5. CPCS-XX の構成例

^(注3)を採用し、非常に操作性に優れたマンマシンインタフェースを提供する。

小規模から中規模システム用として、CPCS-XX は、交換機側回線、無線チャンネルを合わせて 512 ポートまでの拡張性を持つ。通常、CPCS-XX は PBX、CENTREX サービスへ接続して使用されるが、交換機を接続しないスタンドアロンシステムとしても使用できる。例えば、緊急時の暫定的セルラサービスや小規模事業所用システムに最適である。

4.2 マクロセル基地局 M シリーズ Cell Site

M シリーズ Cell Site は、Molecule からカバーを取り外

(注 3) “X Window System”は、米国 Massachusetts Institute of Technology (MIT) で開発したシステム名称である。

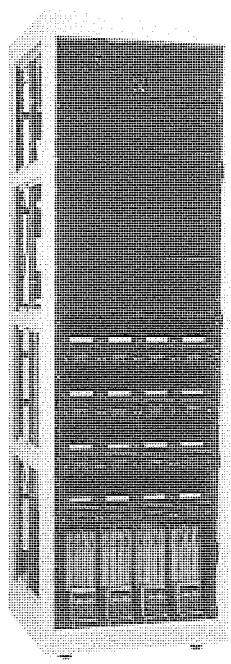


図 6. M シリーズ Cell Site の外観

表 2. M シリーズ Cell Site の仕様

項目	仕様
準拠規格	EIA/TIA IS-20 EIA/TIA-553
送信周波数	869~894MHz
受信周波数	824~849MHz
チャンネル数	832ch
キャリア	周波数間隔 60kHz (30kHz インタリーブ)
変調方式	FM 変調
送信出力	最大 50W
ダイバシティ	選択ダイバシティ
チャンネル実装数	16 チャンネル/フレーム
通話チャンネル数	15
冗長構成	制御部、制御チャンネル、データ回線
外形寸法 (cm)	(H) 214 × (W) 61 × (D) 66
質量	約 400kg
供給電源	DC +19 ~ +28V
消費電流	定格 100A
環境条件	0 ~ 40°C, 0 ~ 90%RH

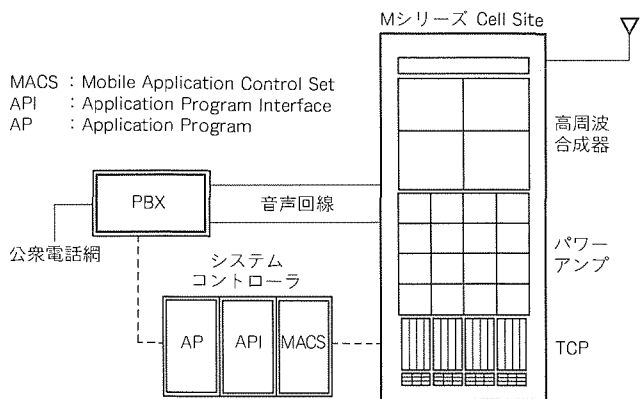


図7. MシリーズCell Siteの使用例

して高出力アンプなどとともにきょう（筐）体に組み込んだマクロセル用基地局装置である。図6にその外観を、表2に概略仕様を示す。

MシリーズCell Siteは、1筐体当たり16チャンネルまで収容可能で、図7に示すように、Moleculeに相当するTCP（Transceiver Circuit Pack）ユニット4台とパワーアンプ、高周波合成器等で構成される。

システムコントローラ用に提供されるMACSソフトウェアでは、基地局1局当たり48チャンネル、3筐体までサポートしている。

自動同調高周波合成器の採用により、高出力のマクロセル

基地局でありながら、オペレータはシステムコンソールから自由にチャンネル割当てを変更することができる。

5. む す び

Moleculeは、AMPS規格に適合したアナログ方式自動車・携帯電話システム用基地局装置である。Moleculeは、SYSTEM IIを始めとする公衆用セルラシステムに組み込まれ、壁掛け型マイクロセルとして、高出力のMシリーズCell Siteとして、又は小規模から中規模のPCSシステムCPCS-XXとして、マイクロセル/マクロセル両用可能である。さらに、APIを開示した移动通信制御ソフトウェアMACSをも提供することで、種々のシステム構成に柔軟に適應できる、新しいコンセプトの基地局である。

三菱電機㈱は10年以上にわたって米国でセルラシステムを提供してきた実績とMoleculeで得たマイクロセル構築のノウハウをベースに、今後、次世代デジタルPCSのコアとなるデジタルMoleculeの市場投入を図っていく予定である。

参 考 文 献

- (1) 一ノ瀬友次、三橋浩二、今村孝行：米国における自動車電話システム、三菱電機技報、64、No.2、131～136（1990）

公衆用PHS基地局装置

三井和夫* 木村信博*
森谷陽一** 永村 清*
横井雄二* 中野 栄**

1. ま え が き

現在、日本の家庭で使用されているアナログ方式のコードレス電話は、1987年に市場導入されて以来急速に普及し、1994年には1,400万台の利用状況となっている。

その間、家庭内での使用に加えて、PBX（構内交換機）と組み合わせた、オフィスや工場内で使用する目的のシステムコードレス電話と呼ばれるシステムも開発され、広く利用されてきた。

しかしながら、アナログ方式のコードレス電話が普及拡大するにつれ、チャンネル不足や秘話性に欠ける等の問題点も指摘されるようになった。

一方、最近の市場動向として、通信のパーソナル化、用途の多様化に対するニーズが顕著となっており、これらの問題点を克服し、移動電話ではできない機能を補完するなどの多くの要求を満たすものとして、日本では“PHS”（Personal Handy phone System）が開発された。

PHSシステムは、家庭内、オフィスや工場などの事業所内、そして公衆用のいずれの用途にも使用でき、例えば家庭用子機を屋外に持って出て基地局を通して公衆回線に接続することのできる画期的なシステムである。

今回、この公衆用PHS基地局として、小型で保守性の良い装置を開発したのでその概要を述べる。

2. 開発のねらい

公衆用PHS基地局装置は、その据付け特性から以下のような開発上の要求条件を満たす必要がある。

- (1) 建物の壁面や天井、電話ボックスの内部又は外部などに取り付けられ、そのスペースに制約があるため、外形寸法ができるだけ小さいこと。
- (2) 高い場所や狭い場所に設置される場合が多いため、取付けが簡単にできる構造であること。
- (3) 基地局装置として設置後、試験機を接続しての立ち上げデータや運用データ等の設定作業が行われるため、小型化と相反するが操作や保守が容易なこと。
- (4) 屋上などの屋外に設置されることを想定し、直射日光や風雨など耐候性を考慮した構造であること。
- (5) 一方で、ホテルや空港などのロビーや室内にも設置される場合があり、その場所にふさわしい外観デザインであること。

このほかにも、機器の信頼性向上、消費電力の低減、電気性能の向上などの課題がある。

特に開発に際して、今後大量に設置され維持管理される通信のインフラとなる装置として、信頼性の確保、電気性能の向上、小型化、組立て・設置・保守性の確保などを重点とした。

3. 機能及び性能

3.1 概 要

今回開発した基地局装置の外観を図1に、ブロック図を図2に示す。また、その性能諸元を表1に示す。基地局装置はマウント（取付金具）と本体から構成される。主なブロックの特長を以下に示す。

(1) 高周波スイッチ部

挿入損失0.5dB、各端子間のアイソレーション20dBの電子スイッチを使用した。

(2) 送信部

送信出力が空中線コネクタ端で20mW（160mW／スロット）を得られるようレベル配分した。

(3) 受信部

受信感度の向上を図るため検波後選択ダイバシティ受信を行っている。また、受信トップアンプに低雑音指数のFETを採用し、利得配分を最適化することにより、NF（Noise Figure）2dBを確保し、受信感度静特性10dB μ V以下を実現した。

(4) シンセサイザ部

2構成のシンセサイザを切り換えることで3 μ s以下の切換時間を達成した。

(5) 音声符号化・復号LSI／網インタフェース用LSI

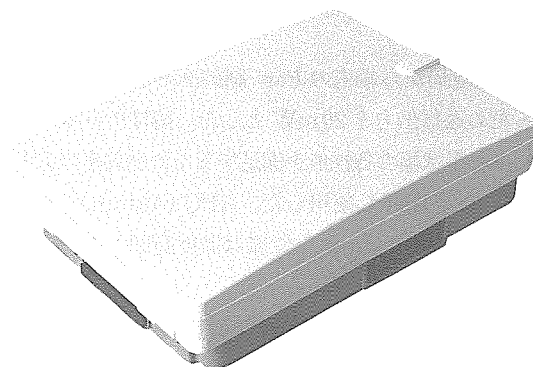


図1. 基地局装置の外観

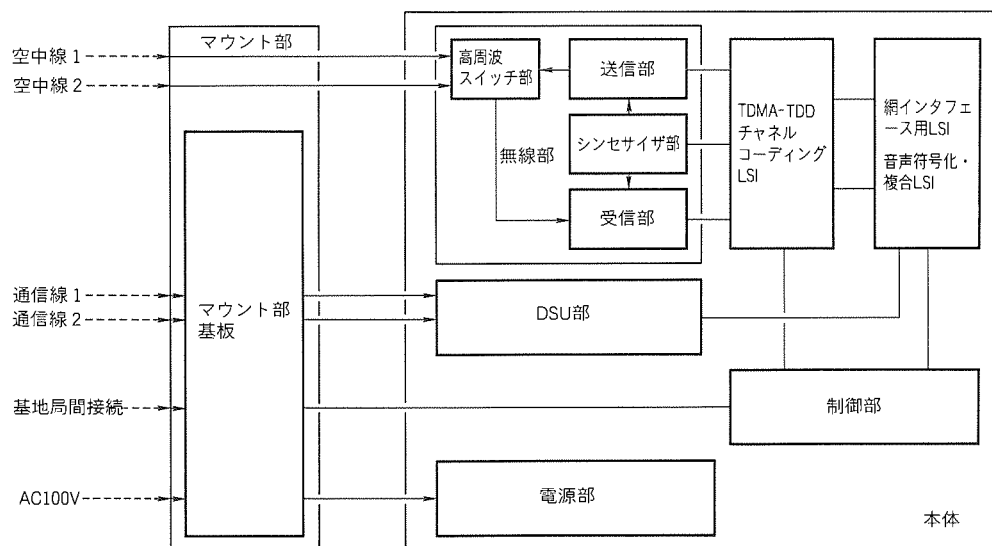


図 2. 基地局装置のブロック図

表 1. 主要性能諸元

項 目	性 能
無線周波数帯	1.9 GHz 帯
キャリア周波数間隔	300kHz
通 信 方 式	マルチキャリア TDMA-TDD
多 重 数	4 多重
変 調 方 式	$\pi/4$ シフト QPSK
伝 送 速 度	384kbps
音声符号化方式	32kbps ADPCM
送 信 出 力	20mW
受 信 感 度	10dB μ V

4 チャンネルの 32kADPCM コーデックを 1 チップで構成し、データスルーも可能な LSI を使用した。また、網インタフェース制御用として 3.3.1 項(1)で述べる LSI を採用した。

(6) TDMA-TDD チャンネルコーディング LSI

送受信のタイミング制御、送信データ及び受信データの生成等を 3.3.1 項(1)で述べる LSI で行っている。

(7) 制御部

32ビット CPU と周辺回路内蔵の CPU バス制御用専用 LSI を中心に構成した。

3.2 無線性能

(1) 送信出力

下り(基地局から端末の方向)制御チャネルの信頼性を向上するため送信出力を 20mW とした。隣接チャネル漏えい電力、占有帯域幅の各性能を満足するため高効率の電力増幅 IC(当社製)を開発し使用した。APC (Automatic Power Control) 回路により、送信性能は温度範囲 $-10 \sim +50^{\circ}\text{C}$ において規格を満たしている。

送信性能のうち、占有帯域幅の特性を図 3 に示す。

(2) 受信感度

サービスエリア拡大のポイントは受信感度である。検波後

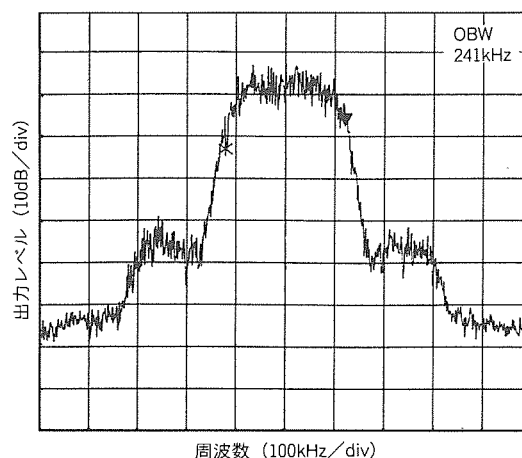


図 3. 占有帯域幅特性

選択ダイバシティ受信の採用、復調器の性能改善等によって受信感度の向上を図り、受信感度の静特性は 10dB μ V (NF 2dB) 以下を達成した。

受信感度特性を図 4 に示す。

3.3 小型化

基地局装置として DSU (Digital Service Unit), AC100V 電源部等を内蔵して、外形寸法が A4 サイズ以内に収まることを目標に小型化に取り組んだ。そのために、構造と回路について検討を加え、4 種類の専用 LSI を開発した。

ここでは、小型化に寄与した専用 LSI の開発及び 1 CPU 化の概要について述べる。

3.3.1 専用 LSI の開発

(1) 網インタフェース用 LSI

基地局は I'インタフェースと呼ばれる TTC (The Telecommunication Technology Committee) 標準に準拠したインタフェースで交換網に接続し、音声信号・制御信号の受け渡しを行う。無線送信タイミングは、各基地局間の同期をとるため交換網からタイミングを抽出し、装置内のすべて

のタイミングを供給する。

網インタフェース用 LSI は、これらの機能を果たすほか、マスタ・スレーブと呼ばれる複数基地局制御のタイミング生成及び網側の障害で回線が切断した場合に一定時間基地局側の同期を保持する制御も行っている。網インタフェース用 LSI の構成を図 5 に示す。

(2) TDMA-TDD チャンネルコーディング LSI

この LSI は、RCR ((財) 電波システム開発センター) 標準規格 (RCR STD-28) で規定されたエアインタフェースに従って TDMA-TDD バースト信号を生成・分離するもので、4 スロットの送信受信のタイミング制御、CRC (Cyclic Redundancy Check)、スクランブル・秘話制御等も行っている。

また、無線部に対してシンセサイザのチャンネル指定を各スロットごとに行うとともに、復調器の遅延補正を行う機能を

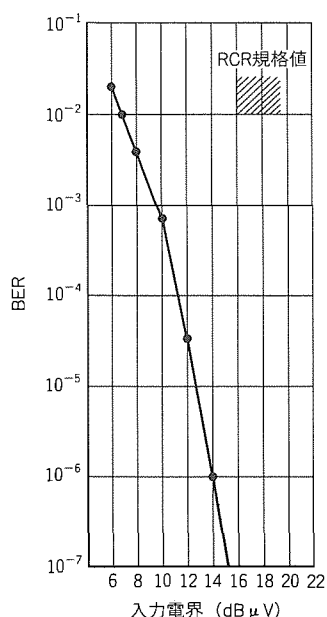


図 4. 受信感度特性

持つ。

TDMA-TDD チャンネルコーディング LSI の構成を図 6 に示す。

(3) CPU バス制御用 LSI

CPU は 32 ビット系を使用しているが、EPROM・DRAM・EEPROM 以外に上記網インタフェース用 LSI、TDMA-TDD チャンネルコーディング LSI 等も CPU バスで接続されている。バスの優先制御、割込み制御、タイマ、シリアルインタフェース、パラレルインタフェース等の周辺回路を LSI 化し、CPU の負荷軽減を図った。

(4) 復調器 LSI

受信感度を改善する目的で多重位相遅延検波方式⁽¹⁾を採用した復調器 LSI を開発した。基地局用として検波後選択ダイバシティ機能も保有している。

これらの LSI を採用することで大幅に部品数と実装面積が削減でき、A4 サイズの大きさが達成できた。

3.3.2 1 CPU 化

製品開発に当たっては、小型化、低消費電力化のため CPU を 1 個にした。そのため次の検討を行った。

(1) ソフト処理の負荷軽減

タイミング制御を行っている TDMA-TDD チャンネルコーディング LSI に、従来ソフトウェアで行っていた機能を持たせ、CPU が無線区間タイミングを意識することなく制御できるようにし、ソフト処理の負荷軽減を実現した。ソフト処理のハード化例を表 2 に示す。

(2) CPU の性能向上

CPU として 32 ビット系を使用し、クロックを 20 MHz としデータの高速処理を行っている。

3.4 構 造

(1) アルミダイカストのきょう (筐) 体とマウント分離

屋外設置を考慮し、堅牢な構造とするために筐体はアルミダイカストとした。保守に際して、本体をマウント (取付金

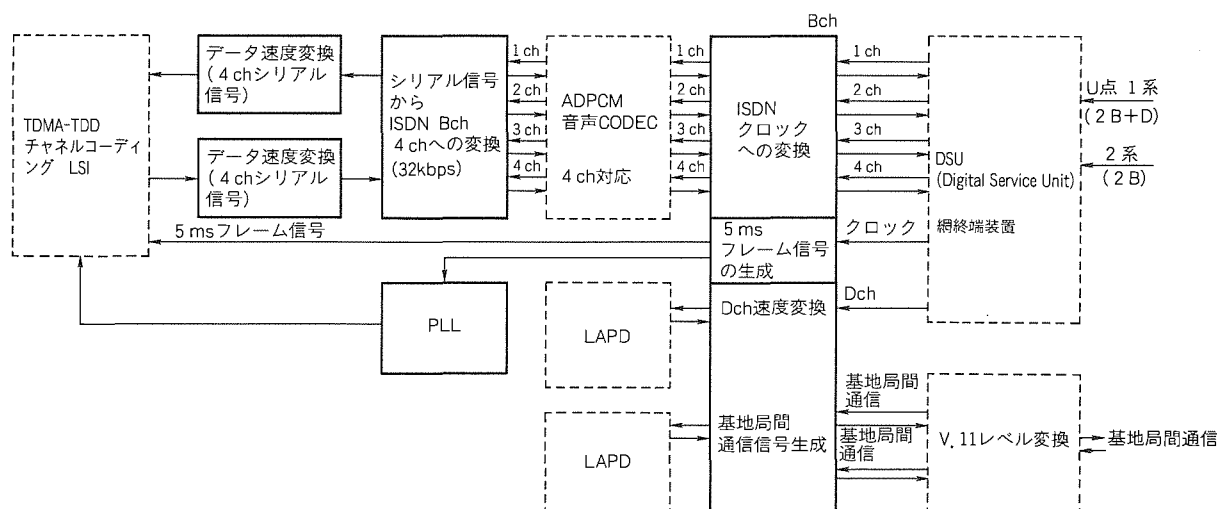


図 5. 網インタフェース用 LSI の構成

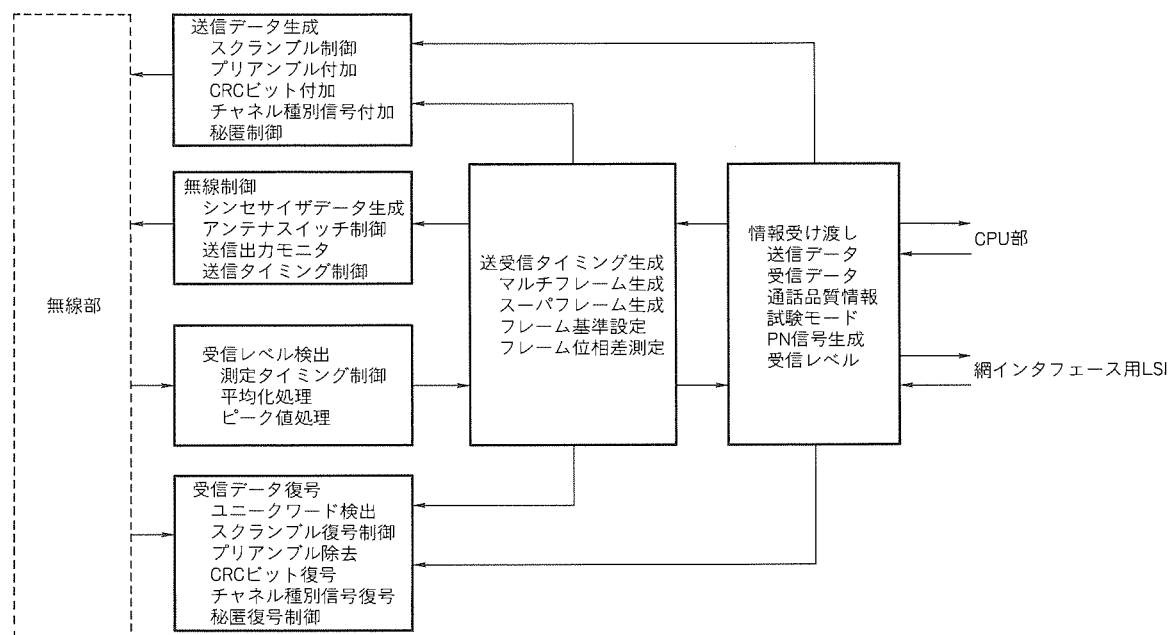


図6. TDMA-TDD用LSIの構成

表2. ソフト処理のハード化

項 目	機 能 内 容
受信レベルの検出	受信レベルのサンプリング及び複数スロット測定時のレベル加算処理
論理制御チャンネルのマルチフレーム管理	論理制御チャンネルのスーパフレーム及びマルチフレームの管理
送信ダイバシティ	送信ダイバシティ時の1系・2系切換え指示
TDMA同期管理	通信チャンネルの同期保護段数の管理
信号変換	非受信時の信号変換有無の指示

具) から容易に取り外せるようにするために、本体とマウン
トの結合は取り外し可能な扉構造とし、電源、網信号等の配
線についてはコネクタ構造を採用した。

(2) 保守性に対する考慮

上述のように本体を扉形式に開けることで、ROM の取替
え、機器の状態を把握するための試験機との接続及び各タイ
ミング信号の受け渡しを行うコネクタの接続を可能とした。

一次保守については、これらのコネクタを使用して行うこ
とができるよう考慮した。

4. む す び

以上、今回開発した公衆用 PHS 基地局装置について紹介
した。専用 LSI の開発などにより、A4 サイズという小型
化の目標を達成し、保守の容易化も実現できた。今後、基地
局装置として、更なる小型化・低消費電力化に加え経済性
についても検討を行う。

この基地局が利用される PHS システムは、高速のデータ
伝送機能を持ち、音質が良く、子機間の通話も可能であり、
近い将来にはマルチメディアのパーソナル化を達成するメデ
ィアとして大きく発展すると信じている。

最後にこの機器の開発に当たり、多大なる御指導をいただ
いた日本電信電話(株)を始めとする関係各位に厚く感謝の意
を表す次第である。

参 考 文 献

- (1) 小島年春, 三宅 真, 藤野 忠: 差動 PSK 信号位相の
系列推定を行う遅延検波方式, 信学論 B-II, J76-B-
II, No.10, 783~792 (1993)

家庭用PHS端末装置

小野木幹夫* 松本 渉*
石倉政美* 高橋郁夫**
近藤泰弘*

1. ま え が き

近年、コードレス電話機の家庭への普及は目覚ましいものがある。その理由として、コードレスの利便性が消費者に受け入れられてきたこと、及び手ごろな価格になったことが挙げられる。

一方では、屋外での使用が主体であるポケットベルや携帯電話も大きく需要が伸びており、携帯電話は1994年の売り切り制度導入とともに更なる需要増が見込まれている。これらは、日本国民の生活様式の多様化に伴う価値観、生活意識の変化や社会経済活動の高度情報化に対応すべく、“通信のパーソナル化”の欲求の結果である。

このような移動通信端末が料金、機能の面で必ずしも満足されていない現状を考え、以下のようなコンセプトで簡易型携帯電話システムの事業化が検討されてきた。

- (a) 安い料金で手軽に利用できる（端末の価格、通話料金）。
- (b) 家庭のコードレス電話の子機をそのまま外へ持ち出して、携帯電話のように使用できる。
- (c) 共通の親機に属している子機は、子機間直接通話が可能なため、屋外でトランシーバのように使用できる。
- (d) デジタル無線伝送方式のためほぼ完全な盗聴防止が可能で、さらに限りある電波資源の有効利用ができる。

また、情報機器との親和性が良く、高速でデータ伝送が可能である。よってノートブックパソコン等に直接接続し、屋外で使用できる。

当社では、郵政省、電気通信事業者、通信機器メーカー等が参加する簡易型携帯電話システム実用化実験協議会に参画し、この事業化を検討してきた。本稿は、第二電電(株)に納入したPHS(Personal Handy phone System)端末装置(以下“PT-MDP”という。)の紹介を行う。

2. PT-MDPの特長

PT-MDPの外観を図1に示す。PT-MDPは、以下に示すような特長を持っている。

(1) 基本性能を重視した設計

RF部をモジュール化することにより、性能の向上、安定化を図っている。また、高性能アンテナの開発、ダイバシティ制御により、通話距離等の向上を図っている。

(2) 人間工学を考慮したデザイン

(a) 持ちやすさ重視の幅45mm設計

持ちやすさ、持ったときの手の感覚を重視して、幅は45mm以下とした。

(b) マイクとスピーカ間の距離重視

使用時にマイクが口元に来るので使用感がアップし、周囲の雑音を受けにくくした。

(c) 滑らかな曲線を持つスピーカ部

スピーカ部は滑らかな曲線を描き、耳との接触感覚を良くした。

(3) 50人分の電話帳搭載

名前と電話番号を登録できるだけでなく、登録後の使い勝手を考慮し、頻度順、短縮番号順などの検索機能を特に強化した。

(4) 電池パックにAC100Vのプラグ搭載

外出時等で、充電器を携帯しなくても充電を可能とするために、電池パックに充電制御回路を内蔵し、AC100Vのプラグを搭載した。

3. システム構成

PT-MDPのブロック図を図2に、仕様を表1に、機能一覧を表2にそれぞれ示す。

3.1 動作概要

受信・送信信号は、TDMA(Time Division Multiple Access)処理部で時分割多重信号に変換し、同じチャネルを使用したピンポン伝送方式を用いている。

(1) 受信信号

アンテナから入力された信号は、RF・IF部で数MHz帯の信号に周波数変換される。続いて変復調部で復調され、TDMA処理部からADPCM(Adaptive Differential Pulse Code Modulation)の音声信号を抽出する。さらに、CODEC(Coder/Decoder)部で可聴音声信号に変換され、スピーカから出力される。

(2) 送信信号

マイクから入力された音声信号は、CODEC部でADPCM信号に変換される。続いてTDMA処理部により、チャネルコーディング、バースト信号に変換され、変復調部で変調される。さらに、IF・RF部で1,900MHz帯の信号に周波数変換され、アンテナから出力される。

(3) 状態監視

エラー発生時や電界の弱い場所等で、チャネル変更、デー

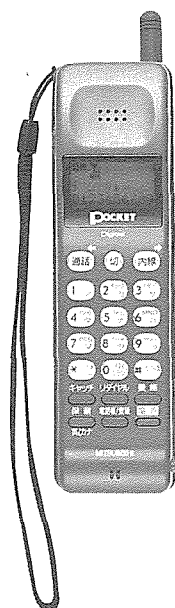


図 1. PT-MDPの外観

表 1. PT-MDP仕様

項 目	内 容
使用周波数 (MHz)	1,895~1,917 (77波)
キャリア間隔 (kHz)	300
通 信 方 式	TDMA-TDD (4 多重)
変 調 方 式	$\pi/4$ シフトQPSK
伝 送 速 度 (kbps)	384
音声符号化方式	32kbps ADPCM
フレーム長 (ms)	5
送 信 出 力 (mW)	10
外 形 寸 法 (mm)	(W)45×(D)39×(H)165 (突起部を除く)
質 量 (g)	245
通 話 時 間 (h)	連続通話時: 2 待ち受け時: 30 (公衆モード時)
電池充電時間 (h)	1
電 源	入力: AC100V±10%, 50/60Hz 出力: DC 3.6V, 400 mA

注 TDD: Time Division Duplex

タの再送要求, 受信アンテナ切換え等のリカバリを行うため, 空チャンネルのサーチや通話時のエラーチェック, 受信電界強度チェック等の状態監視機能を持っている。

3.2 デジタル信号処理部

ヒューマンインタフェース部, プロトコル部, CODEC 部, TDMA 処理部, 変復調部で構成される。PHS 端末装置の技術基準である RCR STD-28で規定される項目に基づいている。このデジタル信号処理部の処理速度, IC の占める大きさ等がシステムの性能を大きく左右するために, ハードウェアとソフトウェアで実現する分担をよく整理し, 最高の処理速度が得られる構成とした。

また, この信号処理部の消費電流が通話時間, 待ち受け時間に影響するために, 動作時, 待機時の各ブロックを効率良く, 最小構成で動作させるよう配慮した。そのため, COD

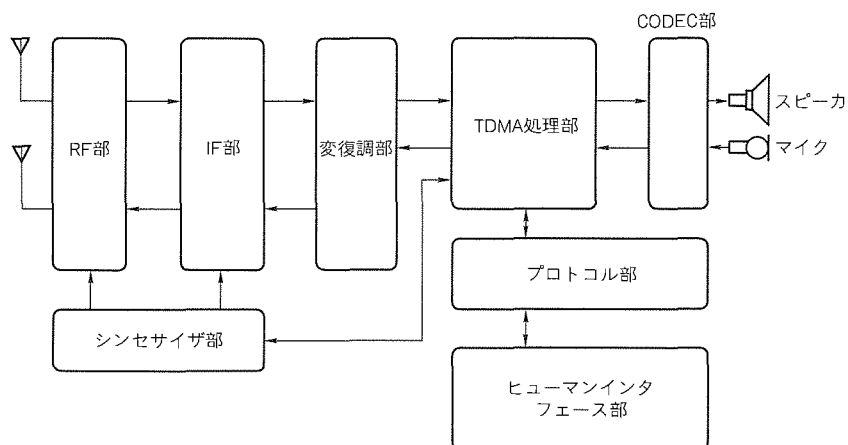


図 2. PT-MDPブロック図

表 2. PT-MDP機能一覧

項 目	内 容
共 通 機 能	電源ON/OFF
	モード選択
	音量調整
	電界強度表示/圏外アラーム
	電池残量表示/要充電アラーム
	公衆発呼
公 衆 機 能	通常発呼
	プリセット発呼
	リダイヤル発呼
	公衆着呼
トランシーバ機能	公衆終話
	マイクミュート
	トランシーバ発呼
	トランシーバ着呼
電話帳機能	電話帳登録
	電話帳検索
	直接検索
	順次検索(正順, 逆順)
	短縮番号検索
	使用頻度順検索
電話帳発呼	公衆発呼
	外線発呼

EC 部以外は専用 IC で構成した。以下, その概要について説明する。

(1) ヒューマンインタフェース部

表示, 入出力制御, データの管理等ヒューマンインタフェース部分の制御を行う。16ビットマイコンで実現している。

(2) プロトコル部

RCR STD-28で規定されているプロトコルをサポートしている。

(3) CODEC 部

唯一のアナログ部分であるマイク, スピーカ等が接続される。アナログからデジタルへの変換に伴い, PCM 信号, ADPCM 信号への変換が行われる。

(4) TDMA 処理部

チャンネルコーディング，バースト制御等を行う。

(5) 変復調部

$\pi/4$ シフト QPSK の変復調を行う。

3.3 無線機部

IF 部，RF 部，シンセサイザ部で構成される。この無線機の送信部性能を表 3 に，受信部性能を表 4 にそれぞれ示す。

この無線機部は，複数の専用 IC によって構成した。各 IC とともに段間のインタフェース部において，信号の入出力端子を送受信共用とすることにより，2 品種の段間フィルタ (1,900MHz 帯誘電体フィルタ及び 250MHz 帯 SAW フィルタ) の送受信共用化を図り，無線部の小型化を実現した。

また，小型，高性能化を目的として 1,900MHz 帯送受信モジュール (以下，“RF-Module”という。)を開発した。次章にその内容を示す。

(1) IF 部

250MHz 帯と数 MHz 帯の周波数変換等を行う。

(2) RF 部

表 3. 送信部性能

項 目	内 容
送 信 出 力 (mW)	10 +20%, -50%以内
隣接チャンネル漏えい電力 (nW)	600kHz離調: 800以下 900kHz離調: 250以下
バースト過渡応答特性 (μ s)	13.0以下
キャリアオフ時漏えい電力 (nW)	80以下
スプリアス発射強度 (nW)	帯域内: 250以下 帯域外: 2,500以下
占有周波数帯幅 (kHz)	288以内
周波数偏差	± 3 ppm以下
変 調 精 度 (%)	12.5以下
信号伝送速度偏差	± 5 ppm以下
きょう(筐)体ふく射 (μ W)	2.5以下

表 4. 受信部性能

項 目	内 容
感 度 (dB μ V)	16以下 (規格感度法)
隣接チャンネル選択度 (dB)	50以上 (規格感度法)
相互変調特性 (dB)	47以上 (規格感度法)
スプリアス感度 (dB)	47以上 (規格感度法)
副次的に発射する電波等の強度 (nW)	4 以下
筐体ふく射 (nW)	1 GHz以下: 4 以下 1 GHz以上: 20以下
受信レベル検出精度 (dB)	± 6 以内
ビット誤り率フロア特性 (dB μ V)	25以下

表 5. 各アンテナの仕様

アンテナの種類	偏波面	平均利得 (dBi)	VSWR
スリープアンテナ	垂直偏波	-1	3 以下
ショートパッチアンテナ	水平偏波	-5	3 以下

注 VSWR: Voltage Standing Wave Ratio

1,900MHz 帯と 250MHz 帯の周波数変換等を行う。送信信号は，パワーアンプを経てアンテナに接続され，アンテナからの受信信号は受信アンプを経て周波数変換される。

(3) シンセサイザ部

周波数変換用のローカル周波数を生成する部分である。

4. RF-Module

1,900MHz 帯の小型 RF-Module 開発は，部品及び線路を高密度に実装するため，干渉・損失・結合を考慮して設計することが重要な課題である。今回は使用周波数帯での比誘電率及び $\tan \delta$ がガラスエポキシ基板に比べて優れ，小型化が可能な低損失の低温焼成セラミック 6 層基板を採用した。これにより，送受信信号以外の線路 (電源系や制御系) を内層化することができ，部品間隔を極力狭くすることが可能となった。

高周波回路で重要な NF (Noise Figure) 及び送信出力を抑えるため，1,900MHz 帯信号を扱う送受信信号線路は，整合の取りやすいマイクロストリップラインとし，最短かつ直線になるように部品配置を行った。

また，電力エネルギーの高い送信用電源系及び制御系線路は，他への干渉を抑えるために，シールド効果の期待できる上下層にグラウンド面を設けたトリプレート線路を採用した。

端子については，アンテナ端子の存在する側には，電源系や制御系の端子を極力排除する配置とした。さらに，6 層基板全体としての端子，パターン，スルーホールの三次元的影響を考慮し，三次元 CAD によって最終的な最適配置を決定し，RF-Module の小型，高性能化を実現した。

5. アンテナ

(1) アンテナ仕様

アンテナの構成は，2 本のアンテナによるダイバシティ方式を採用した。外出しアンテナをスリープアンテナで構成し，内蔵アンテナをショートパッチアンテナで構成した。各アンテナの仕様を表 5 に，構成を図 3 に示す。

(2) スリープアンテナ

外出しアンテナとなっているスリープアンテナは，外観上突起部が長くならないようにホット側をヘリカルで構成し，長さを短縮した。コールド側は，金属製パイプでスリープを構成した。

(3) ショートパッチアンテナ

ショートパッチアンテナは，マイクロストリップアンテナの一種であるが，方形マイクロストリップアンテナの面積に対して約 $1/2$ になることから，小型・薄型のアンテナに適している。

6. 電池パック

電池パックの外観を図 4，図 5 にそれぞれ示す。図 5 は

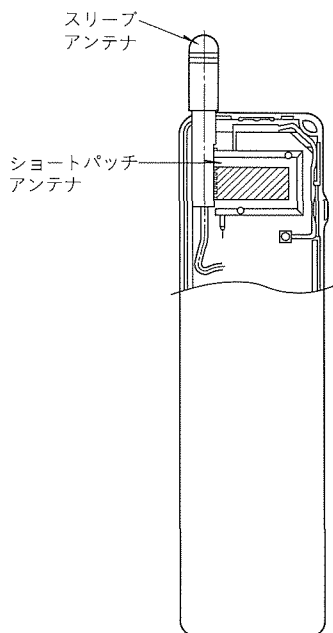


図3. アンテナ構成

AC100Vのプラグを出した状態である。電池パックは、松下電工(株)と共同で開発した。市販のシェーバのようにプラグを簡単に引き出せる構造にしたこと、電池パックに電池の残量計算の機能を持たせたこと等が特長である。

また、電池パックに充電回路を内蔵したため、外出時予備の電池や別の充電器を持ち歩くことなく、充電がパック単体及び本体に接続したままでも可能であり、使い勝手を向上させている。

7. む す び

PHS 端末装置は、2000年には約1,000万台の稼働が予測されており、情報家電商品の中で期待される商品である。今後ますます小型化されて、ノートブックパソコンや電子手帳等と複合化される(マルチメディア端末)と考えられる。

電気通信事業者の設置する基地局も小型で安価のため、設置が非常に簡単で、短期間で日本全国をカバーすることが可能である。1995年夏からは、携帯電話事業のように全国を地域分割し、複数の事業者で運営されるものと思われる。

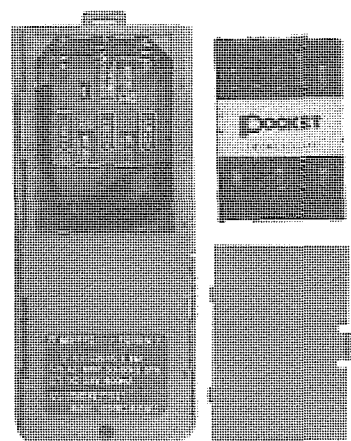


図4. 電池パックの外観1

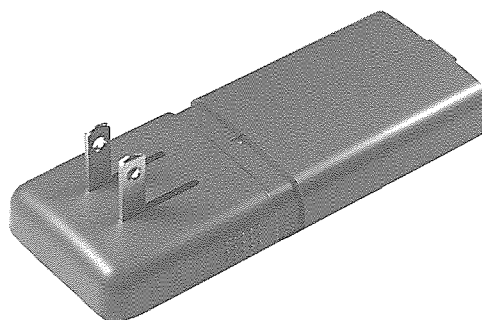


図5. 電池パックの外観2

将来は世界的な公衆用陸上移動通信システム(Future Public Land Mobile Telecommunications System: FPLMTS)構想や、多数の低軌道衛星を使用したイリジウム計画やインマルサット計画が予定されているように、情報通信端末のパーソナル化とともに、21世紀高度情報社会に向けて“いつでも”“どこでも”“だれとでも”のコミュニケーションの世界が広がっていくと思われる。その中で、当社は今後真のパーソナルツールとしてのPHS 端末装置を提案していく所存である。

参 考 文 献

- (1) 財電波システム開発センター：第2世代コードレス電話システム標準規格 第1版(RCR STD-28) (1993)

デジタルMCAシステム

中野龍也* 青柳孝寿**
田近寿夫** 池田 正*
大谷一浩* 三瀬敏生*

1. ま え が き

MCA (Multi-Channel Access) システムは、複数の加入者が複数の周波数を共同利用することにより、周波数の有効利用を図ることを目的に開発された業務用移動無線システムである。1982年10月に800 MHz 帯を利用したアナログシステムが初めて導入されて以来、順調にサービス地域を拡大し、加入局数は1994年5月現在で約58万局に達しようとしている。

今後、更に増加する加入者を収容するため、周波数利用効率の良いデジタル MCA システム導入の検討が(財)電波システム開発センターによって、1991年から開始され⁽¹⁾1993年には規格化された⁽²⁾。装置の開発も並行して行われ、1994年4月に関東地区で開局するに至った。今後、近畿や東海地区等に順次展開される計画である。

本稿では、デジタル MCA システム及び今回開発したデジタル MCA システム用制御局装置と移動局装置について紹介する。

2. デジタルMCAシステムの概要

2.1 システム構成

システム構成を図1に示す。デジタル MCA システムは、中継局装置及び監視制御装置からなる制御局と、中継局を介して通信を行うユーザの無線局(指令局、管理用移動局及び移動局から構成される。以下“移動局”という。)から構成される。

中継局に PSTN (Public Switched Telephone Network) 接続装置を接続することにより、移動局は中継局を介して自営通信の範囲内で一般電話機と通信をすることができる。また、中継局と中継局をゾーン間接続装置を介して接続することにより、移動局は他のゾーンの移動局との通信が可能となる。

2.2 サービス機能

サービス機能として以下の基本サービス機能と付加サービス機能がある。

2.2.1 基本サービス機能

(1) グループ通信

同一ユーザコード内の全移動局(通信中の移動局は除く)との通信ができる。

(2) サブグループ通信^(注1)

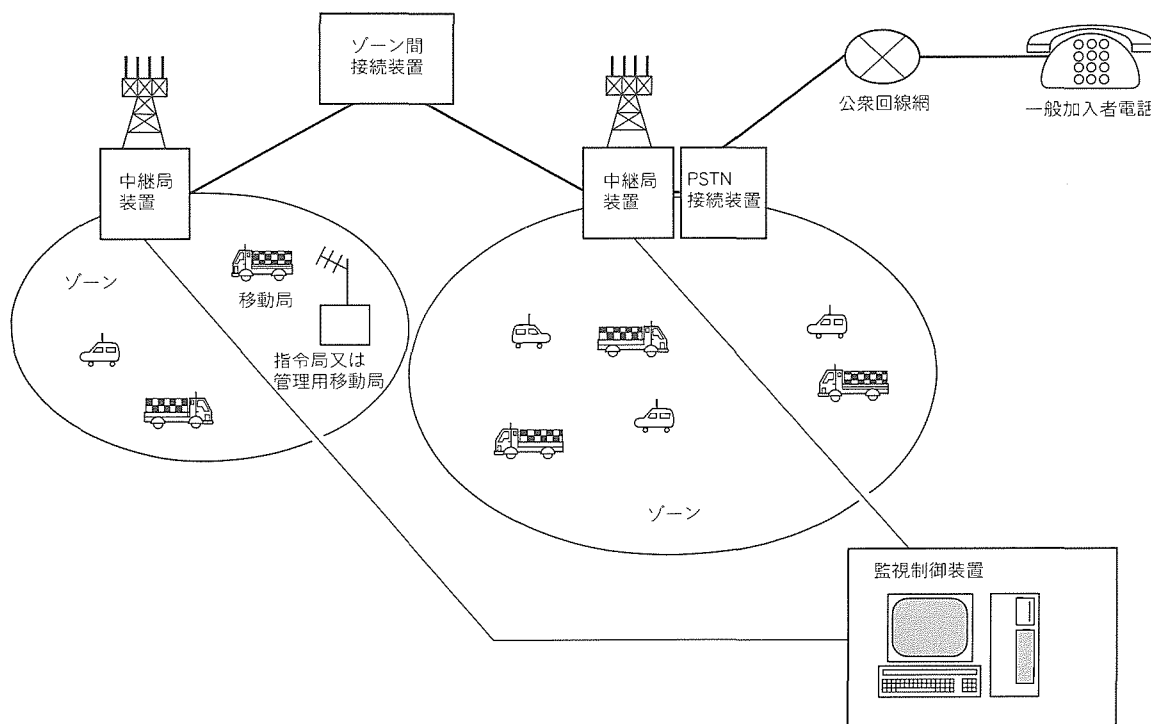


図1. システム構成

同一ユーザコード内の移動局で任意にグルーピングされた移動局（通信中の移動局は除く）との通信ができる。

(3) 個別通信^(注1)

同一ユーザコード内の1移動局を呼び出し、その移動局と一対一の通信ができる。

(4) ユーザー斉通信

同一ユーザコード内の全移動局（通信中の移動局がいる場合はその通信が終了するのを待って）との通信ができる。

(5) 同一群複数同時通信^(注1)

同一ユーザコード内の他の移動局が通信中（サブグループ通信又は個別通信時）でも、その通信とは別に新たに通信を行うことができる。

(6) システム一斉通信

システム運用者がシステムに加入している全移動局に対して必要時に音声指令（片方向）をすることができる。

2.2.2 付加サービス機能

(1) ゾーン間接続通信^(注2)

他のゾーンにいる移動局と個別通信やグループ通信等ができる。

(2) PSTN 接続通信^(注2)

中継局を介して一般電話機と通信することができる。

(3) 個別複信通信^(注1)

個別通信において複信通信（同時送受信）ができる。

(4) 2スロット（2チャンネル）通信^(注1)

2チャンネル通信ができ、倍速データ通信や音声とデータの同時通信等ができる。

2.3 システム仕様

(1) 無線周波数帯

(a) 制御局送信周波数（移動局受信周波数）

1,501～1,525MHz

(注1) デジタル化により、新たにサービスされる機能。

(注2) 一部アナログシステムでもサービスされているが、デジタル化によって本格的にサービスされる機能。

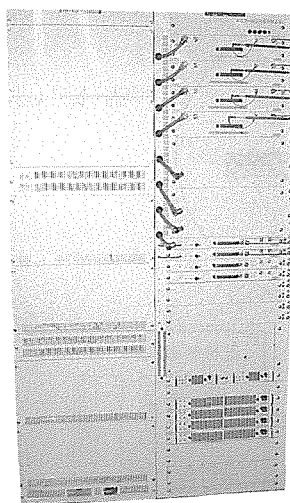


図2. 中継局装置外観

(b) 制御局受信周波数（移動局送信周波数）

1,453～1,477MHz

(2) キャリア周波数間隔：25kHz

(3) 変調方式

M16QAM（Multi-subcarrier 16 Quadrature Amplitude Modulation）方式

この方式は、4個のサブキャリアをそれぞれ16QAM変調する方式で、 $\pi/4$ シフトQPSK（ディジタル自動車電話等で採用の方式）と比べて伝送効率（周波数利用効率）が約2倍良く、かつ遅延分散による伝送劣化を改善した変調方式である。

(4) アクセス方式

下り TDM（Time Division Multiplex）、上り TDMA（Time Division Multiple Access）

(5) 多重数：6多重

回線制御架	送受信架		
架上ファン	架上ファン		
回線制御部 (0系)	電力増幅部 1	受信分配部	
	電力増幅部 2		
	電力増幅部 3		
回線制御部 (1系)	電力増幅部 4		
	電力増幅部 5		
	電力増幅部 6		
ファン部	電力増幅部 7		
回線制御共通部	電力増幅部 8		
	送受信部 1		
	送受信部 2		
回線切換部 (0系)	送受信部 3		
	送受信部 4		
	送受信部 5		
	送受信部 6		
	送受信部 7		
	送受信部 8		
ファン部	送受信架制御部		
回線切換共通部			
	電源部 2	電源部 2	
	電源部 2	電源部 2	
回線切換部 (1系)	電源部 1		
	電源部 1		
	電源部 1		
	電源部 1		
	電源部 1		
	電源部 1		
	電源部 1		
端子部	端子部		

図3. 中継局装置内ユニット配置

(6) 伝送速度：64kbps

3. 制御局装置

3.1 装置構成及び概要

中継局装置の外観を図2に、また装置内ユニット配置を図3に示す。中継局装置は8キャリア(48チャネル)実装の送受信装置1架と回線制御装置1架から構成される。この2架構成で移動局5,500局の収容ができる。

3.1.1 送受信装置

送受信装置は、変調及び復調を行う送受信部、送受信部から出力される変調出力を増幅する電力増幅部、これらを制御し回線制御装置とのインタフェースとなる送受信架制御部、空中線から受信した受信信号を分配増幅する受信分配部、各部の電源を供給する電源部等から構成される。

(1) 送受信部

送受信部は、信頼性を考慮して1キャリアに対して1ユニットとしている。

送信系では、M16QAM変調及びチャネルコーディング処理をDSP(Digital Signal Processor)1個で実現し、また受信系では、復調、ダイバシティ受信処理及びチャネルデコーディング処理をDSP2個で分散処理している。また、

移動局との通信制御処理(レイヤ2)を送受信部内のCPUで行っている。

(2) 電力増幅部

電力増幅部も送受信部同様1キャリアに対して1ユニットとしている。

送信出力は平均で40W必要であり、M16QAM変調の特徴としてピーク出力が平均出力に対して約10dBアップとなり、かつ直線性が要求されるため、電力増幅部の飽和出力は500W以上を実現している。

(3) 電源部

電源部は、電力増幅部については電流量が大きい1ユニットに対して電源ユニット1個とし、送受信部については保守性を考慮して4キャリアずつ2系統に分けそれぞれ電源ユニット2個で二重化している。

3.1.2 回線制御装置

回線制御装置は、信頼性向上のため二重化しており、呼接続制御や回線制御を行う回線制御部、中継局で中継する信号を切り換える回線切換部、及びそれぞれの共通部から構成される。電源は各部にそれぞれ実装している。

(1) 回線制御部

CPU2個で構成され、移動局との呼接続制御、中継局の

表1. 中継局装置の送信部性能

	項 目	規 格	備 考
1	周波数許容偏差	0.1×10^{-6} 以下	
2	スプリアス発射強度	-60 dB以下又は $2.5 \mu W$ 以下	
3	占有周波数帯幅	20kHz以下	
4	空中線電力の許容偏差	+20%, -50%	送信出力40W以下
5	隣接チャネル漏えい電力	送信電力に対して-55dB以下	± 25 kHz離れ 受信帯域幅 ± 9 kHz
6	伝送速度精度	$\pm 5.0 \times 10^{-6}$ 以下	
7	変 調 精 度	最大振幅信号点の理想振幅値に対する理想信号点からの誤差の実効値の比が15%以下	最大誤差
8	サブキャリア周波数の許容偏差	$\pm 5.0 \times 10^{-6}$ 以下	
9	サブキャリアのシンボル同期	7 μs 以内	サブキャリア間最大誤差
10	きょう(筐)体ふく(輻)射	$2.5 \mu W$ 以下	

表2. 中継局装置の受信部性能

	項 目	規 格	備 考
1	受信感度(静特性)(規格感度)	9.0 dB μ 以下 (BER = 1%)	
2	受信感度(フェージング)	7.0 dB μ 以下 (BER = 3%) (ダイバシティ受信)	最大ドップラー周波数70Hz
3	スプリアスレスポンス	53 dB以上 (規格感度+3 dBとの比)	
4	隣接チャネル選択度	42 dB以上 (規格感度+3 dBとの比)	
5	相互変調特性	53 dB以上 (規格感度+3 dBとの比)	
6	副次的に発する電波の強度	4 nW以下	
7	バースト受信タイミング	サブスロット基準受信タイミングに対して受信可能範囲は-46~796 μs とする	基本スロットについては移動局の送信タイミング偏差内のバースト信号を受信できること
8	筐 体 輻 射	1 GHz以下: 4 nW以下 1 ~ 3 GHz: 20 nW以下	

装置管理、移動局の管理（認証や付加サービスの有無）、チャンネル管理、予約管理等を行う。

(2) 回線切換部

CPU 1 個で構成され、チャンネル制御及び中継局で中継する信号の切換制御を行う。

3.2 特長及び機能

この制御局装置の特長及び機能を以下に述べる。

- (1) システム機能として 2.2 節で述べたサービス機能を持つ。
- (2) 空中線までの給電線ロスを低減できるように、回線制御装置と送受信装置間を光ケーブルで接続することにより、最大 900 m 離して設置することができる。これにより、タワー上に送受信装置を、地上の機械室に回線制御装置を設置する等の自由度の高い装置の設置を可能とした。
- (3) 装置の構造を考慮し、高さ 2,000 mm の標準架以外に高さ 1,300 mm の背の低い架構造の装置の対応も可能とした。
- (4) 1 システム最大 32 キャリア（移動局収容局数 26,000 局）を、回線制御装置 3 架と送受信装置 4 架で構成できる（標準架構成の場合）。
- (5) 回線制御装置及び送受信装置共、前面からのみの保守が可能な構造としている。
- (6) 監視制御装置は、中継局の装置状態の監視、中継局のシステム運用状況の監視、通信記録収集、ユーザ管理（移動局の登録及び削除など）等の機能を持つ。

- (7) 中継局装置の電源は、AC 200 V で単相及び三相の両方に対応可能であり、必要に応じてバックアップ電源として DC 24 V バッテリーを接続することもできる。

3.3 装置性能

中継局装置の送信部性能を表 1 に、受信部性能を表 2 に示す。

4. 移動局装置

4.1 装置の構成及び概要



図 4. 移動局装置外観

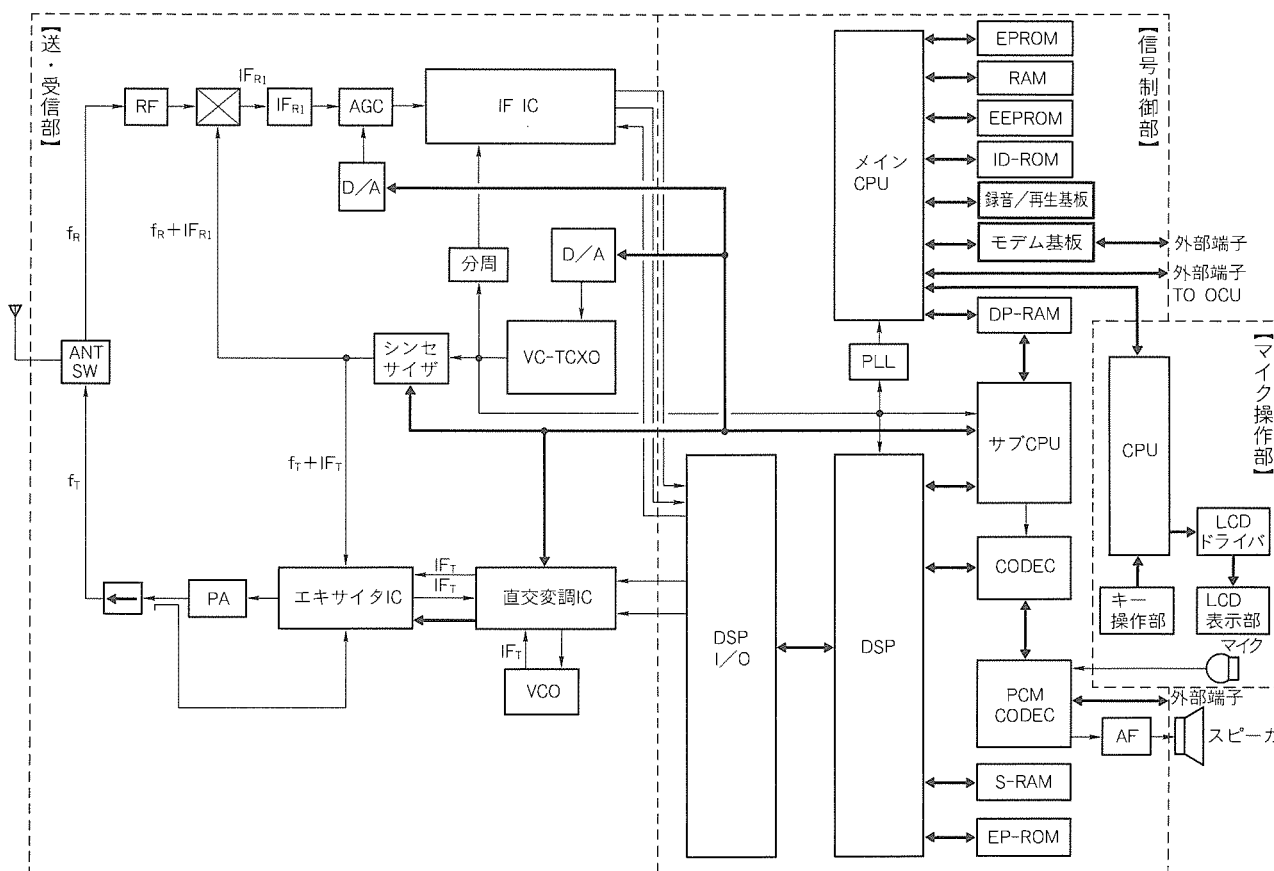


図 5. 移動局装置系統

移動局装置の外観を図4に、系統を図5に示す。移動局装置は、移動局本体とマイク操作器から構成される。

4.1.1 移動局本体

移動局本体は、送受信部(高周波・アナログ部)と信号制御部(デジタル信号制御部)の基板2枚の構成とし、オプションのデータ伝送用インタフェースユニット及び音声録音再生ユニットは信号制御部にコネクタインで内蔵できる。また、26.4V/13.8V変換DC/DCコンバータが送受信部に実装されている。

(1) 送受信部

変調及び復調に関する信号処理は、信号制御部のDSP処理で実施している。送受信部では、信号制御部で生成されたデジタル信号(M16QAMのI、Q信号)をM16QAM波に変調し、PAモジュールで平均出力2Wに増幅して送信する。また、受信波を復調しデジタル信号(M16QAMのI、Q信号)として信号制御部へ伝送する。これら変復調に関しては、M16QAM用の専用LSI(変調及びひずみ補償用IC、周波数アップ/ダウンコンバータIC、復調用IC)を採用し、小型化を図っている。

(2) 信号制御部

変復調に関する信号処理及び誤り訂正についてはDSP1個で、音声コーデックについてはDSP1個とPCMコーデックICで、通信制御及び無線機制御は16ビットCPU2個でそれぞれ分担処理している。

4.1.2 マイク操作器

マイク操作器は、マイク及びマイクアンプ、プレストークスイッチ、テンキー部、LCD(液晶)表示部及びLCDドライバIC、それらを制御する8ビットCPUから構成される。本体のCPUとは、シリアル通信(800bps)で信号のやりとりを行う。

4.2 特長及び機能

この移動局装置は、以下の特長及び機能を持つ。

- (1) 本体の外形寸法は、幅120mm、高さ37mm、奥行き169mmで容積約750cm³、質量は約1.2kgと小型軽量機である。
- (2) 電源オン/オフや音量設定を含め、操作部と表示部をすべてマイク操作器に集中させたことにより、操作性が良くかつ本体の設置場所の自由度が高い。
- (3) DC/DCコンバータを内蔵し、外部供給電圧によって自動切換えとなっており、24V車及び12V車にそのまま使用できる。
- (4) マイク操作器のLCD表示及び操作キーにバックライトを設けたので、夜間の操作性も良い。
- (5) 文字伝送及び表示機能を標準装備している。カタカナ、英数字を1メッセージ最大96文字伝送可能で、事前に62件のメッセージが登録できる。マイク操作器への表示は16文字表示でスクロールが可能である。
- (6) オプションとして音声録音・再生機能を追加できる。16

表3. 移動局装置の送信部性能

項 目	規 格		備 考
1 周波数許容偏差	追従時 : 0.15×10^{-6} 以下 非追従時 : 2.0×10^{-6} 以下		追従時のみ送信可能であること
2 スプリアス発射強度	-60dB以下又は $0.25 \mu\text{W}$ 以下		
3 占有周波数帯幅	20kHz以下		
4 空中線電力の許容偏差	+20%, -50%		送信出力2W以下 (送信バースト時間内平均電力)
5 隣接チャネル漏えい電力	送信電力に対して-50dB以下かつ $6.3 \mu\text{W}$ 以下		$\pm 25\text{kHz}$ 離れ 受信帯域幅 $\pm 9\text{kHz}$
6 キャリアオフ時漏えい電力	占有周波数帯域内 : 32nW 以下 占有周波数帯域外かつ 送信周波数帯域内 : 4nW 以下 送信周波数帯域外 : -60dB以下又は $0.25 \mu\text{W}$ 以下		受信時は 4nW 以下
7 送信出力制御 (自律出力制御)	受信入力電圧の範囲	送信出力	受信入力電圧に対応して自律制御
	40dB μV 以上	240mW以下	
	50dB μV 以上	24mW以下	
8 送信出力制御 (強制出力制御)	制御範囲 : $0 \sim -20\text{dB}$ 制御ステップ : 10dB		中継局の送信出力制御指示に従い制御 (相対値)
9 伝送速度精度	$\pm 5.0 \times 10^{-6}$ 以下		
10 変 調 精 度	最大振幅信号点の理想振幅値に対する理想信号点からの誤差の実効値の比が15%以下		
11 サブキャリア周波数の許容偏差	$\pm 5.0 \times 10^{-6}$ 以下		
12 サブキャリアのシンボル同期	7 μs 以内		サブキャリア間最大誤差
13 バースト送信タイミング	標準送信タイミングに対して $\pm 45 \mu\text{s}$ 以内		
14 タイムアライメント制御	制御範囲 : $-750 \sim 0 \mu\text{s}$ 制御ステップ : $62.5 \mu\text{s}$		中継局からのタイムアライメント制御 信号に対する制御
15 筐 体 輻 射	$2.5 \mu\text{W}$ 以下		

表 4. 移動局装置の受信部性能

	項 目	規 格	備 考
1	受信感度 (静特性) (規格感度)	9.0dB μ 以下 (BER= 1 %)	
2	受信感度 (フェージング)	13dB μ 以下 (BER= 3 %)	最大ドップラー周波数 70Hz
3	受信感度 (フェージング) (サービスエリア規定の目標値)	7.3dB μ (BER= 5 %)	最大ドップラー周波数 70Hz
4	スプリアスレスポンス	53dB以上 (規格感度+3 dBとの比)	
5	隣接チャネル選択度	42dB以上 (規格感度+3 dBとの比)	
6	相互変調特性	53dB以上 (規格感度+3 dBとの比)	
7	副次的に発する電波の強度	4 nW以下	
8	筐 体 輻 射	1 GHz以下: 4 nW以下 1 ~ 3 GHz: 20nW以下	

秒×4 通話が録音できる。

(7) オプションとしてデータ伝送用インタフェースユニットを本体に内蔵でき、データ伝送システムへの対応が容易である。

(8) マイク操作器の代わりにハンドセットを取り付けることで個別通信や PSTN 接続通信において複信通話ができる。

4.3 装置性能

移動局装置の送信部性能を表 3 に、受信部性能を表 4 に示す。

5. む す び

今回開発したデジタル MCA システムは、周波数利用効率を最優先に、変調方式として振幅位相変調である M16 QAM 方式を採用したため、従来のアナログ方式の MCA システムと同等のサービスエリアが確保できるかが最大の課

題であったが、フィールドテスト等実証試験の結果、同等のサービスエリアが確保されることが確認できた。

今回のデジタル化により、ゾーン間接続通信や PSTN 接続通信の本格的サービスが実現し、新たな需要を喚起し更に需要が拡大していくと考えられる。

今後、今回開発した装置の拡充及びデジタル無線の特長を生かしたデータ伝送システムの充実を図っていくとともに、デジタル携帯機の開発も行う計画である。

参 考 文 献

- (1) 財 電波システム開発センター デジタル方式 MCA システム開発部会：デジタル方式 MCA システム研究開発報告書 (1992)
- (2) 財 電波システム開発センター：デジタル MCA システム標準規格 RCR STD-32 (1993)

MCAのゾーン間接続システム

川幡 孝*
関 直樹*
小野英世*

1. ま え が き

MCA (Multi-Channel Access) システムは、半径 20 ～ 30 km をサービスエリアとする大ゾーン方式の業務用無線システムであり、1982 年 10 月のシステムオープン以来順調にサービス地域を拡大している。

現行の MCA サービスでは、利用者は各地域に設置された制御局でカバーされる限定されたエリア内でだけサービスを受けることが可能であるが、制御局のゾーンを越えた異ゾーン間の通信を可能にする広域サービスに対するニーズが最近高まっている。

今回、MCA ゾーン間接続システムの一方式として 800 MHz 帯アナログ MCA システムの制御局間を専用回線で接続するシステム及び装置を開発したので紹介する。

2. MCAゾーン間接続システムの概要と特徴

2.1 システム利用サービスの形態

システム利用サービスの形態を図 1 に示す。現行システムでは、A ゾーン、B ゾーンそれぞれ独立して運用され、A ゾーンに所属する移動局が B ゾーンで通話を行おうとする場合は、あらかじめ割り当てられている各ゾーンに対応するコード (群コード) を、ゾーンを移った際に移動局側で切り換える必要があった。しかも A ゾーンと B ゾーンの間で通話を行うことは、原則としてできなかった。

ゾーン間接続システムでは、異なるゾーン間の制御局が相互に接続されており次節で述べる通信接続手順に従うため、

移動局が群コード切換えなどの特別の操作をすることなく、A、B の各ゾーン内及び A、B ゾーン間で相互に通話することが可能となる。

2.2 通信接続手順

図 2 にシステム制御系統を示す。この方式は、各制御局の回線制御装置間を専用回線 (データ) によって接続し、呼制御シーケンスをデータ伝送で実施することでゾーン間接続に使用する通話用チャンネルを専用回線 (音声) によって接続する。

ゾーン間接続を行う双方の制御局のうち、一方はチャンネル管理を行う主制御局として、また他方は従制御局として動作する。

移動局からの接続要求は、移動局が所属する制御局の制御用チャンネルで受信され、その移動局がゾーン間接続可能か否かの識別をその制御局が行うとともに、可能であれば当該移動局を予約状態にした後、専用回線 (データ) を通して相手制御局に通知する。相手ゾーン内の移動局が接続可能な状態であれば、主制御局はゾーン間接続に使用する通話用チャンネルを決定し、自ゾーン及び相手ゾーンの移動局に割り当て、その通話用チャンネルに対応した専用回線 (音声) を経由してゾーン間接続の通話路を形成し、以後通話可能となる。

通話中は自ゾーンの通話用チャンネルで伝送されているトーン信号の有無、相手ゾーンの通話用チャンネルで伝送されているトーン信号の有無がそれぞれ調べられる。共にトーン信号が受信されない状態が一定時間継続した場合に終話処理動作に入る。

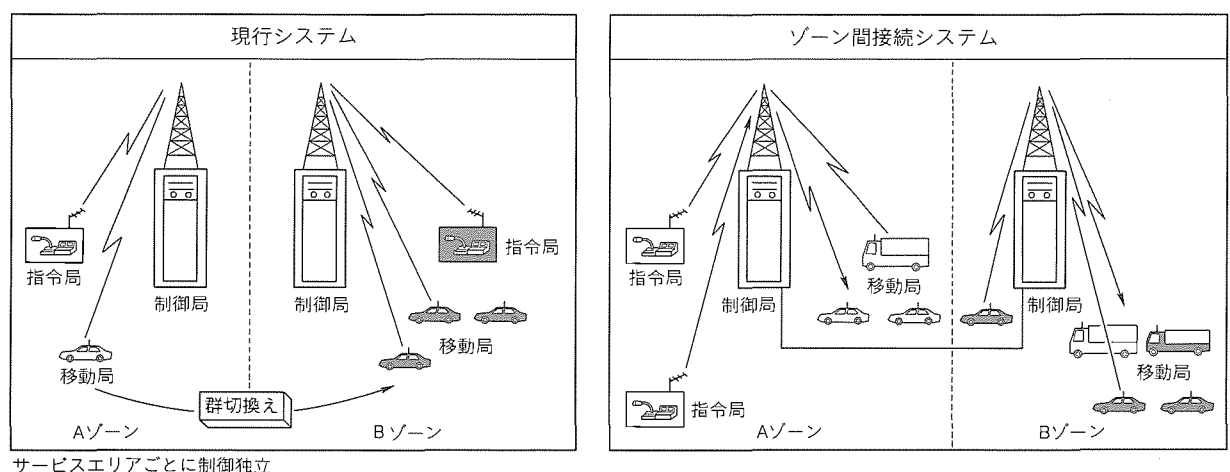


図 1. システム利用サービスの形態

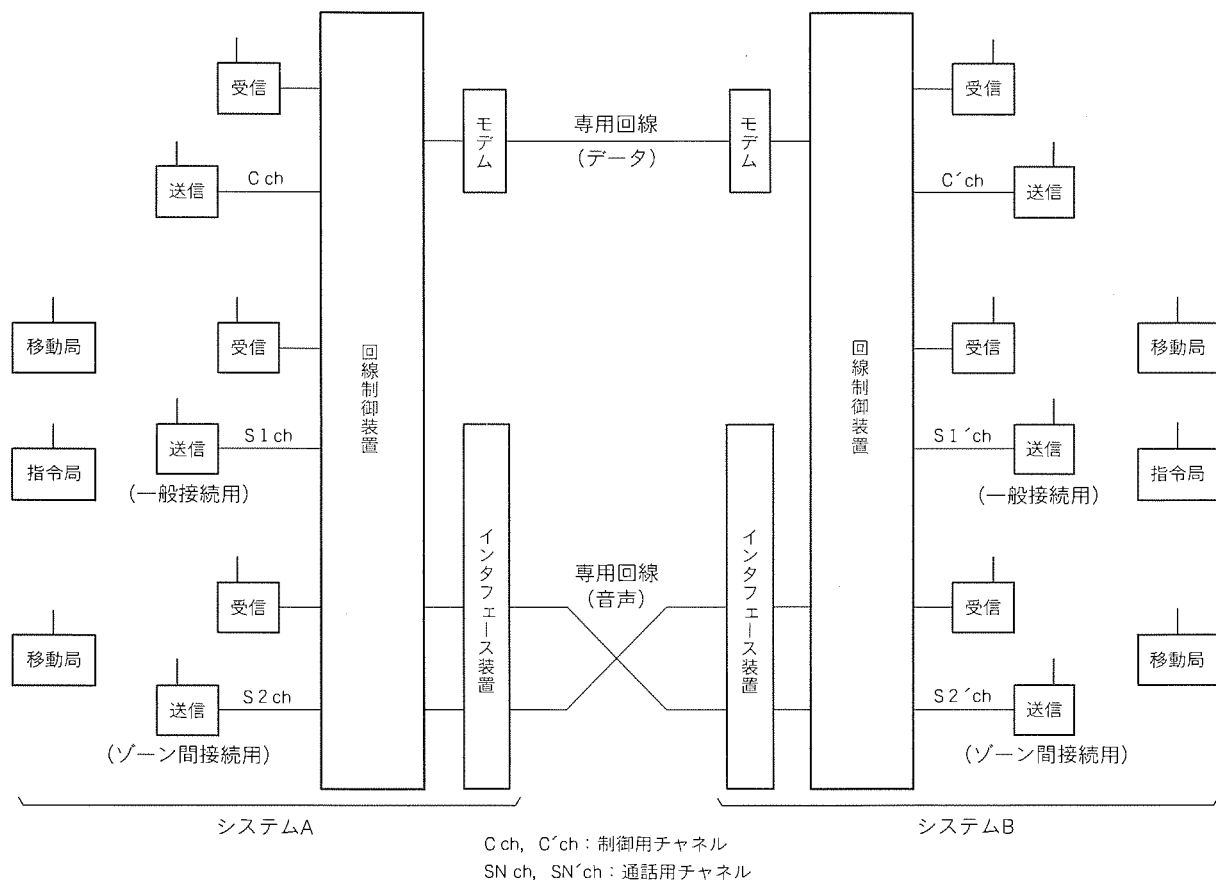


図2. システム制御系統

2.3 システムの特徴

- (1) 制御局の通話用チャンネルは、一般接続専用チャンネル、ゾーン間接続専用チャンネル、一般・ゾーン間接続チャンネル（ゾーン間接続通話優先）に分類される。
 - (a) 一般接続専用チャンネル
ゾーン間接続通話を行わないホームゾーン専用を使用する。
 - (b) ゾーン間接続専用チャンネル
ゾーン間接続通話専用を使用する。
 - (c) 一般・ゾーン間接続用チャンネル
一般接続通話とゾーン間接続通話の両方に使用するが、ゾーン間通話を優先させる。
これらの通話用チャンネルは、事前に設定することを基本とするが、運用中にゾーン間接続ユーザ数に対応して設定変更することも可能である。
- (2) ゾーン間接続に使用する通話用チャンネルは、一般接続用通話チャンネルとは別管理で運用し、接続される両制御局の対向する通話チャンネルを1対1で接続する。
- (3) 現行移動局装置を改造することなくそのまま使用できる（ID-ROMのみ変更）。
- (4) 運用監視制御は、現行の運用監視制御装置（最大8システムまで監視制御可能）で行える。
- (5) 終話検定は、システムトーンを各ゾーンで検出し、専用

- 回線経由で相手ゾーンへ送信し、各々の制御局で自局、相手局両方のトーン断を確認して処理する。
- (6) 一般接続通話とゾーン間接続通話は、運用監視制御装置のCRT上で識別可能である。
- (7) 選択呼出機能を伴った音声通信及び非音声通信が可能である。

3. MCAゾーン間接続システム装置の構成

今回開発した800MHz帯MCAゾーン間接続システムの各制御局設備は、中継局設備と監視室設備に分類され、以下に示す装置によって構成される。

3.1 中継局設備

MCA陸上移動通信の中継を行う設備で、MCA制御局設備のかなめの装置であり、以下の装置によって構成される。

なお、ゾーン間接続システムの構成を図3に、800MHz帯MCA制御局システムの外形を図4に示す。

- (1) 回線制御装置
- (2) 送受信装置
- (3) ゾーン間接続用インタフェース装置
- (4) 専用線モデム
- (5) 耐雷トランス
- (6) 空中線関連装置
- (7) その他付帯設備

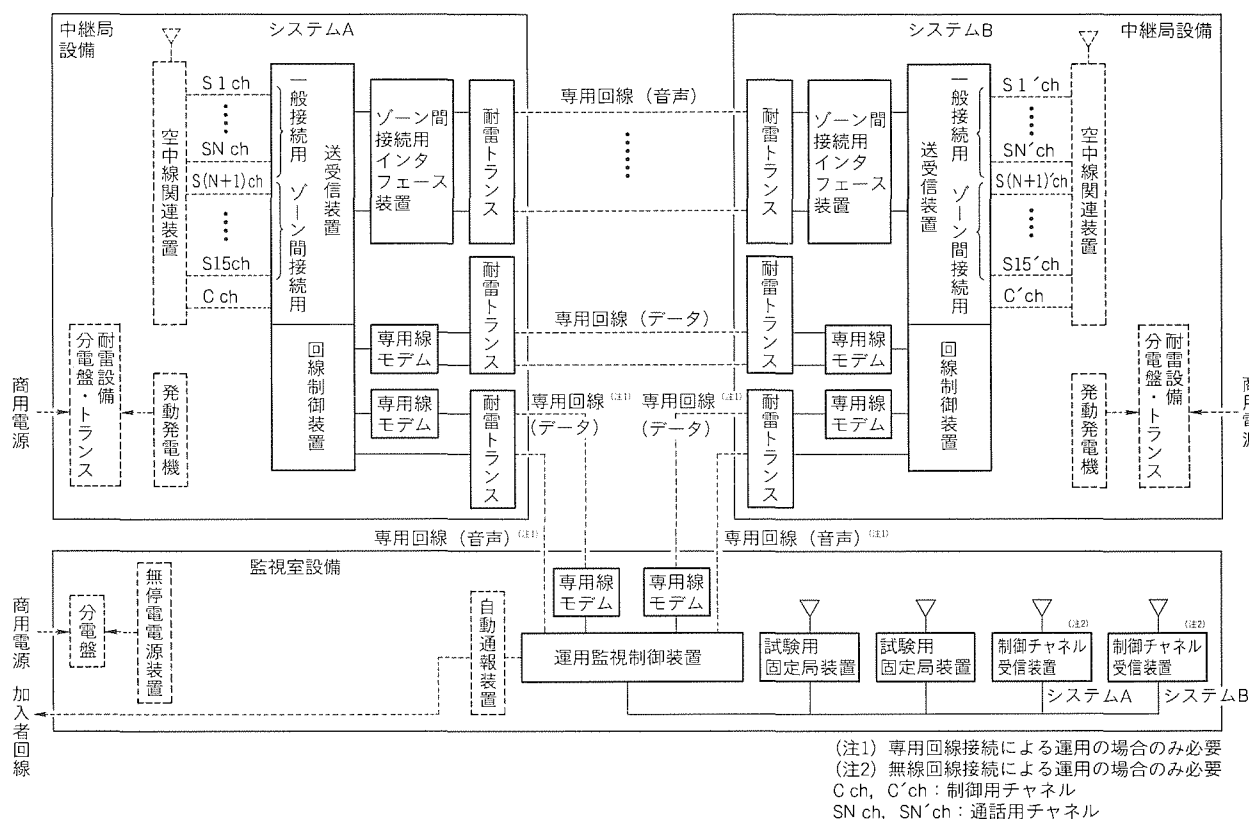


図3. ゾーン間接続システム構成

3.2 監視室設備

MCA 制御局システムの運用状況を監視制御するために設置される設備で、以下の装置によって構成される。

- (1) 運用監視制御装置
- (2) 試験用固定局装置（監視制御が無線回線接続方式の場合は、制御用無線機の機能を含む。）
- (3) 専用線モデム
- (4) 制御チャンネル受信装置（監視制御が無線回線接続方式のときのみ必要）
- (5) その他付帯設備

4. 装置の概要

制御局を構成する主要装置の概要を以下に示す。

4.1 中継局設備

4.1.1 回線制御装置

回線制御装置は、制御部本体、操作・表示部、外部インタフェース、電源部及び架本体から構成されている。

- (1) 制御用チャンネル数 1 ch, 通話用チャンネル数 15 ch まで制御可能である。
- (2) システム制御に必要な信号の発生、照合、送出を行う。
- (3) 回線接続制御、及びこれに必要な送受信装置、ゾーン間接続用インタフェース装置の起動・停止の制御を行う。
- (4) システム定数、システム状態監視情報、局舎監視情報、通話記録情報の授受を行う。
- (5) 接続要求を受けた制御局が一般接続可能か、ゾーン間接

続可能かの情報を管理し、接続可否の識別を行う。

- (6) ゾーン間接続を許可されたユーザであると認識された場合、両制御局の装置間を専用回線で接続し、一連のゾーン間接続通話制御（予約、チャンネル割当、終話処理を含む。）を行う。

4.1.2 送受信装置

送受信装置は、架単位で 8 送信装置、8 受信装置、1 基準発振器、1 受信共用部、1 送受信制御部、4 電源部、端子部及び架本体から構成されている。

- (1) 送信・受信性能は、電波法及び関連 RCR 規格（RCR STD-24）等で規定される機能・規格を満足する。
- (2) 制御用チャンネルで、回線制御装置からのデータ送信及び指令局・移動局からの発呼データの受信を行う。
- (3) 通話用チャンネルで、移動局間の通話の中継送受信を行う。
- (4) 動作状態などの情報を回線制御装置へ送出する。
- (5) 送信装置は、相手制御局からの信号をゾーン間接続用インタフェース装置を通して入力し、変調回路へ出力する。受信装置は、移動局からの信号を復調し、ゾーン間接続用インタフェース装置に出力する。

4.1.3 ゾーン間接続用インタフェース装置

一方の制御局のゾーン間接続通話用チャンネルの受信装置出力を、専用回線を經由して相手側の制御局の対応する通話用チャンネルの送信装置入力に接続するためのインタフェース装置である。

- (1) 通話信号が経由するほかに、自局で検出したシステムト

回線制御装置 送受信装置(1) 送受信装置(2)

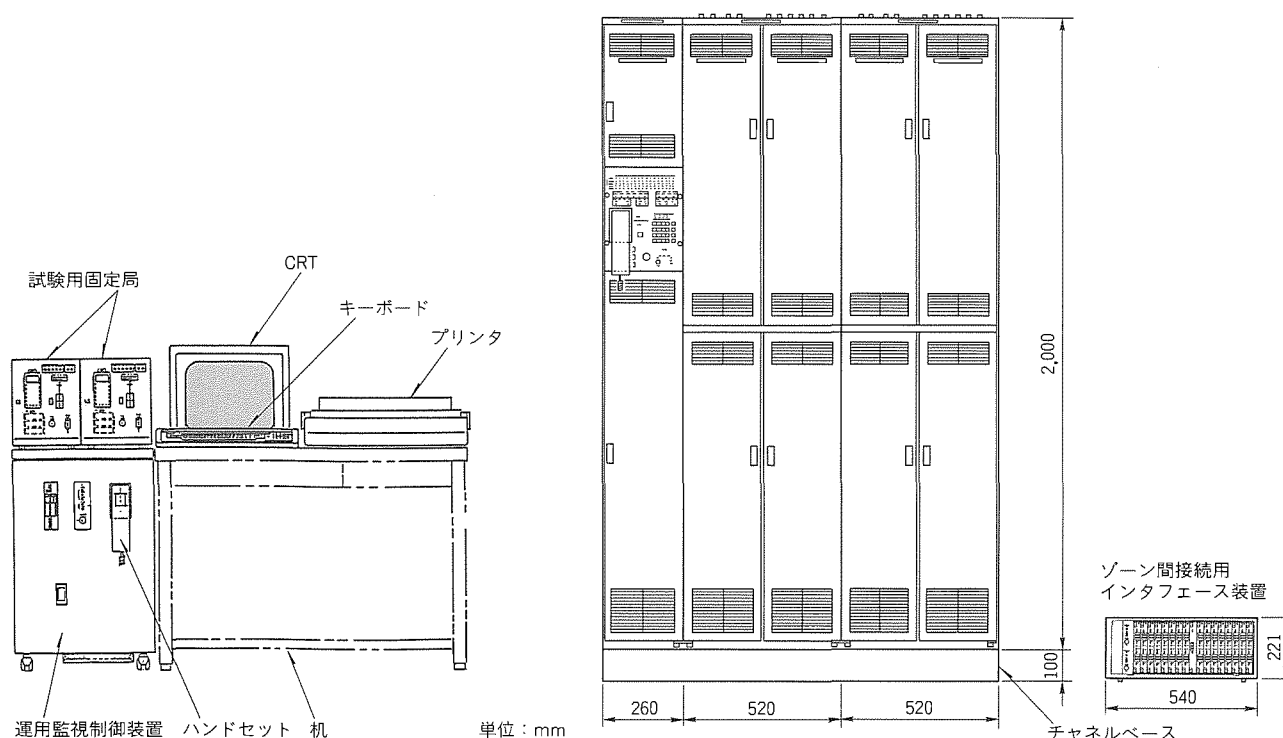


図4. 800MHz帯MCA制御局システム外形

- ーン信号を，専用回線で伝送できる信号に変換して出力する。
- (2) 専用回線は4線式である。
- (3) 通話用チャンネルは，ゾーン間接続用に最大15チャンネルまで対応可能である。
- (4) この装置は，据置き形と壁掛け形に対応可能である。

4.2 監視室設備

4.2.1 運用監視制御装置

運用監視制御装置は，制御部，電源部及び本体（ハードディスク，フロッピーディスク内蔵）等から構成され，プリンタ，CRT，キーボード等の付属機器を机の上に配置する。

- (1) 運用監視制御装置は，システム定数及びユーザ情報等のシステム運用に必要な情報を記憶・管理し，必要な情報を回線制御装置に供給する。
- (2) システム定数の変更，ユーザの加入登録・変更・削除や，ゾーン間通話チャンネル数の設定変更，ゾーン間ユーザの登録を行う。
- (3) 業務日誌作成に必要なシステムの運用状況及び回線利用状況のデータの収集と印字記録を行う。
- (4) 日報印字記録は，一般接続通話分とゾーン間接続通話分に分離して出力する。

4.2.2 試験用固定局装置

試験用固定局装置は無線機機能を持ち，各種の試験や監視を行う。

- (1) 回線接続動作試験，付属マイク操作器による各種試験通話，ID-ROM 書き込み内容チェック，及び制御チャンネル自動監視を行う。
- (2) 運用監視制御装置からのシステム動作に必要な情報を中継所設備に送出し，それに対する中継所からの応答を得て運用監視制御装置に伝達する。この制御は運用監視制御装置で行う。

5. む す び

MCA ゾーン間接続システムは，大ゾーン方式である MCA システムの単独ゾーンを越えた異ゾーン間の通信を可能にする広域サービスへの要望に対応するために開発したシステムであり，制御局間を専用回線で接続する方式として実現した。このシステムは，地形条件等による電波不感地域の解消対策としても適用可能である。

今後，制御局間を無線回線で接続する方式の実用化，専用回線の多重化，障害時の通話救済など，経済性とサービスの向上を検討していく。

全国に拡大しつつある 800 MHz 帯アナログ MCA のユーザサービス向上にこのシステムが役立つことを期待している。

このシステムを開発するに当たり御指導いただいた財九州移動無線センターの関係者の方々に，深く感謝申し上げる。

広域デジタル移動無線システム

大竹康友*
木村和夫*
大塚 晃**

1. ま え が き

MCA (Multi-Channel Access) システム, ムーバ, PH S 等, 最近の移動体通信の分野ではデジタル化の話題に事欠かない。プライベートシステムにおいても, 従来はアナログ方式の移動体通信に頼ってきた分野について, 今後はデジタル化が促進される下地が整いつつある。

ここ数年来, 当社を中心にプライベートシステムとしての広域移動体通信 (以下“P システム”という。) を実現すべく開発を進めてきた。1990 年にはデジタル移動体通信のパイロットシステムを世界に先駆けて稼働させ, その後改良を加えた広域システムの構築を 1991 年度末から開始して, 1994 年度末には全国的な接続を終える見込みである。

本稿では, P システムの中核として当社が手掛けた無線交換制御装置と移動機を中心に, システムの概要を紹介し, さらに無線交換制御装置を全国規模で接続する上でのかなめとなった共通線信号方式について述べる。

2. P システムの特徴

P システムは, 同時送受話方式とプレストーク方式の両方の通信方式を統合すべく開発した, 移動体通信の 1 システムである。個々の通話は, デジタルであるがために可能な高度な秘話機能によって秘匿性が保たれている。

無線回線 (アクセス方式は FDMA-SCPC: Frequency Division Multiple Access-Single Channel Per Carrier) を含む移動機-無線交換制御装置間, 及び無線交換制御装置相互間の通話路は 8 kbps で伝送し, その間の音声信号には当社独自の APC (Adaptive Predictive Coding: 適応予測符号化) 系コーデックで符復号処理を施している。

移動機は, ゾーン (ある基地局がカバーするサービスエリア) 間を移動するときに新旧ゾーンを制御する無線交換制御装置が変わったことを知ると位置登録を行う。これにより, 移動機はその所在するゾーンを意識する (される) ことなしに発着呼が可能となる。加えて通話中のチャンネル切換えによるゾーン間移動 (ハンドオーバー) を始め, 豊富なサービスが利用できる。また, 移動機は必要に応じて無線交換制御装置から指定されてプレストーク通信系に移行し, 移動に伴って自動的に対象ゾーンを拡張しながら 1 対 n の通話を行う。

3. P システムの構成

3.1 ネットワーク構成

図 1 に示すように, P システムの無線交換制御装置は, 全国のサービスエリアを 8 つのブロックに分けて 52 式でカバーするように設置する。それぞれのブロック内では, 1 式の無線交換制御装置を中心に各無線交換制御装置がスター型のネットワークを形成し, さらに各スターの中心となる無線交換制御装置同士がトライアングルを構成するように, 全国にわたって相互に接続する。無線交換制御装置間は, 8 kbps の音声回線 (64 kbps 単位に多重化される。) と各種サービス制御用の共通制御線で結ぶ。

3.2 無線交換制御装置を中心とする基本構成

P システムは, 図 2 に示すように無線交換制御装置とその下位に収容される複数の基地局設備, 及び車載型の移動機を基本に構成され, 無線交換制御装置と基地局設備との間は多重化装置を介してマイクロ多重回線やリンク回線で接続する。

無線交換制御装置は, デジタル PBX “MELSTAR ES 2700” をベースとする交換制御部と無線回線制御部から成り, 二重系である交換制御部の制御系には 2 台の保守コンソールを, またデジタル電話機から提供されるコンピュータインタフェース “UFOI” (User Friendly Open Interface) には, P システム特有のサービス運用を支援する 3 台のパソコンを, それぞれ接続している。さらに, 交換制御部はプライベートネットワークの既設有線交換機と接続され, 有線端末 (アナログ電話機) と移動機との発着呼を中継する。

基地局設備として, 本部側と対向する多重化装置の下位に制御回線分配装置 (制御回線 1 本と代行用の通話回線 2 本との切換えを行う。), 基地局用無線装置 (制御回線用と複数の

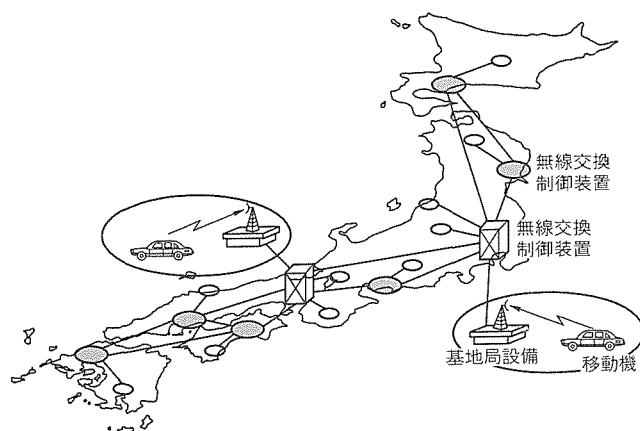


図 1. P システムのネットワーク構成

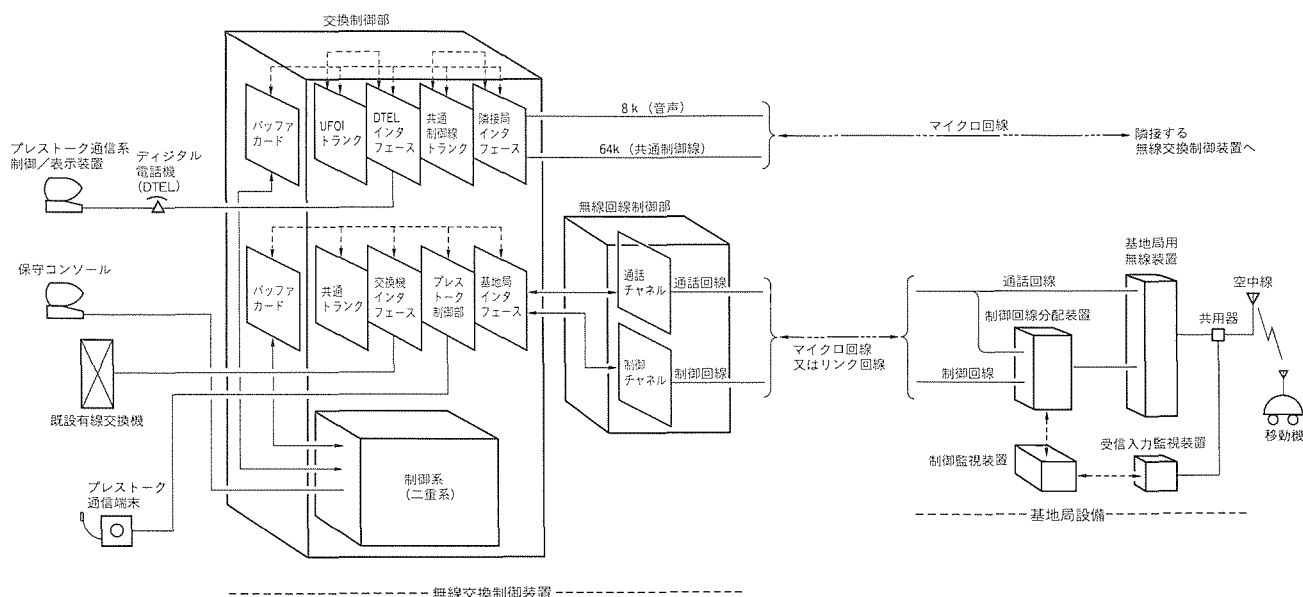


図2. Pシステムの基本構成

通話回線用)、空中線共用器及び空中線を配置し、移動機からの上り電界強度を測定する受信入力監視装置を空中線共用器に接続する。さらに、これらを無線交換制御装置から監視/制御するために制御監視装置を設置する。

移動機は、車載時には制御部/無線線をトランク内に、ハンドセットを車内のクレイドルにそれぞれ取り付けて運用されるが、電池搭載時には肩掛け携帯も可能となる、いわゆる車携帯型となっている。

4. Pシステムの機能

Pシステムでは、基地局は基本的に能動的な制御を行わないため、システムとしての機能の大部分は無線交換制御装置と移動機で実現しているといえる。この章では、無線交換制御装置から見た機能を中心に述べる。

4.1 端末クラスと通話クラス

移動機を始め、各端末にはA～Cの端末クラスを割り当てており、その端末クラスと通話の形態によって、当該端末がかかわる通話のクラスを決定する。各端末の登録時には、接続規制クラス(局線発信や市外発信等の規制)や各種サービスの適用可否、及び端末クラスとの組合せで決まる48種のサービスクラスのうちの一つを設定する。

4.2 サービス機能

(1) 呼接続に関する機能

移動機の発着呼やゾーンへの流入等に際し、ふくそう(輻輳)によって当該移動機に新たな通話チャンネルを割り当てられない場合、より低位なクラスの通話を切断して通話チャンネルを確保する機能を提供する(優先接続)。また、移動機からあらかじめ着信の転送先を登録しておくことが可能である(不在転送)。

(2) 通話中の各種サービス

通話中の移動機が相手話者をいったん保留し、第三者を呼び出した後に相手を交互に切り換えながら通話したり(相手切換え)、そのまま3者会議に移行することが可能である(会議通話)。なお、会議での音声の混合は、無線交換制御装置内でいったんアナログに戻してから処理する方式とした。

通話中の割込みが許可された端末に着信があれば、通話音に重畳された着信喚起音で通知されるので、相手を保留して第三者に応答することができる(通話中着信)。

(3) ホットライン機能

特定の端末からの設定により、移動機-移動機、又は移動機-有線端末間に常時通話回線を保持し続ける運用を可能とする(ホットライン)。

ホットライン運用では、端末がオンフックしても回線は解放されず、オフフックにより、相手をリングで呼び出すことができる。

(4) ハンドオーバー機能

ハンドオーバー(一般的にはハンドオフとも言う。)の実現方式には、システムによって幾つかのバリエーションがあるが、Pシステムでは移動機からの上り電界を基地局で測定し、無線交換制御装置が電界劣化を検出することでハンドオーバーシーケンスを起動している。無線交換制御装置は、周辺基地局に上り電界測定指示を出し、その結果に基づいて移動機に対してはハンドオーバー条件を満たす基地局の通話チャンネルへ切り換える指示を出す。なお、ホットラインのオンフック中は基地局で上り電界を測定できないため、移動機側で下り電界を測定し、ハンドオーバー要求を上げる方式をとっている。

(5) プレストーク通信機能

Pシステムを特徴付ける機能の一つとして、複数の移動機が一つの通話チャンネルを共有するプレストーク通信機能が挙げられる。通常移動機は、同時送受話方式の通信系の中で運

用されているが、無線交換制御装置の UFOI に接続した専用パソコンから指定された移動機については、指定ゾーン内の指定通話チャンネルで随時プレストーク通信系に移行する。そこでは、端末が上げたプレス信号が無線交換制御装置の先取り判定回路に導かれ、プレス信号に対応して先取りされた通話は、他の n 台の端末で同時に聞くことができる。

プレストーク通信系にあっては、通常のハンドオーバーができないため、移動機が主体でゾーン切換え、又はゾーン拡張要求を行う。

4.3 保守運用機能

無線交換制御装置の各制御系に接続した保守コンソールは、移動機を含む各種データの設定／登録や、基地局の各機器を含む各部位への試験起動と、状態／障害の表示等に使用する。また、無線交換制御装置の UFOI に接続した専用のパソコンでは、プレストーク通信系の設定が行えるほか、同通信系の状況表示やホットラインの状況表示がリアルタイムに行える。

4.4 障害対処機能

無線交換制御装置間を結ぶ共通制御線は、二重化／2 ルート化しているが、2 本とも障害となった場合は、う (迂) 回ルートを採用する。

無線交換制御装置の制御系は、ホットスタンバイの二重化構成をとり、運用系の障害によっていわゆるフェーズ 0.5 の切換えが行われるとき、通話中の呼を救済する。

基地局では、制御回線の基地局用無線装置で検出し、無線交換制御装置に通知した妨害が一定時間継続したり、障害が発生すると、無線交換制御装置からの指示により、制御回線分配装置で代行用の通話回線 1 又は通話回線 2 への切換えを行う。

5. 移動機の機能と構成

5.1 機 能

移動機は、一般の自動車電話機と同様、無線機本体とハンドセット (車載時はクレイドルを介して無線機本体と接続) で構成されており、操作はすべてハンドセットから行うことができる。ハンドセットには、テンキーのほかに LCD 表示器、ボリュームや各種スイッチが付いており、キー操作の確認や音量調整、又は現在サービスエリア内にいるかどうかの確認等が容易にできる。また、リダイヤル機能や短縮ダイヤル機能を持ち、操作性の向上を図っている。

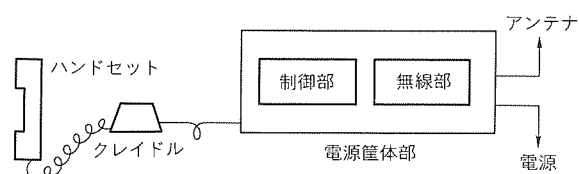


図 3. 移動機の構成

さらに、受信電界強度が低下したときや相手につながるまでの待ち時間等に、使用中の状況を知らせるためのトーンが 15 種類用意されており、ユーザが安心して使えるよう工夫を行っている。

5.2 性能／諸元

(1) 無線周波数帯	400MHz
(2) 送信出力	10W
(3) 通信方式	FDMA-SCPC
(4) チャンネル間隔	12.5kHz
(5) 変復調方式	4 相位相変調
(6) 伝送速度	8kbps
(7) 音声符号化方式	APC 系
(8) メリット	無線回線ビット誤り率 2×10^{-2} で メリット 3 以上

5.3 無線回線制御方式

発着呼、位置登録、ハンドオーバー等を制御するチャンネルは、通話チャンネルとは別に 1 ゾーン当たり 1 チャンネル設け、スロットアロハ方式による制御を行っている。携帯使用時の待ち受け状態では、呼び出されるスロットを制限することで電池の消費を削減している。

5.4 構 成

移動機は、図 3 に示すようにハンドセットと本体 (無線部、制御部、電源きょう (筐) 体部) から構成される。図 4 に制御部の詳細構成を示す。制御部回路の実現に当たっては、当社で開発した 24 ビットの DSP 2 個をはじめ、カスタム LSI 6 個、当社 16 ビット CPU 6 個を用いている。

6. 共通線信号方式

6.1 共通線信号方式への要求機能

各地に配置された無線交換制御装置を接続し、移動機の位置登録や移動に伴うハンドオーバー、及びプレストーク通信機能等のサービスをネットワーク全体にわたって提供するためには、無線交換制御装置間の信号方式が重要となる。

P システムにおける無線交換制御装置間の信号方式に対し

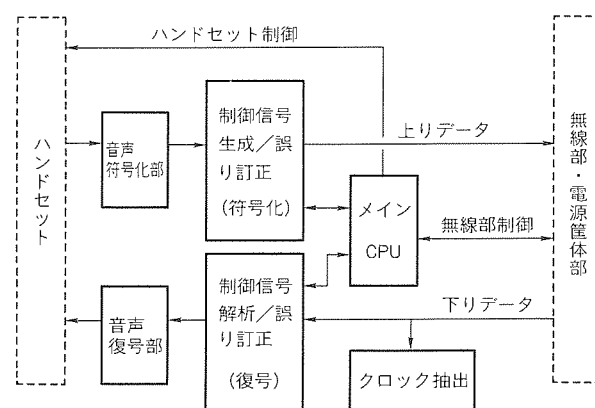


図 4. 移動機制御部の構成

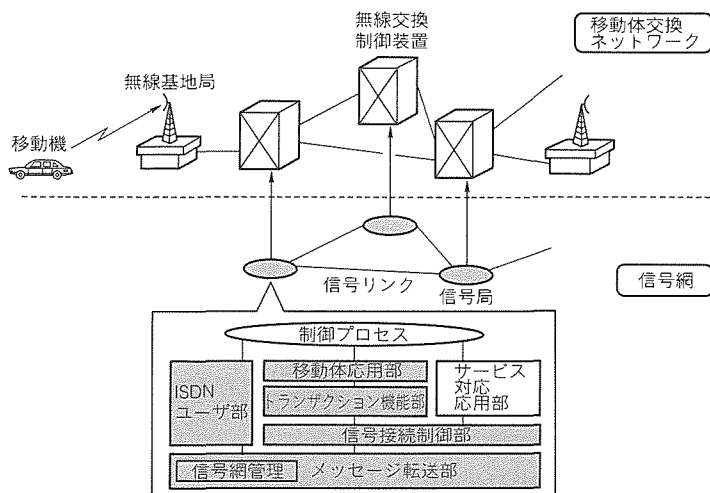


図5. 信号網とプロトコルスタック

ては、位置登録等の移動体通信特有の信号や、プレストーク通信系設定信号等の通話回線接続とは直接関係しない信号を送受する機能の実現と、52からなる無線交換制御装置間での自律分散的な信号送受機能の高信頼度化が要求される。

Pシステムでは、上記要求を満たし、国際標準ともなっているITU-Tで勧告化されたNo.7共通線信号方式を採用した。以降では、共通線信号方式について説明する。

6.2 共通線信号方式の実現

(1) 移動体通信サービスの提供

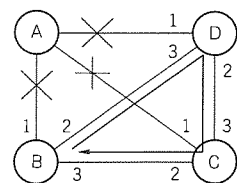
No.7共通線信号方式では、信号網は、無線交換制御装置に実装されて信号プロトコルを制御する信号局と、信号局間を接続する信号リンクから構成され、信号網が通話回線網とは分離しているため、通話回線接続に対応しない信号の送受が可能となる。信号網の構成と信号方式のプロトコルスタックを図5に示す。

ここでは、メッセージ転送部及び信号接続制御部が、汎用的な信号の送受機能を持っており、その上に位置登録処理やハンドオーバー処理等移動体通信特有のサービスを制御する移動体応用部や、プレストーク通信機能等のシステム固有の機能を制御するサービス対応の応用部を設け、独自の付加サービスを追加できる構造として拡張を容易にしている。

(2) 高信頼度化の実現

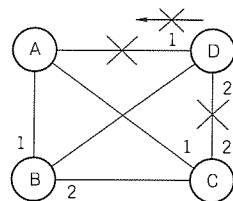
No.7信号方式では各信号局が信号リンクの障害に対処するため、あて先となる信号局対応に2本の信号リンクを設けるとともに信号送信に使用する信号リンクの選択順位を含むルーチングデータを持っており、信号網に障害が発生した場合にはこのデータに基づき独自に迂回の信号ルートを決定する。

ITU-T 勧告による信号網管理の手順では、ルーチングデータの定義によっては、信号ルートにループが発生(図6)したり、信号の片方向通信が発生(図7)する問題があり、これらに対処する必要がある。一例として、四つの信号局が

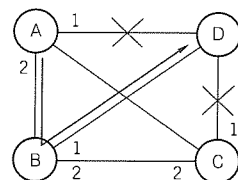


図内数字は、信号局Aへの信号リンクの選択順位
信号局B, D, CでAへの信号がループ

図6. 信号ルートのループ



図内数字は、信号局Aへの信号リンクの選択順位
D局からA局へはアクセス不可



図内数字は、信号局Dへの信号リンクの選択順位
A局からD局へはB局経由でアクセス可

図7. 信号ルートの片方向通信

らなる完全メッシュ構成の場合、ルーチングデータ定義をどのように決定しても、信号ルートのループと片方向通信を同時に排除することは不可能である。

そこで、Pシステムにおける信号網管理では、まず信号ルートにループが発生しないようにルーチングデータを定義した後に、片方向通信を無視することによってこれらに対処した。

7. む す び

以上、当社が中心となって開発し、プライベートシステムとして実現した広域ディジタル移動体通信システム(Pシステム)について紹介した。

現在Pシステムでは、200cm³程度の携帯機端末の実用化を進めており、これを収容する小ゾーンが新たに設置される計画である。システム的には、従来の車載機を収容する大ゾーンと、前記小ゾーンが混在するようになり、両ゾーン間を緩くリンクさせて移動機の往来を許容する必要があるため、無線交換制御装置や移動機はシステム設計の原点に立ち返ってソフトウェアの制御方式を再構築している。併せてデータ伝送(特にファクシミリ伝送)を可能とする機能追加も行う予定である。

今後はPシステムで培った技術を他のシステムにも応用し、有線/無線を統合する分野での一つのあるべき姿を示し続けられるよう努力する所存である。

移動体衛星通信システム

青木克比古*

1. ま え が き

移動体衛星通信は、従来国際的な移動通信として、主としてインマルサット (International Maritime Satellite Organization: INMARSAT) によって海上、航空及び陸上通信サービスが供せられてきた。その後の静止衛星の大型化・高出力化に伴って地球局の経済化・小型化が図られ、1995年にはアメリカ・カナダで MSAT (Mobile Satellite) による本格的な移動体衛星通信システムが稼働する計画である。一方、将来的にはパーソナル通信を目指し、衛星利用による FPLMTS (Future Public Land Mobile Telecommunication Systems) の実現が見込まれている。

ここでは、北米を中心とした海外の各種移動体衛星通信システムの現状とその動向を、さらには当社の衛星移動端末 (MT) の技術的特長を述べる。

2. 移動体衛星通信の特長

船舶、自動車、航空機等の移動体を対象とした通信は、現在まで地上系による無線通信に大きく依存してきた。しかしながら、衛星系による移動体との無線通信は地上系に比べて以下の特長を持っており、今後の発展が期待される。

(1) 広域性

現在の地上系では無線基地局 1 局でカバーできる区域は、市街地の自動車電話で半径 3 ~ 10 km、沿岸無線電話で沿岸 50 ~ 100 km と限られている。これに対し、衛星系は衛星ビームのカバレッジエリアに対応する極めて広い区域を対象に通信サービスが可能となる (1 個の衛星で地球のほぼ 1/3 をカバーできる。)

(2) 同報性

上述の広域性を利用し、サービスエリア内に散在する多数の移動端末に対して同時に同一内容の情報を伝送できる。

(3) 耐災害性

地上系と異なり地上に中継設備を必要としないので、地震・台風等の災害の影響を受けにくい。なお、衛星系では衛星及び地上の基地局はそれぞれ冗長構成となっており、不測の事態に対応する。

(4) システム構築・変更の柔軟性

一般に衛星中継器は、単なる周波数変換と電力増幅の機能を持った中継器であるので、回線制御方式や通信方式の変更に対して地球局の変更でのみ対応可能であり、広帯域信号の

伝送、デジタル化などの新規サービス又は既存地上系との統合などに柔軟に対応できる。

3. 移動体衛星通信システムの現状と動向

3.1 移動体衛星通信用周波数割当て

移動衛星業務用の周波数分配に関して、WARC (世界無線通信主管庁会議) において 1987 年の WARC-MOB と 1992 年の WARC-92 の会議で世界的に定められた⁽¹⁾。特に WARC-92 では将来の統合的移動通信システム FPLMTS を想定し、移動無線通信全体での周波数分配が検討され、衛星通信では従来の周波数帯の 1.6 / 1.5 GHz 帯、2.6 / 2.5 GHz 帯 (日本が含まれる第 3 地域のみ) のほかに、新たに 140 / 130 MHz 帯、300 MHz 帯、400 MHz 帯、2.4 / 1.6 GHz 帯及び 2.6 / 2.5 GHz (2005 年から第 1 及び第 2 地域に) が分配された。また、2.0 及び 2.1 GHz 帯が FPLMTS に分配された。

ここで新たに追加された周波数帯は、主として周回衛星を利用する LEO (Low Earth Orbit) に分配されたものである。図 1 に 1 ~ 3 GHz 帯での移動体衛星通信用の周波数割当てを示す。

3.2 移動体衛星通信システムの現状と動向

ここでは、北米を中心とした海外の移動体衛星通信システムの現状と動向を述べる。ここでは、GEO (Geostationary Earth Orbit) による移動体衛星通信システムである。

(a) 国際的な総合移動体衛星通信システム: INMARSAT⁽²⁾

(b) 米国/カナダの総合移動体衛星通信システム: AMSC (American Mobile Satellite Corporation) / TMI (TMI Communications) による MSS (Mobile Satellite System (以下“MAST”という。))⁽³⁾

(c) 米国内のメッセージ通信システム: Omni-TRACS と LEO による移動体衛星通信システムであるイリジウム計画、また ICO (Intermediate Circular Orbit) による移動体衛星通信システムである INMARSAT のプロジェクト 21 計画を取り上げる⁽⁴⁾。

(1) INMARSAT システム

1992 年現在、加盟国 55 개국以上で 22,000 局以上が稼働中である。衛星は静止衛星 11 個とし、大西洋、インド洋、太平洋に配置され、ほぼ全世界の地域をカバーしている。衛星通信システムとして第二世代の運用・サービス中であり、

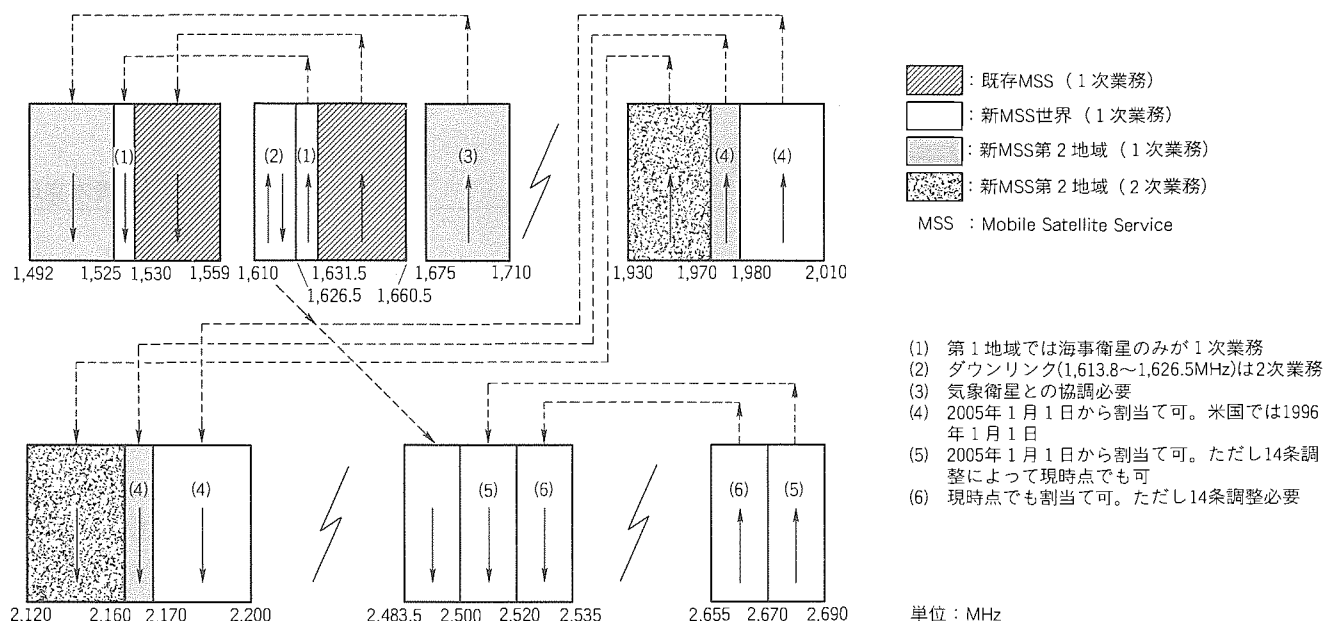


図1. WARC-92の1～3GHzでの周波数割当て

INMARSAT-A, B, C 及び M と呼ばれる各種標準地球局によって電話・テレックス・ファクシミリ・データの通信サービスを行っている。

INMARSAT は、海上における遭難及び人命の安全にかかわる通信、海上での公衆通信などの改善に貢献することを目的として1979年に設立された国際機関であり、1982年に海事衛星通信サービスを開始した。その後1985年には航空衛星通信サービスを、さらに1989年には陸上移動体通信(長距離トラック、鉄道など)に対しても通信サービスが提供できるように条約・運用協定を改定した。これにより、制度上、陸・海・空すべての移動体衛星通信サービスを提供できるようになり、現在までにこの三つのサービスの実運用がなされている。

INMARSAT システムは、海岸局、通信網管理局、運用管理局、移動地球局 (INMARSAT 標準地球局 A 型、B 型、C 型、航空機用及び M 型) から構成される。周波数帯は、移動地球局-衛星間 (モバイルリンク) 1.6 / 1.5 GHz 帯、海岸局-衛星間 (フィードリンク) 6 / 4 GHz 帯を使用する。音声・データ通信は、SCPC (Single Channel Per Carrier) / FDMA (Frequency Division Multiple Access) 方式で、アクセス方式として DAMA (Demand Assignment Multiple Access) 方式を採用している。

(2) MSAT システム

MSAT システムは、米国とカナダが共同で北米全土に移動体衛星通信サービスを行うことを目的として進めている計画である。1986年米国連邦通信委員会 (FCC) が陸上移動衛星通信に L バンドの割当てを決定したことをきっかけに、米国では、FCC はヒューズ、マッコーウ等 8 社のコンソーシアムによる移動体衛星通信事業会社 AMSC に移動体衛星通

信のライセンスを付与した。AMSC は、その後1990年に衛星を発注し、1995年 ATLAS で打上げを予定している。一方、カナダではカナダ通信省 (DOC) が1984年に MSAT を商業システムとすることを決定し、TELESAT CANADA を事業主体として TMI が設立され、その後1990年 AMSC と同一の設計の衛星を発注し、1995年 ARIANE で打上げを予定している。AMSC と TMI は、1985年の相互協力協定に基づき衛星を互いに補完することになっている。

MSAT システムでは2個の静止衛星 (AMSC, TMI 各1個) が西経101度と106度に配置され、各々の衛星の所有する6個のビームで北米本土及び200海里をカバーする。通信サービスとして音声 (電話)・ファクシミリ・データを提供する。このシステムは、基地局 (FES)、網制御局 (NCC)、運用統制局 (NOC) 及び移動端末 (MT) から構成される。音声・データ通信は、SCPC / FDMA 方式でアクセス方式は、DAMA 方式である。ネットワーク構成を図2に示す。

このシステムの特長は約5mの大型アンテナを搭載し、衛星 EIRP を 55dBW (INMARSAT II に比べ約50倍) の大型衛星とすることにより、地球局を経済化・小型化できる点にある。

(3) Omni-TRACS システム

米国 Qualcomm Inc. が1989年に FCC から事業免許を受け、主としてトラック業界向けの双方向のメッセージ通信サービスを開始し、1994年現在全米で70,000台以上のユーザを確保している。衛星は自前の衛星ではなく既に打ち上げられている Ku バンド (14/12 GHz) の通信衛星を使用している。このシステムは、Ku バンドによるデータ通信専用 (双方向メッセージ通信サービス・位置情報サービス) の移動体衛星通信システムである。Omni-TRACS システムは、

基地局、網管理局及び移動端末 (MT) から構成される。データの通信方式／アクセス方式は、SS (Spread Spectrum)／CDMA (Code Division Multiple Access) である。

(4) イリジウムシステム

イリジウムシステムは、米国モトローラ社が提案している LEO を用いた移動体衛星通信システムであり、高度 780km の極軌道に 66 個の衛星を打ち上げ、ほぼ全世界をカバーする計画である。周波数は 1.6GHz を使用する。このシステムの特長は、世界中のどこでも使える携帯型の移動端末の実現を目指している点である。また、端末は地上セルラとのデュアルモード機能を持たせることを想定している。ただし、このシステムの課題は、衛星間通信／衛星内交換などの新技術開発、多額の初期投資などである。

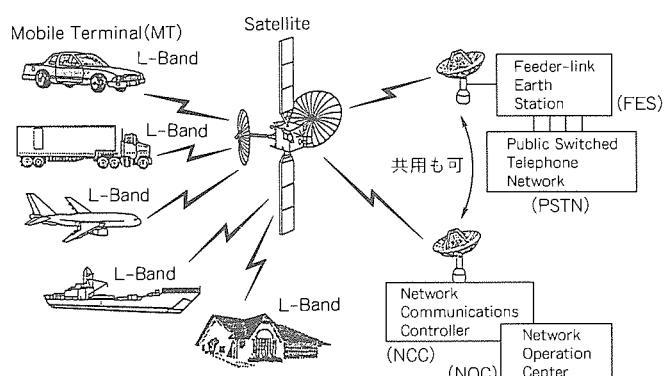


図 2. MSATシステム全体概念

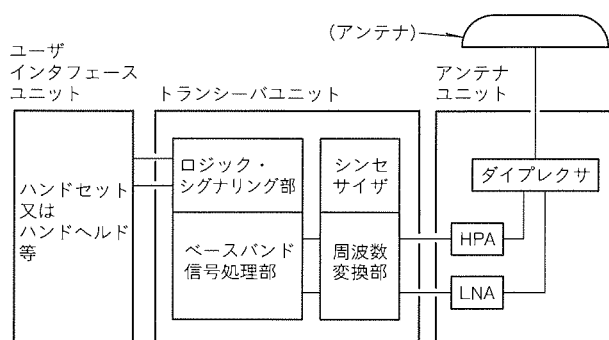


図 3. MTの基本構成

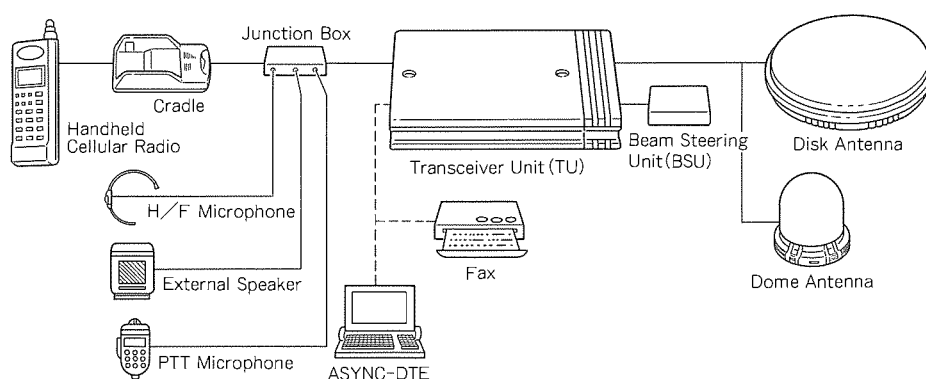


図 4. MTの外観・構成

(5) プロジェクト 21

INMARSAT は 1992 年、次期システムとしてイリジウム計画に対抗して携帯型の移動端末 (INMARSAT-P) を開発する計画を明らかにした。最近、衛星として ICO 型とすることが決定した。周波数として L 又は S 帯を検討している。また、端末はデュアルモード機能を想定している。

4. MSATシステム

当社は MSAT システムの衛星移動端末 (MT) などの開発・製造・販売のため、事業開発センターを設立した。

以下に、MSAT システムの構成とその機能及び当社の MT の技術的特長を述べる。

4.1 MSATシステムの構成とその機能

MSAT システムは前章で述べたとおり、FES、NCC、NOC 及び MT から構成される。ここで FES と衛星間及び NCC と衛星間のそれぞれのフィーダリンクは Ku (10/13GHz) 帯を、MT と衛星間のモバイルリンクは L (1.6 / 1.5 GHz) 帯をそれぞれ使用している。ここで、地上の PSTN (Public Switched Telephone Network) から MT を呼び出す場合を例にとり、このネットワークの概要を述べる。

発呼者は、相手の電話番号をダイヤルすると、その呼は PSTN を経由して FES に接続される。FES は MT の初期認証を行い、NCC に呼の接続要求を行う。NCC は呼び出された MT が空き状態にあるか確認する。一方、NCC は同時に衛星の回線状況を確認し、それらが確認できれば、シグナリングチャンネルで対象とする MT 群に向かって一斉に呼出しをする。該当する MT は、あらかじめ決められたタイムスロットで応答する。このときもシグナリングチャンネルを使用する。NCC では MT からの応答を受けて衛星回線のチャンネル番号を MT と FES に通知する。MT と FES は、それに対応する周波数に合わせ、通信を開始する。さらに、不正使用を避けるための最終認証手順を踏んだ後、実際に通話が始められる。終話すると FES は NCC に終話メッセージを送り、かつ NOC に課金情報を送る。MT 発呼の場合も PSTN 発呼の場合と同様であり、MT が NCC に対して

シグナリングチャンネルを使いランダムアクセスで接続要求を出す。以下、PSTN 発呼と同様である。

4.2 MTの構成と

その主要性能・諸元

MT はモバイルテレフォンサービスと呼ばれる電話、ファクシミリ及びモバイルラジオサービスと呼ばれるデータのサービスに供され、アンテナ、トラン

シーバ及びユーザインタフェースの各ユニットから構成される。アンテナユニットは、L帯のRF信号の送・受信を、トランシーバユニットは周波数変換、ベースバンド（音声・フ

ァクシミリ・データ）信号処理及び通信制御を、ユーザインタフェースユニットはハンドセット、セルラハンドセットなどユーザとのインタフェースをそれぞれつかさどる部分である。

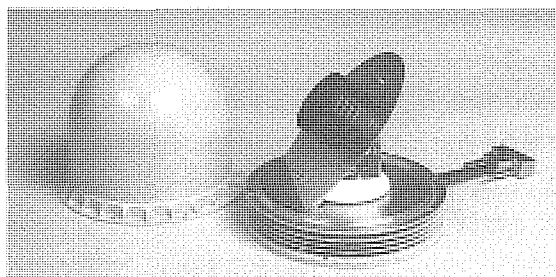
図3にMTの基本構成を、図4に外観・構成を示す。

4.2.1 アンテナユニット

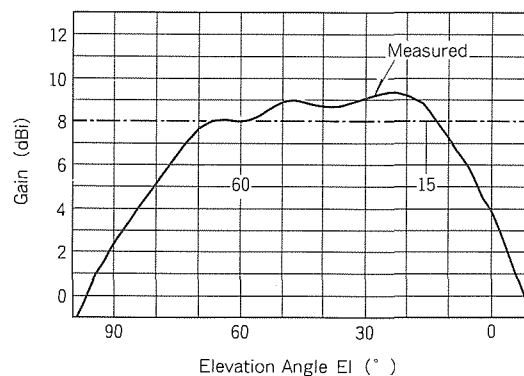
アンテナには大別すると、中利得型及び高利得型の2種類の採用が予定されている。表1に各方式の詳細を示す。当社独自の中利得型アンテナとしてドーム型及びアンテナの外観・性能を図5に示す⁽⁵⁾。なお、上記のアンテナにダイプレクサ、H PA 及び LNA を組み合わせてアンテナユニットを

表1．MSATシステムの各種アンテナ方式

区 分	中 利 得 型	高 利 得 型	備 考
アンテナ利得 (dBi)	8	12	
アンテナ方式	1 素子ヘリカル又は 10素子スロット	3 素子ヘリカル	
サイズ (ノミナル)	160mmドーム形状又は φ300mmディスク形状	φ450mm フラット形状	
G/T (dB/K)	-16	-12	(最低値)
EIRP (dBW)	12.5	12.5	(最低値)



(a) ドーム型 アンテナの外観



(b) ドーム型アンテナの利得特性

図5．中利得型アンテナの外観・性能

表2．MTの主要性能・諸元

区 分	中 利 得 型	高 利 得 型
項 目		
電 気 的 性 能	周 波 数	送信 1,626.5~1,660.5MHz 受信 1,525.0~1,559.0MHz
	偏 波	RHCP (送受とも)
	G/T (dB/K)	-16 -12
	EIRP (dB/K)	12.5 12.5
	仰 角	15~60°
	チャンネルスペース	6.0 kHz
	周波数ステップ	500Hz
	位相雑音	-65dBHz (1 kHz離調で)
	チャンネルレート	6.75 kbps
	変 調	QPSK (60% Filtered)
機 械 的 性 能	B E R	音声に対し、Ricianフェージング下で 1×10^{-2} 以上 (C/N_0 : 47.3 dB/Hzで)
	ボイスコーデック	IMBE (6.4 kbps)
	データポート	非周期 (2,400bps/4,800 bps)/シリアル
	ファクシミリポート	G-III (2,400 bps)
	移動体動作	自動車について、速度 150 km/h、加速度 4.9 m/s^2 (0.5 G) 回転速度 60°/s、回転加速度 $20^\circ/\text{s}^2$
	環 境 設 計	-30~+55°C (Operating) -40~+85°C (Survival)
	荷 重	●ドーム型アンテナ (中利得) : 0.14 N{1.4 kgf} ●トランシーバユニット : 0.18 N{1.8 kgf}
	寸 法 (mm)	●ドーム型アンテナユニット : (D)172×(H)167 ●トランシーバユニット : (D)304×(W)203×(H)50

構成している。また、ドーム型アンテナには衛星追尾のためビームステアリングユニット (BSU) が具備されている。

4.2.2 トランシーバユニット

このユニットは、図3に示すようにシンセサイザを局発とする周波数変換部 (RF と IF, IF とベースバンド)、フレーム処理・デジタル変復調回路等から構成されるベースバンド信号処理部及びロジック・シグナリング部から構成されている。表2にアンテナユニットと組み合わせた性能・諸元を示す。特長としては、

- (1) 当社独自の遅延検波方式を採用することにより、ライスフェージング下での BER 特性として C/N_0 が 47.3 dB/Hz の場合 1×10^{-2} 以下を得ている⁽⁶⁾。
- (2) 500 Hz の周波数ステップでの周波数切換えが可能であり、送信系でのキャリアから 1 kHz 離れた周波数での位相雑音は -65 dB/Hz 以下である。
- (3) MBE (Multi Band Excitation) 方式のハーフレートに相当する 6.4 kbps のデジタル音声を 6.75 kbps のチャネルレートで QPSK 変調している。

などが挙げられる。

5. む す び

移動体衛星通信システムとして、従来 INMARSAT によるサービスが代表的であったが、1995 年には北米で本格

的な移動体衛星通信システム MSAT システムの稼働が予定されている。ここでは、この MSAT システムの概要と当社の衛星移動端末の技術的特長を述べるとともに、現在計画中の移動体衛星通信システム及びその技術動向を述べた。

参 考 文 献

- (1) Rush, C. M. : How WARC '92 Will Affect Mobile Services, IEEE Comm. Magazine, Oct. 90 ~ 96 (1992)
- (2) 小嶋 弘 : 移動体衛星通信の技術開発, 国際衛星通信時代, No.32, 37 ~ 57 (1993)
- (3) Fong, K., Churan, G. : Mobile Earth Terminals in The AMSC Mobile Satellite Service System, AI AA-94-0941-cp, 245 ~ 255 (1994)
- (4) 日経コミュニケーション : イリジウム vs インマルサット, 32 ~ 37 (1993-7-5)
- (5) Matsunaga, M., Konishi, Y., Ohtsuka, M., Morimoto, E. : Vehicle Antennas for L-Band Mobile Satellite Communications Systems Using MSAT, ICPMSC '94 (1994)
- (6) 小島年春・三宅 真・藤野 忠 : 差動 PSK 信号位相の系列推定を行う遅延検波方式, 信学論 B-2, J76-B-2, No.10 (1993)

移動体通信を支える要素技術 その1

—小型携帯電話用アンテナ技術—

吉川幸広*
遠藤 勉*
砂原彦**

1. ま え が き

携帯電話用アンテナなどの波長オーダーのきょう(筐)体に取り付けられたアンテナは、筐体の影響を強く受け、アンテナ単体の放射特性とは異なったものとなる。また、最近の携帯電話の小型化競争に伴いアンテナの小型化が必要となっている。しかしながらアンテナが小型になると、人体の影響を受けやすくなり、放射効率が低下するなどの問題が生じる。

したがって、このようなアンテナを設計する上で、筐体込みのアンテナ特性を解析する技術、及び人体の影響を解析する技術が重要なキー技術の一つとなる。筐体込みのアンテナ特性を解析する方法として、モーメント法が広く使われている。モーメント法は、線状アンテナの解析に有効な数値解法であり、これを筐体込みのアンテナに応用している。

また、人体の影響を解析する方法としては、モーメント法などの数値解法と GTD (Geometrical Theory of Diffraction: 幾何光学的回折理論), PO (Physical Optics: 物理光学法) などの幾何光学的解法がある。

ここでは、筐体込みのアンテナ特性解析手法としてモーメント法を用いた場合、人体の影響解析手法として GTD 及び PO を用いた場合のアンテナ放射特性について述べる。

2. 筐体込みのアンテナ特性解析

2.1 線状アンテナにおけるモーメント法⁽¹⁾

図1に示すように $s = s_v$ の周囲のごく狭い間げき(隙)に給電された線状アンテナを考える。このときアンテナ表面で $(E_t + E_s) \cdot \hat{s} = 0$ (1)

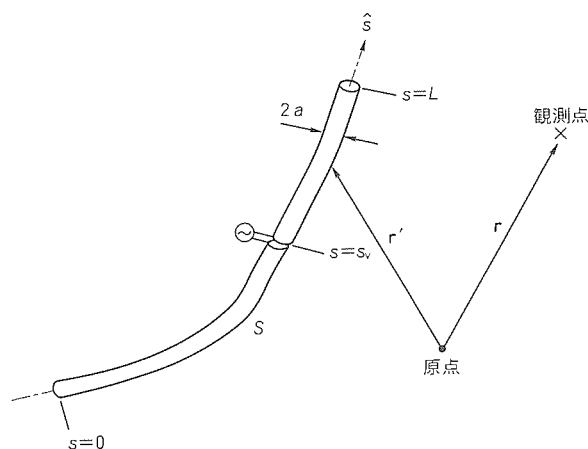


図1. 線状アンテナとその座標系

が成り立つ。ここで、 E_i は波源による励振電界、 E_s はアンテナ表面に誘起された電流 J による散乱波である。散乱波 E_s は次式で与えられる。

$$E_s = \frac{j\omega\mu}{4\pi} \iint_S \left[J(s') \phi - \frac{1}{k^2} (J(s') \cdot \nabla') \nabla \phi \right] \times ds' a d\theta' \dots\dots\dots(2)$$

$$\phi(r, r') = \frac{e^{-jk|r-r'|}}{|r-r'|} \dots\dots\dots(3)$$

式(2)の r をアンテナ表面の座標とし、給電電圧を V_0 とすると、式(1)から以下の式が得られる。

$$V_0 \delta(s-s_v) = \frac{j\omega\mu}{4\pi} \int_0^L I(s') \left(\hat{s} \cdot \hat{s}' - \frac{1}{k^2} \frac{\partial^2}{\partial s \partial s'} \right) \times K(s, s') ds' \dots\dots\dots(4)$$

$$I(s') = 2\pi a J(s') \cdot \hat{s}' \dots\dots\dots(5a)$$

$$K(s, s') = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \frac{e^{-jkR}}{R} d\theta' \dots\dots\dots(5b)$$

$$R = \sqrt{(s-s')^2 + (2a \sin(\theta'/2))^2} \dots\dots\dots(5c)$$

式(4)をモーメント法を用いて解く。図2に示すようにアンテナを $N+1$ 個の微小区間に分割し、それぞれ隣り合う2個の微小区間を単位区間とする区分的電流の総和で電流 $I(s')$ を以下のように展開する。

$$I(s') = \sum_{n=1}^N I_n f_n(s') \dots\dots\dots(6)$$

ここで $f_n(s')$ は、展開関数と呼ばれるもので、既知の関数である。式(6)を式(4)に代入し、さらに両辺に試験関数

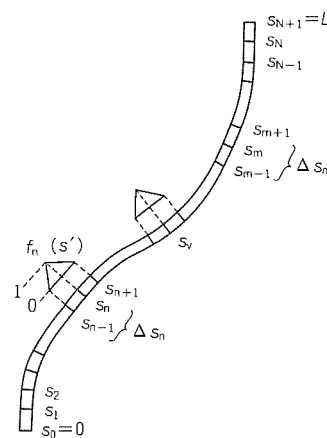


図2. 線状アンテナの分割

(重み関数ともいう) $w_m(s)$ ($m = 1, 2, \dots, N$) を乗じて単位区間 Δs_m で積分すると、以下の連立方程式が得られる。

$$[K_{mn}][I_n] = [E_m] \quad \dots\dots\dots (7)$$

$$K_{mn} = \frac{j\omega\mu}{4\pi} \int \Delta s_n \int \Delta s_m f_n(s') w_m(s) \times \left(\hat{s} \cdot \hat{s}' - \frac{1}{k^2} \frac{\partial^2}{\partial s \partial s'} \right) K(s, s') ds' ds \quad \dots\dots\dots (8a)$$

$$E_m = \begin{cases} V_0 : s_m = s_v \\ 0 : s_m \neq s_v \end{cases} \quad \dots\dots\dots (8b)$$

式(7)を解くことによって電流分布が求まり、これより、放射パターン、入力インピーダンスなどのアンテナ特性が計算できる。

試験関数 $w_m(s)$ としては、デルタ関数 $\delta(s - s_m)$ を用いる方法(ポイントマッチング法)や展開関数と同じ関数 $f_m(s)$ を用いる方法(ガラーキン法)などがあるが、ここではポイントマッチング法を用いる。このとき、式(8a)の積分次数は一つ減り次式となる。

$$K_{mn} = \frac{j\omega\mu}{4\pi} \int \Delta s_n f_n(s') \left(\hat{s}_m \cdot \hat{s}' - \frac{1}{k^2} \frac{\partial^2}{\partial s_m \partial s'} \right) \times K(s_m, s') ds' \quad \dots\dots\dots (9)$$

また、展開関数 $f_n(s')$ としては、ここでは三角形パルスの関数を用いる。

2.2 筐体に設置された線状アンテナの解析⁽²⁾

筐体に設置された線状アンテナの一例として、図3に示すホイップアンテナの解析を行う。筐体及びアンテナを図4に示すようにワイヤグリッドモデルで近似する。ワイヤメッシュの切り方は、周波数、筐体寸法によって変わるが、携帯電話用アンテナの場合、X、Y方向は2分割又は1分割(給電点付近を除く)、Z方向は3分割あれば十分である。このよ

うにして得られたワイヤグリッドモデルにおいて、前節で述べたモーメント法を適用し、グリッド接合部での電流連続性を考慮して系全体としての行列方程式が得られる。これを解くことにより、グリッド各部の単位区間の電流が求まり、この単位区間の電流からの放射電界の総和としてアンテナ全体の放射パターンが計算できる。

筐体に設置された線状アンテナの計算例として、 $L_x = 0.066\lambda$, $L_y = 0.165\lambda$, $L_z = 0.5\lambda$ の筐体に設置された $\lambda/4$ ホイップアンテナ及び $\lambda/2$ ホイップアンテナの放射パターン計算結果を図5・図8に示す。図5・図6は $\lambda/4$ ホイップアンテナ、図7・図8は $\lambda/2$ ホイップアンテナの結果であり、Y-Z面内パターンの最大値で規格化している。点線で示すのは、筐体内に発信機を内蔵して測定した実測値であり、計算値と実測値は良く一致していることが分かる。

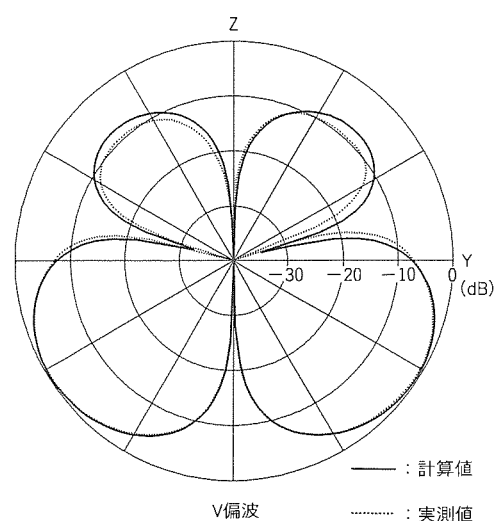


図5．Y-Z面内放射パターン
($\lambda/4$ ホイップアンテナ)

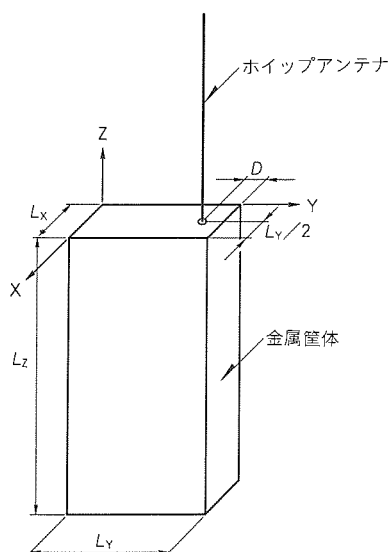


図3．筐体に設置されたホイップアンテナ

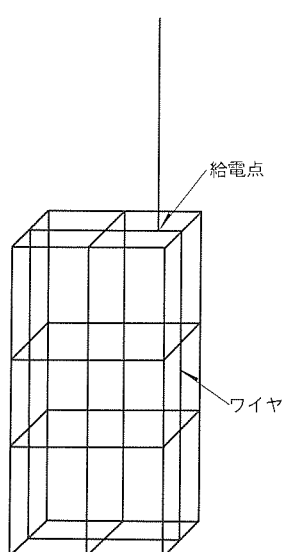


図4．ワイヤグリッドモデル

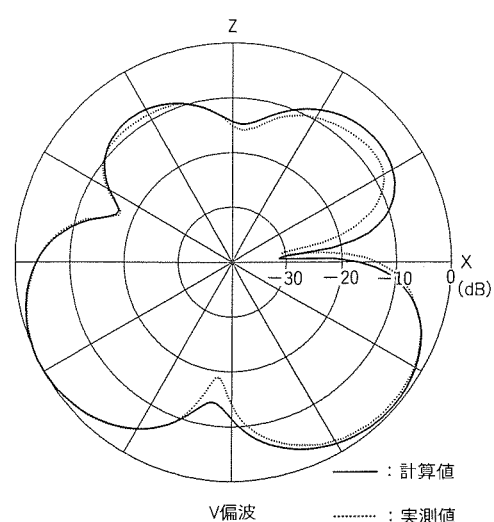


図6．X-Z面内放射パターン
($\lambda/4$ ホイップアンテナ)

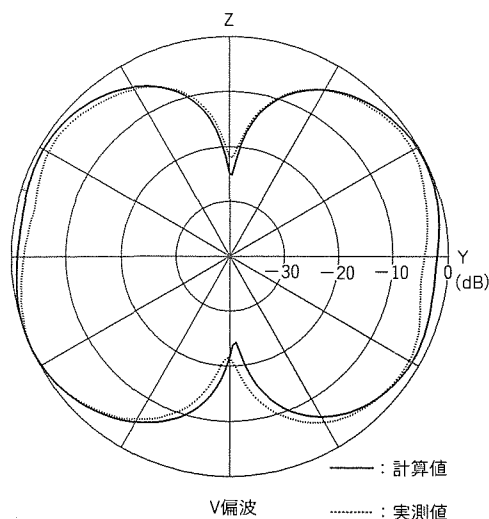


図7. Y-Z面内放射パターン (λ/2 ホイップアンテナ)

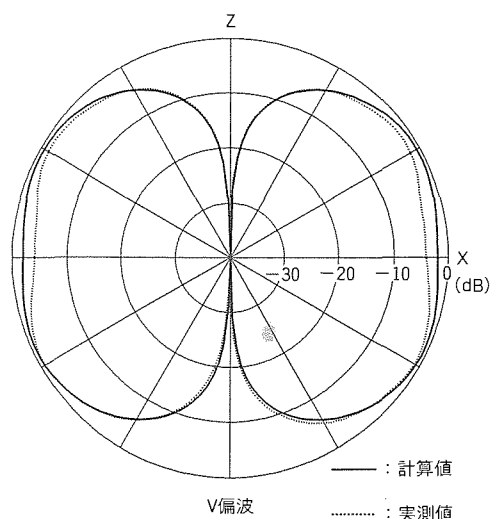


図8. X-Z面内放射パターン (λ/2 ホイップアンテナ)

3. 人体の影響解析

3.1 GTDを用いた解析⁽³⁾

人体頭部の影響解析のため、図9に示す金属球モデルを考えて計算を行った。GTDでは全放射界は幾何光学項と回折項の和で表される。幾何光学項は、図10に示すように幾何光学的に決定される直接波及び散乱体からの反射波である。回折項は、図11に示すように球を伝わるクリーピング波⁽⁴⁾である。計算結果を図12に示す。点線は、図13に示すファントムモデルでの実測結果であり、計算値と実測値は影の領域を除いて良く一致している⁽⁵⁾。

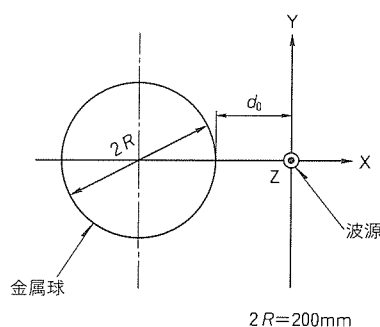


図9. 人体頭部計算モデル

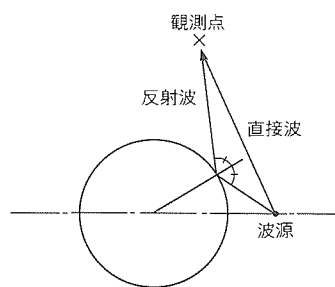


図10. 直接波及び反射波

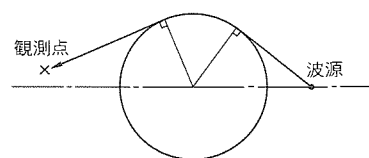


図11. クリーピング波

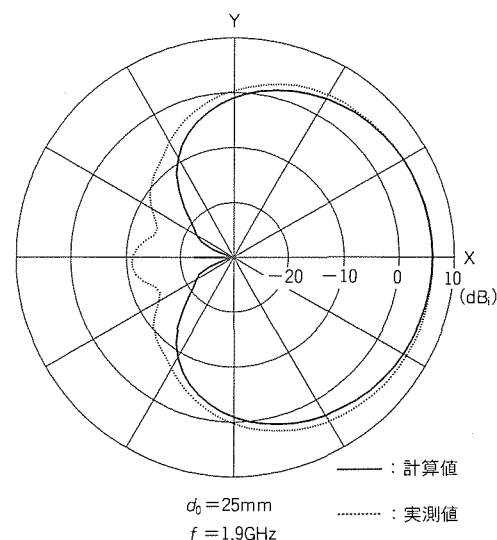


図12. X-Y面内放射パターン

この手法による問題点は、人体による損失項の扱いに工夫が必要であること、任意形状に対する適用が難しいことが挙げられる。

3.2 POを用いた解析⁽⁶⁾

POとは、散乱体表面の電磁流分布を幾何光学的に決定する手法であり、反射鏡アンテナなどの金属散乱体に対して広く用いられてきたが、誘電体散乱体に対してもPOの適用がなされている⁽⁷⁾⁽⁸⁾。今回、人体モデルへのPO適用性の基本検討として、図14に示す無限誘電体円筒における線状波源励振モデルを考え、厳密解との比較検討を行う⁽⁹⁾。

計算法の概要を以下に示す。誘電体の誘電率は十分大きいとする。このとき、波源からの入射波は大部分は反射され、一部円筒の中を通過するが、この通過波は円筒内ですべて消費されて外部に出ていかないとする。したがって、円筒表面

の等価電磁流 J_s , M_s は、波源からの入射波が円筒を直接照射する範囲にのみ存在し、それぞれ次式で与えられる。

$$J_s = \hat{n} \times (H_i + H_r) \quad \dots\dots\dots (10a)$$

$$M_s = (E_i + E_r) \times \hat{n} \quad \dots\dots\dots (10b)$$

この J_s , M_s から散乱波が計算できる。図15に放射パターンの計算結果を示す。点線で示す厳密解と $-90^\circ \leq \phi \leq +90^\circ$ の範囲で良く一致していることが分かる。影の領域で誤差が大きいののはPOの欠点であり、この改善のためには何らかの工夫が必要である。電磁流分布 J_s (A/mm), M_s (V/mm) の一例を図16に示す。厳密解と角度 20° 程度までほぼ一致していることが分かる。この結果から人体モデルへ

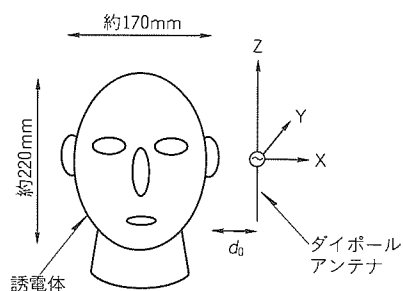


図13. 人体頭部実験モデル

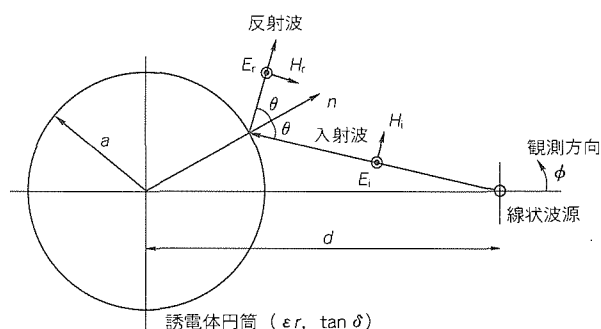


図14. 無限誘電体円筒計算モデル

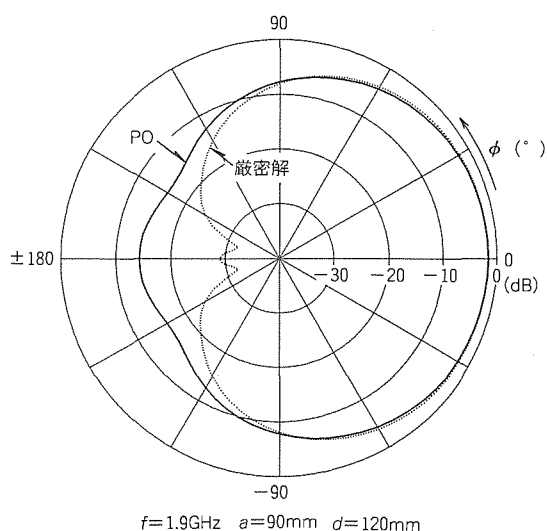


図15. 放射パターン

のPO適用可能性があることが分かる。

4. む す び

今後の移動体通信の発展に伴い、携帯電話は本格的な普及を迎え、ますます小型化の方向に向かうと予想される。このような状況で、ここで述べた解析手法は小型アンテナを設計する上で大いに役立つものと思われる。

参 考 文 献

- (1) 山下栄吉 編著：電磁波問題解析の実際，第3章，電子

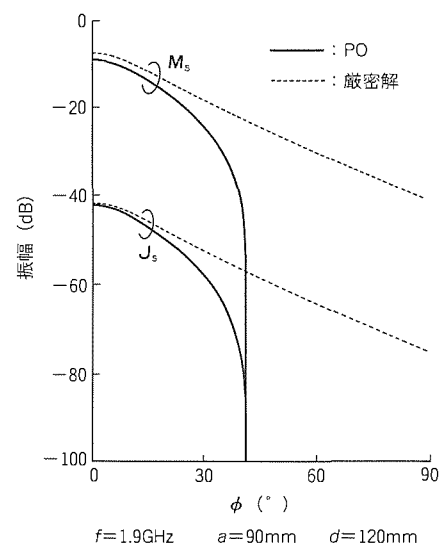


図16. 等価面電磁流振幅分布

情報通信学会 (1993)

- (2) 平沢一紘，藤本京平：直方導体に取り付けられた線状アンテナの特性，信学論 (B)，J 65-B, No. 9, 1133～1139 (1982)
- (3) 山下栄吉 監修：電磁波問題の基礎解析法，第7章，電子情報通信学会 (1987)
- (4) Pathak, P. H., Burnside, W. D., Marhefka, R. J.: A Uniform GTD Analysis of the Diffraction of Electromagnetic Waves by a Smooth Convex Surface, IEEE Trans. Antennas & Propagation, AP-28, No. 5, 631～642 (1980)
- (5) 遠藤 勉，砂原米彦，佐藤真一：人体頭部模擬ファントム近傍に置かれたダイポールアンテナの放射特性，電子情報通信学会春季大会，B-143 (1994)
- (6) 山下栄吉 編著：電磁波問題解析の実際，第4章，電子情報通信学会 (1993)
- (7) Rengarajan, S. R., Gillespie, E. S. Jr.: Asymptotic Approximations in Radome Analysis, IEEE Trans. Antennas & Propagation, AP-36, No. 3, 405～414 (1988)
- (8) Hodges, R. E., Samii, Y. R.: Evaluation of Dielectric Physical Optics in Electromagnetic Scattering, International IEEE AP-S Symposium Digest, 1742～1745 (1993)
- (9) 吉川幸広，稲沢良夫，砂原米彦：無限誘電体円筒の線状波源による散乱波の物理光学近似計算，電子情報通信学会秋季大会，SB-1-10 (1994)

移動体通信を支える要素技術 その2

—デジタル音声符号化技術—

高橋真哉*

1. ま え が き

音声符号化技術は、デジタル移動体通信を支える重要要素技術である。アナログ通信と比較して、音声符号化を用いたデジタル通信には以下のメリットがある。

- (1) 誤り訂正符号を付加することで符号誤りに対応でき、フェージング等による悪い通信路での音質に優れる。
- (2) 秘匿が容易に行える。
- (3) 低ビットレート化により、周波数の利用効率を向上できる。

周波数利用効率向上は、デジタル移動体通信の普及を保証する上で非常に重要な課題であり、このために低ビットレート音声符号化方式の開発が急速に進められている。現在、世界各地域でフルレートに次ぐハーフレート自動車・携帯電話用の音声符号化方式（音声情報 4 kbps 前後）の標準化が行われている。公共業務や一般業務用の自営通信の分野では更に低ビットレートの方式も必要とされている。

ここでは、移動体通信用の低ビットレート音声符号化技術の現状と動向及び当社方式について述べる。

2. 移動体通信用としての音声符号化の特徴

2.1 多元接続方式と音声符号化

デジタル移動体通信の主な多元接続方式に FDMA (Frequency Division Multiple Access), TDMA (Time Division Multiple Access), CDMA (Code Division Multiple Access) があり、チャンネル当たりの伝送レートは FDMA と TDMA が固定、CDMA が可変となるが、本稿ではいち早く普及している FDMA と TDMA に適用する固定ビットレートの音声符号化技術について述べる。

なお、CDMA の可変レート化には、聴覚的に重要な有声区間に無声区間より多くの符号ビットを割り当てて品質良く符号化する可変レート音声符号化方式が用いられており、平均ビットレートを下げることでセル当たりのチャンネル数の増加が図られている。

2.2 移動体通信用音声符号化の必要条件⁽¹⁾

(1) 伝送ビットレート

適用するシステムで異なるが、例えば日本の自動車・携帯電話ではフルレート方式が総合 11.2 kbps, ハーフレート方式が総合 5.6 kbps に設定されている。音声情報はこのうちの約 6 割で、残りは誤り訂正符号に割り当てられている。狭

帯域化を必要とする自営通信では更に低いビットレート（音声 2.4 kbps 以下）が必要な場合もある。

(2) 音声品質

デジタル自動車・携帯電話のような公衆通信では伝送誤りなしの場合、アナログ自動車・携帯電話の高受信レベルのときと同等な自然性のある音質が要求される。自営通信では一般に自然性への要求は少なく、了解性が重視される。

(3) 伝送誤り耐性

受信レベルの低下に比例して音質が劣化するアナログ方式より低受信レベルでの音質が上回ることが重要で、日米のデジタル自動車・携帯電話ではフェージングによる平均ビット誤り率 3% 程度まで通話可能な標準方式が選定されている。自営通信では悪い通信路での使用に対応するため、さらに高い伝送誤り耐性が要求される場合がある。

(4) 音声品質の安定性

走行騒音などの環境騒音、話者の違い、入力レベル変動等によって音声品質が大きく劣化しないことが必要である。

(5) 処理遅延

全二重通信では遅延時間（片道）が人間の検知限（100 ~ 200 ms 程度⁽²⁾）を超えないことが望まれる。TDMA 伝送路の処理遅延が 100 ms 程度であることを考慮すると音声符号化部での遅延は 100 ms 以下が望まれる。

(6) ハードウェア規模

装置の小型、低消費電力化のため、音声符号化方式の演算量、メモリ量は DSP (Digital Signal Processor) 1 個に収めることが重要である。

3. 音声符号化の標準化動向

電気通信事業用の音声符号化方式は、相互接続性を確保するため標準化される必要がある。前項で述べたような条件を踏まえ、世界各地域でデジタル自動車・携帯電話や移動体衛星通信用の標準方式が策定されている。表 1, 表 2 にその状況を示す。標準方式の選定は、複数の機関が提案する方式の音質を主観評価試験することで行われる。

4. 移動体通信用音声符号化技術

移動体通信用としての音声符号化技術を具体的に説明する。

4.1 音声符号化方式

音声符号化は、表 3 に示す方式に分類される。波形符号化方式は音声波形を忠実に符号化するもので、分析合成方式は

表 1. 自動車電話用音声符号化標準方式

地 域	レート	音声符号化方式	誤り訂正／検出符号
日 本	フル	VSELP ^{*1} : 6.7k	畳み込み+CRC: 4.5k
	ハーフ	PSI-CELP ^{*2} : 3.45k	畳み込み+CRC: 2.15k
北 米	フル	VSELP: 7.95k	畳み込み+CRC: 5.05k
	ハーフ	方式未定 (総合6.5kbps)	
欧 州	フル	RPE-LTP ^{*3} : 13k	畳み込み+CRC: 9.8k
	ハーフ	CELP ^{*4} 系(詳細検討中) (総合11.4kbps)	

- 注 * 1 VSELP : Vector Sum Excited Linear Prediction
 * 2 PSI-CELP : Pitch Synchronous Innovation CELP
 * 3 RPE-LTP : Regular Pulse Excitation with Long Term Prediction
 * 4 CELP : Code Excited Linear Prediction

表 2. 移動体衛星通信用音声符号化方式

シ ス テ ム	音声符号化方式	誤り訂正／検出符号
Sバンド移動体衛星通信(日本)	PSI-CELP: 3.45k	畳み込み+CRC: 2.15k
INMARSAT ^{*1}	IMBE ^{*3} : 4.15k	Golay+Hamming: 2.25k
MSAT ^{*2} (北米)	IMBE	(総合6.4kbps)

- 注 * 1 INMARSAT : International Maritime Satellite Organization
 * 2 MSAT : Mobile Satellite System
 * 3 IMBE : Improved MBE

音声の生成モデルに従って音声パラメータを抽出し符号化する。ハイブリッド方式は両者の中間的手法である。

移動体通信では主に 8 kbps 以下のビットレートが必要とされるので、分析合成方式とハイブリッド方式が適用される。その中で標準方式に採用されている CELP (Code Excited Linear Prediction) と MBE (Multi Band Excitation), そして最も低レート化が図れる分析合成方式について説明する。

(1) CELP⁽³⁾

音声符号帳(コードブック)内に複数用意された音源ベクトルから合成音声を再生し、その中で最も入力音声に近い合成音声を与える音源ベクトルを探索してそのインデックスを伝送する方式。図 1 に構成を示す。音源信号の特徴を損なわずに効率的に符号化できるので低ビットレートで良好な音質が得られるが、音源ベクトル探索に大きな演算量を必要とする。演算量の削減や音質向上のため様々な改良方式が開発されている。

前項に示した日米のフルレート自動車・携帯電話標準方式 VSELP (Vector Sum Excited Linear Prediction)⁽⁴⁾は、ベクトル加算手法によって音源コードブック探索の演算量とコードブック用メモリ量の削減を図ったものである。また、日本のハーフレート標準方式 PSI-CELP (Pitch Synchronous Innovation CELP)⁽⁵⁾は、音源コードブックから出力される音源ベクトルをピッチ周期に同期化させる方式で、音源信号が効率的に圧縮できる。

(2) MBE⁽⁶⁾

音声信号を周波数分析し、1～3個のハーモニック(基本

表 3. 音声符号化方式の分類

分 類	最適適用領域	代表方式名
波形符号化方式	10kbps以上	PCM, ADPCM, APC
分析合成方式	0.6～4 kbps	LPC, (MBE)
ハイブリッド方式	2.4～8 kbps	CELP, MPC

- 注 PCM : Pulse Code Modulation
 ADPCM : Adaptive Differential PCM
 APC : Adaptive Predictive Coding
 LPC : Linear Predictive Coding
 MBE : Multi Band Excitation
 CELP : Code Excited Linear Prediction
 MPC : Multi Pulse Coding

周波数の高調波成分)ごとに帯域別有声無声判定を行い、有声音帯域はハーモニックの各周波数に応じた正弦波の重ね合わせ、無声音帯域は帯域制限雑音でモデル化し、それらの振幅を符号化する方式。広義の解釈では分析合成法に属するが、帯域別有声無声判定によって分析合成方式の持つ機械的な音質や背景雑音による音質劣化を改善している。低ビットレートで CELP に近い良好な音質が得られ、伝送誤り耐性にも優れている。

(3) 分析合成方式

音声を声道の周波数スペクトルと音源信号に分離し、音源信号をピッチ周期のパルス列(有声音)又はランダム雑音(無声音)にモデル化して符号化する方式。図 2 に構成を示す。音源信号を大きく圧縮できるので 2 kbps 以下の極低レート化を達成できるが、音質はやや機械的で話者や環境にも左右されやすい傾向がある。

4.2 誤り制御方式

フェージングによるビット誤りに対処するため、以下のような誤り制御方式が用いられている。

(1) 誤り訂正符号

畳み込み符号や符号長の短いブロック符号により、誤り感度の高い音声符号ビットを保護する。

(2) パラメータ補間・ミュートイング

誤り訂正符号の訂正能力を越える誤りが起きた場合、CRC 等で誤りを検出し、重要パラメータを前後のフレームの情報で補間したりミュートイングする。

(3) インタリーブ

フェージングによるバースト誤り対策としてインタリーブ(ビット位置の入替え)によって誤りビットを拡散する。

(4) 誤りを考慮した符号割当て

ベクトル量子化コードブックにおいて、ベクトル間の距離が小さいものにはビット間のハミング距離が小さい符号を割り当て、誤りの影響を小さくする⁽⁹⁾。

(5) 誤りを考慮したコードブック学習

ビット誤りも考慮して量子化ひずみが最小になるようコードブックを学習する⁽¹⁰⁾。

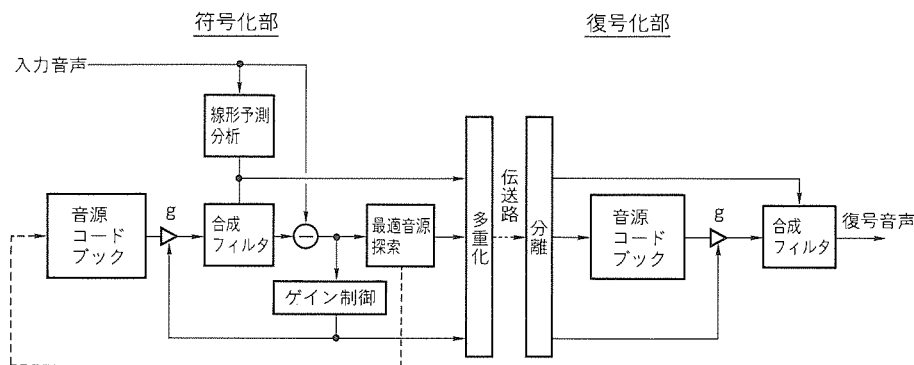


図1. CELP方式の基本構成

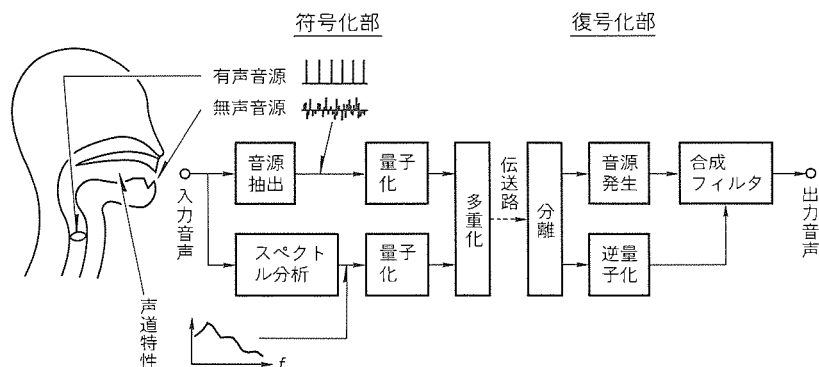


図2. 分析合成方式

5. 当社の音声符号化開発

電気通信事業分野で、当社は、日米の自動車・携帯電話用音声符号化方式の標準化活動に参画し、標準方式の音声コーデックによる移動通信端末を市場投入している。その他、欧州の自動車・携帯電話、北米 MSAT (Mobile Satellite System)、S バンド移動体衛星通信 (日本) でも移動通信端末を製品化開発している。

自営通信の分野では電気通信事業用より低レート化が必要な場合や伝送誤り耐性の強化が必要な場合があり、これらの要求に対応して当社は以下のような方式を開発している。

5.1 CELPの低ビットレート化方式

CELP 方式を低ビットレート化すると、音源情報へのビット割当てが減少するためピッチ周期性の維持が困難になったり、有声音と無声音を同一のコードブックで品質良く符号化することが難しくなる問題がある。

当社では以下の方法によってこれらの問題に対応し、3 kbps で良好な音質が得られる CELP 改良方式を開発した。

- (1) 入力音声の有声/無声判定を独自手法で精度良く行い、その結果に従ってコードブックの構成を切り換える。
- (2) 有声音用の雑音源コードブックの中にピッチ周期間隔のパルス列コードを挿入し、ピッチ周期性の強調を行う。
- (3) 適応音源コードにおけるピッチ周期抽出を高い分解能で精度良く行う。

図3にこの方式の構成を示す。また、この方式に誤り訂正

符号 (畳み込み符号) の最適付加等の誤り制御法を導入し、平均ビット誤り率5~7%まで通話可能な音質を得ている。

5.2 MBE改良方式

MBE ではハーモニックの効率的な符号化と分析合成方式にありがちな機械的音質の改善が課題であり、当社では以下の改良方式を開発した。

- (1) スペクトル包絡を用いたハーモニックの符号化⁽⁹⁾
- (2) 聴覚特性を利用した後処理フィルタによる機械的音質の軽減⁽¹⁰⁾
- (3) 有聲/無聲で処理を切り分けるマルチモード法による無聲音質の改善⁽¹⁰⁾

5.3 分析合成方式による

極低ビットレート方式

2 kbps 以下程度の極低ビット

レートでは一般に分析合成方式

が適用されるが、周波数スペクトルの量子化効率の向上が低レート化のかぎ (鍵) になっている。当社では独自の適応差分ベクトル量子化法 (Adaptive Differential Vector Quantization: ADVQ) を用い⁽¹¹⁾⁽¹²⁾、1.2 kbps で了解性十分な音質を得る音声符号化装置を開発した (1991 年)。ADVQ は、従来のベクトル量子化と差分ベクトル量子化を適応的に行う方式で、低レートで顕著になるベクトル量子化の話者依存性の問題と差分ベクトル量子化の過渡部表現性劣化の問題を同時に改善している。また、この方式によれば、通話中に話者の特徴に応じてベクトル量子化コードブックを適応化して音質向上させることが容易に行える。図4に装置の外観、図5に ADVQ の構成を示す。

6. DSPによる装置化上の問題

最近、30 MIPS (Million Instructions per Second) 以上の処理速度と音声符号化方式の処理に適合した命令を持つ DSP が開発され、処理量の多い方式も1個の DSP で装置化可能になっている。しかし、移動体通信に適用する DSP は小型、低消費電力、低価格を実現するため1語長を16ビット固定小数点とし、メモリ (プログラム ROM、データ RAM) 容量も制限して規模縮小が図られているため、DSP用プログラムを開発する場合、使用する DSP に応じて演算精度、演算量、メモリ量を最適化することが装置化開発の上で非常に重要になっている。

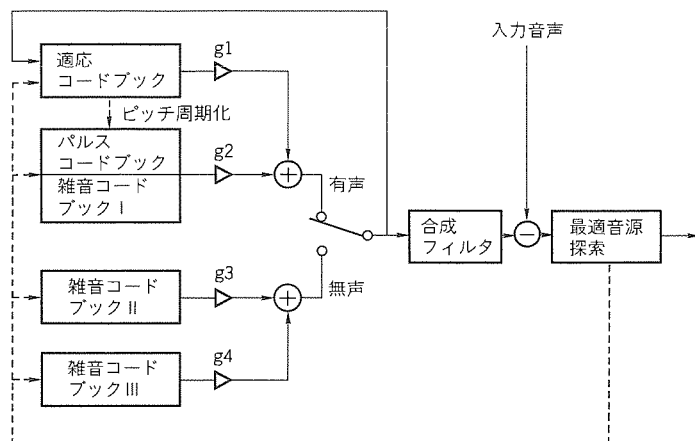


図3. 低ビットレートCELP方式

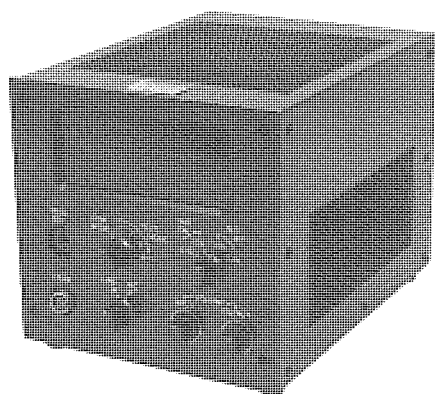


図4. 1.2kbps音声符号化装置

7. む す び

移動体通信用音声符号化技術の現状と動向を述べた。今後は、電気通信事業分野ではハーフレート自動車・携帯電話用に続き FPLMTS (将来の公衆用陸上移動通信システム) 用のより高品質な標準方式 (8 kbps 及び 4 kbps 程度) が策定されよう。また、自営通信分野では 2.4 kbps 以下の方式の開発が一層進展すると思われる。

なお、音声符号化では低ビットレートになるほど音声信号固有の特徴を利用した圧縮を行うため、音声信号以外の背景雑音入力や SN 比の悪い音声入力に対して品質が劣化する問題がある。移動体通信の普及に伴い、低ビットレート化とともに厳しい騒音環境での使用に耐える方式の開発が重要となるであろう。

参 考 文 献

- (1) 高橋真哉, 中島邦男: 低ビットレート音声符号化技術, 信学会誌, **73**, No. 8, 836~841 (1990)
- (2) 伊藤憲三, 北脇信彦: 伝搬遅延時間が通話品質に及ぼす

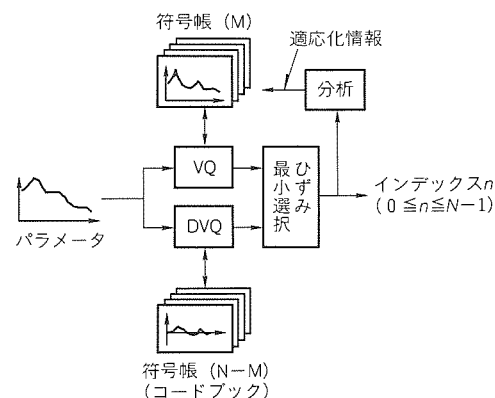


図5. 適応差分ベクトル量子化 (ADVQ)

影響, 音響学会音声研究会資料, **S83-44** (1983)

- (3) Schroeder, M. S., Atal, B. S.: Code-Excited Linear Prediction (CELP): High-Quality Speech at Very Low Bit Rates, Proc. ICASSP '85, 937~941 (1985)
- (4) Gerson, I. A., Jasiuk, M. A.: Vector Sum Excited Linear Prediction (VSELP) Speech Coding at 8 kbps, Proc. ICASSP '90, 461~464 (1990)
- (5) 大矢智之, 須田博人, 三木俊雄: Pitch Synchronous Innovation CELP (PSI-CELP) — PDC ハーフレート音声 Codec —, 信学技報, **RCS93-78** (1993)
- (6) Griffin, W., Lim, J. S.: Multiband Excitation Vocoder, IEEE Trans. on ASSP, **38**, No. 8, 1223~1235 (1988)
- (7) 相澤清晴, 原島 博, 宮川 洋: 通信路歪を軽減するベクトル量子化の伝送符号の割当に関する一検討, 信学技報, **CS84-32**, 17~23 (1984)
- (8) 熊沢宏之, 笠原正雄, 滑川敏彦: 通信路誤りを考慮したベクトル量子化器の構成, 信学論 B, **J67-B**, No. 1, 1~8 (1984)
- (9) 石井 純, 高橋真哉, 中島邦男: MBE 法におけるスペクトルの高能率符号化, 音響学会講演論文集, **3-P-11**, 313~314 (1991-10)
- (10) 石井 純, 田崎裕久, 高橋真哉: 低ビットレート MBE 方式の音質改善, 音響学会講演論文集, **2-6-7**, 217~218 (1993-10)
- (11) 田崎裕久, 中島邦男: 適応差分ベクトル量子化による話者適応化の検討, 音響学会講演論文集, **3-2-13**, 195~196 (1988-10)
- (12) 田崎裕久, 中島邦男: 低レートボコーダにおける音韻 VQ 方式の検討, 音響学会講演論文集, **2-6-14**, 273~274 (1991-3)

移動体通信を支える要素技術 その3

—デジタル信号処理技術：適応等化器—

村上圭司*
上田幸治*
久保博嗣*

1. ま え が き

公衆デジタル自動車電話システムでは、周波数有効利用を期待できる時分割多元接続 (TDMA) を用いた方式の実用化が開始された。そこでは、日・米などの3チャンネル TDM A 方式や、欧州 GSM における8チャンネル TDMA 方式に見られるように、40～270 kbps の高速デジタル伝送方式が用いられている。

一方、陸上移動体通信の電波環境としては、マルチパス伝搬による多重遅延波の存在が確認されており、ときには数十 μ s に及ぶこともあって、高速デジタル伝送を行う際に周波数選択性フェージングが発生する原因となる。このような周波数選択性フェージングに対する技術として、アダプティブアレー、ダイバシティ、誤り訂正、適応等化などが盛んに研究されている⁽¹⁾。

なかでも適応等化器は、高性能デバイスの出現やデジタル信号処理技術の発展とあいまって、移動体通信用として急速に各方面で実用化されつつある。適応等化器としては、従来、カルマンフィルタを用いた判定帰還形等化器やビタビアルゴリズムを用いた最尤 (尤) 系列推定が有力であると言われている。当社では、これらの従来技術に更に独自技術を加えるとともに、装置化に当たっての改良を加え実用化開発を行ってきた。

本稿では、この適応等化技術の研究開発の成果について報告する。2章で適応等化器の概要を述べ、3章でカルマンフィルタを用いた判定帰還形等化器について、4章では適応形最尤系列推定について述べる。

2. 適応等化器の概要

適応等化器は、マルチパス伝搬によって合成された受信信号から信号成分と干渉成分とを適応的に推定し、干渉成分を除去又は再合成して、送信データを正しく再生するものである。この適応等化器に要求される条件としては、

- (1) キャリア周波数変動やフェージングによる急激な位相変動に対して高速に追従すること
 - (2) アルゴリズムの収束性が良好で安定なこと
 - (3) 携帯機への搭載が可能な程度に小型・簡易であること
- などが挙げられる。

2.1 適応等化器の分類と特長

陸上移動体通信における周波数選択性フェージングは、移動局の高速走行に伴って発生する。このため、適応等化器では時変伝送路に対する追従性、及び高速の初期引込特性を実現するために、等化器の構成と等化アルゴリズムの選択が重要である。移動体通信への適用を目的に検討されている適応等化器を構成法で分けると、判定帰還形等化器 (Decision Feedback Equalizer : DFE) とビタビアルゴリズムを用いた最尤系列推定 (Maximum-Likelihood Sequence Estimation : MLSE) に分けられる。後者は、ビタビ等化器とも呼ばれる。

一方、適応等化アルゴリズムでは、収束特性の最も良いカルマンフィルタ又は RLS (Recursive Least Squares) アルゴリズムや、LMS (Least Mean Square) アルゴリズムが一般的である。

表1に、適応等化器の分類と特長を示す。これらの等化器では、遅延波の影響によって幾つかのシンボルに分散している信号を合成する効果があるため、ダイバシティ効果が得られる。

2.2 適応等化器を含む受信機の基本構成と動作

図1に適応等化器を用いた受信機の構成を示す⁽²⁾。受信信号は、雑音除去用帯域フィルタ (BPF) と自動利得制御回路 (AGC) を通過した後、準同期検波され、低域フィルタ (LPF) を通過後に同相及び直交のベースバンド信号となる。これらの信号は、A-D 変換器でオーバサンプリングされて、デジタル信号に変換された後、バッファメモリに蓄えられるとともに、フレーム同期のためのフレーム同期検出器及びタイミング再生回路に与えられる。フレーム同期とタイミング再生が完了した後、タイミング再生で得られた位相に対応した、等化に必要なデータ部のみをバッファメモリから取り出

表1. 適応等化器の分類と構成

	等 化 器	適応アルゴリズム	特 長
カルマンフィルタ DFE法	判定帰還形 等化器	カルマンフィルタ、 RLS	適応性大 演算量はタップ数の2乗に比例
最尤系列推定* (MLSE)	最尤系列 推定器	LMS	特性良 演算量はタップ数のべき乗に比例

注 * 適応形MLSEは、ビタビアルゴリズムのステートごとに伝送路推定器を用意し、それぞれで伝送路推定を行って最尤の(最も確からしい)系列を求める当社の独自方式

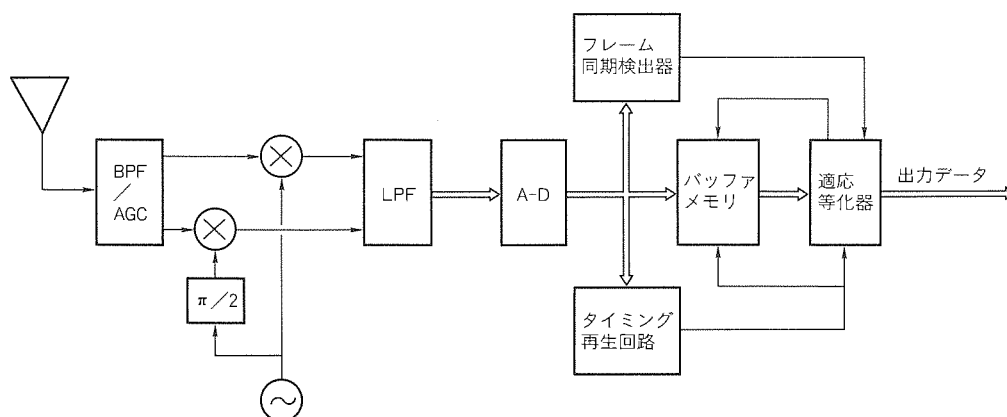


図 1. 適応等化器を用いた受信機の構成

して等化器入力データとする。次に、等化用の既知トレーニング系列部（通常同期語と同一）に相当する受信データを適応等化器に与える。

適応等化器では、この受信データと既知データ系列とを比較して、選択性フェージングや隣接チャネル間干渉によるひずみを高速で推定した後、さらにランダムなデータ系列部を使って、伝送路の変動に追従するとともにデータの等化復調を行う。このとき、準同期検波による残留周波数偏差や位相誤差も取り除かれる。

3. カルマンフィルタを用いたDFE

3.1 特徴と構成

DFE は、トランスバーサルフィルタのタップ係数を適応アルゴリズムによって定める等化器において、判定値を帰還させる非線形等化器であり、このトランスバーサルフィルタのタップ数を減少させることが可能のため、装置規模を比較的小さくでき、かつ特性も良好である。

また、判定したデータを用いて符号間干渉を取り除くために、移動体通信のような伝送路ひずみが非常に大きい場合に、線形等化器よりも有効である。特に、今回、装置化を考慮して、平方根カルマンフィルタの一種である UD 分解カルマンフィルタ（U：単位上三角行列、D：対角行列）と呼ばれるアルゴリズムを採用し、演算処理に関する所要ビット数（演算語長）が少ない場合にも良好な適応等化アルゴリズムを実現できるようにした。

図 2 に移動体通信用 DFE の構成を示す。図では、DFE の構成を一次元としているが、実際には、二次元で構成される。DFE は、フィードフォワード (FF) 部とフィードバック (FB) 部のトランスバーサルフィルタからなる等化フィルタ部と、タップ係数演算部から構成される。

FF 部は、単位遅延量を $T_p = T/m$ ($m = 1, 2, \dots$, T : シンボル周期) とすると、 $m = 1$ の場合はシンボル間隔形、 $m \geq 2$ の場合は分数間隔形である。分数間隔形は、タイミング誤差に対して優れた特性を示すことで知られ、また

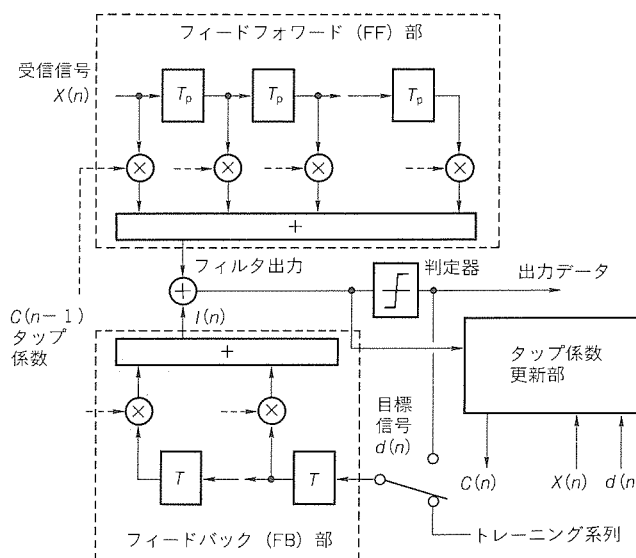


図 2. 移動体通信用 DFE の構成

隣接チャネル干渉と自チャネル内の先行波によるひずみを除去することができる。FB 部では、判定データを用いて遅延波による符号間干渉を除去する。

等化器がダイバシティ効果を得るためのトランスバーサルフィルタ部の最低限必要なタップ数は、遅延波の最大遅延時間を τ とすると、FF 部が $(\tau/T) + 1$ 以上、FB 部が τ とされている⁽³⁾。

例えば、遅延時間が T (1 シンボル周期相当) の遅延波を等化するのに必要なタップ数は、 $m = 2$ とした場合には FF 部のタップ数は 4、FB 部のタップ数は 1 となる。

DFE は、次のように動作させる。

(1) トレーニングモード

既知トレーニング系列を目標信号とし、伝送路ひずみを推定する。タップ係数は、係数更新アルゴリズムに従って 1 シンボルごとに更新され、トレーニングモード終了時にはタップ係数は、ほぼ所望の値に収束している。

(2) トラッキングモード

判定器出力データを目標信号とし、タップ係数を同じく 1

シンボルごとに更新し、伝送路特性の変化に追従して伝送路のひずみを取り除く。

3.2 タップ係数更新アルゴリズム

移動体通信用 DFE では、急速に変動するフェージング伝送路に追従して、伝送路の推定を行うために、カルマンフィルタ (逐次最小二乗法: RLS) のような高速推定アルゴリズムがタップ係数更新アルゴリズムに使用される。ここでは、アルゴリズムの実行を有限演算語長で行う場合にも数値的安定性が確保できる UD 分解カルマンフィルタを採用する。

以下、このアルゴリズムについて簡単に述べる⁽⁴⁾。時刻 $t = nT$ における等化器への入力信号ベクトルを $X(n)$ 、タップ係数ベクトルを $C(n)$ 、希望出力を $d(n)$ 、等化器出力を $I(n)$ 、 $d(n)$ と $I(n)$ との誤差信号を $e(n)$ とするとタップ係数ベクトル $C(n)$ は、次のアルゴリズムによって更新される。

$$I(n) = C^{*t}(n-1)X(n) \dots\dots\dots (1)$$

$$e(n) = d(n) - I(n) \\ = d(n) - C^{*t}(n-1)X(n) \dots\dots\dots (2)$$

$$K(n) = P(n-1)X(n)/ \\ [R\lambda + X^{*t}(n)P(n-1)X(n)] \dots\dots (3)$$

$$P(n) = [P(n-1) \\ - K(n)X^{*t}(n)P(n-1)]/\lambda \dots\dots (4)$$

$$C(n) = C(n-1) + K(n)e^{*}(n) \dots\dots\dots (5)$$

ここで、記号 $(*)$ 、 (t) はそれぞれ複素共役、転置を示し、 λ は忘却係数 ($0 < \lambda \leq 1$)、 $K(n)$ はカルマンゲインであり、 $P(n)$ は推定誤差共分散行列、 R は推定誤差 $e(n)$ の分散である。UD 分解カルマンフィルタでは $P(n)$ を

$$P(n) = U(n)^{*}D(n)U^t(n) \dots\dots\dots (6)$$

で表すものであり、 $U(n)$ は、対角に“1”を持つ上三角行列であり、 $D(n)$ は対角行列である。そして、 $P(n)$ の代わりに、 $U(n)$ 、 $D(n)$ を更新することでアルゴリズムが実行される。

この方法の特徴は、ハウスホルダー法という非常に安定な直交変換法を利用していることにあり、必要な演算語長は通常のカルマンフィルタの半分程度になり、装置化を行う際には非常に有用である。

表 2. カルマンフィルタを用いた DFE の実験系の諸元

項 目	諸 元
変復調方式	$\pi/4$ シフト QPSK・準同期検波
伝 送 速 度	48.6kbps
波 形 整 形	35% ロールオフ
フェージング	独立 2 波レイリー (平均電力比 1) (ドップラー周波数 83Hz, 42Hz, 6.7Hz)
トレーニング系列長	14 シンボル
デ ー タ 長	71 + 6 (カラーコード) + 65 シンボル
適応等化器タップ数	FF 部 4 ($T/2$ 分数間隔) FB 部 1
係数更新アルゴリズム	複素 UD 分解カルマンフィルタ (忘却係数 $\lambda = 0.80$)

3.3 特 性 例

UD 分解カルマンフィルタを用いた DFE の周波数選択性フェージング下での試作実験を行った。DFE は、16 ビット固定小数点演算の DSP 1 個によって構成し、入力信号は 8 ビット量子化している。表 2 に実験系の諸元を、図 3 に独立 2 波レイリーフェージング (遅延時間 $\tau = T$ 、ドップラー周波数 $f_d = 83$ Hz, 42 Hz, 6.7 Hz: これは搬送波周波数に 900 MHz 帯を用いた場合に移動局がそれぞれ時速 100 km, 50 km, 8 km 走行時の場合に相当) 下でのビット誤り率特性を示す。DFE により、 $f_d = 83$ Hz の場合においても $E_b/N_0 = 20$ dB (E_b/N_0 : 1 ビット当たりの信号エネルギー対雑音電力密度比) でビット誤り率が 3% 以下となり、良好な特性が得られていることが分かる。

なお、実システムでは、さらに遅延波の存在の有無を推定し、タップ数を変化させることで特性の向上と演算量の削減の両者を達成している。

4. 適応形 MLSE

4.1 特徴と構成

MLSE に関しては、従来から比較的変動速度の遅い伝送路において優れた特性を持つことが知られている⁽⁵⁾。また、MLSE はハードウェアに対する親和性の高いビタビアルゴリズムを用いているため、IC 化や DSP 化に適するという利点がある。そこで、欧州 GSM では周波数選択性フェージングを克服するために、MLSE を用いた携帯機が数多く

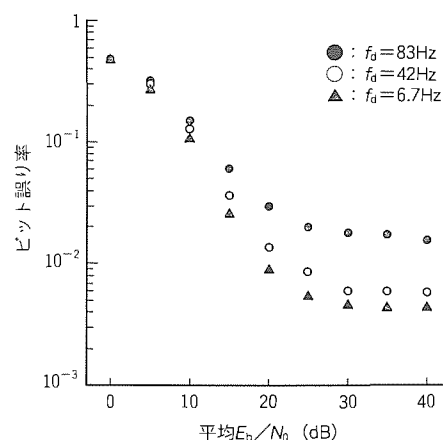


図 3. カルマンフィルタを用いた DFE の選択性フェージング下での特性

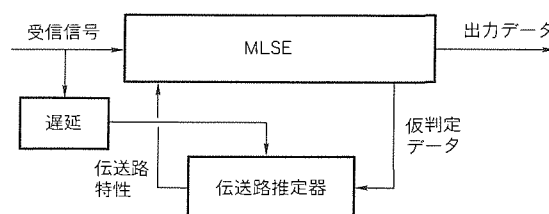


図 4. 適応形 MLSE (従来手法) の構成

開発されている。

一方、周波数選択性フェージングにより、伝送路が高速に変動するような環境下では、MLSEに適応処理を導入した適応形MLSEが有効である。適応形MLSEは、図4に示すようにMLSEと伝送路推定器とから成る。この伝送路推定器は受信信号とMLSEが出力するデータとから適応的に伝送路を推定するものである。

また、MLSEは伝送路推定器の推定した伝送路特性からデータ判定を行い出力データを出力する。この適応形MLSEに関しては、以前から、ビタビアルゴリズムの判定遅延を考慮して、数シンボル過去の出力データを利用して伝送路変動を適応的に推定する手法が提案されているが⁽⁶⁾（以下“従来手法”という。）、速い伝送路の変動に対する追従特性が十分ではなかった。

そこで、高速フェージング等の変動速度の速い通信路に追従できる適応形MLSEの検討も近年盛んに行われている。これらの適応形MLSEの主なアプローチを挙げると次の2通りがある。

- (1) 伝送路の変動を予測することにより、変動に対する追従特性を改善する。
- (2) ビタビアルゴリズムの各状態（ステート）それぞれに対して伝送路の変動を推定することにより、変動に対する推定精度を高める。

当社は(2)に関する手法（以下“ステート毎推定法”という。）を提案し⁽⁷⁾、その特性を検討している。図5にはステート毎推定法の構成を示す。ステート毎推定法は、図5に示すようにビタビアルゴリズムのステートごとに存在する生き残りパスを仮判定データとし、それぞれのステートごとにこの仮判定データと受信信号から伝送路特性を推定する伝送路推定器を用意するものである。

ここで、MLSEは、各ステートごとに推定された伝送路特性と受信信号を入力し、ビタビアルゴリズムに従ってデータを出力する。なお、ステート毎推定法の最も簡単な例にお

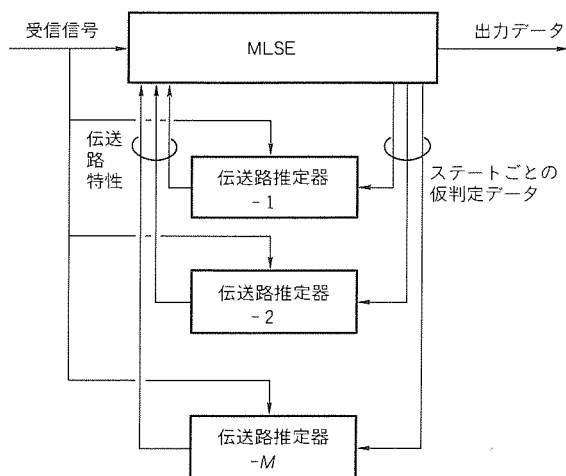


図5. ステート毎推定法の構成

いて、その演算量は伝送路特性を推定するトランスバーサルフィルタのタップ数のべき乗に比例して増加する。

適応アルゴリズムとしてLMSアルゴリズムを用いたステート毎推定法は次のような特長を持っている。

- (1) 従来不可避であった伝送路推定における遅延が不要となり、変動速度の速いフェージング伝送路に適用可能である。
- (2) 現実的には送信データがランダムであるため、LMSアルゴリズムを用いたステート毎推定法はRLSアルゴリズムを用いたステート毎推定法とほぼ同程度の特性を持つ。また、LMSアルゴリズムは、数値計算に関する安定度が高く演算語長を少なくできる。
- (3) LMSアルゴリズムでは演算処理に乗除算を不要とでき、比較的小さいハードウェア規模で回路を実現できる。
- (4) トレーニング系列等のサイドインフォメーションを用いことなく適応等化処理（ブラインド等化とも呼ばれる。）を行うことも可能である。

4.2 特性例

ステート毎推定法の有効性を明らかにするために、DSPをベースとした実験系で試作実験を行った。表3に実験系の諸元を示す。この実験系では直交検波された信号は8ビット

表3. 適応形MLSEの実験系の諸元

項 目	諸 元
変復調方式	QPSK・準同期検波
伝 送 速 度	160kbps
波 形 整 形	40%ロールオフ
フェージング	独立2波レイリー (平均電力比1) (最大ドップラー周波数80Hz)
トレーニング系列長	23シンボル（バースト先頭）
デ ー タ 長	64シンボル
等 化 器	16ステート適応形MLSE
適応アルゴリズム	LMSアルゴリズム (ステップサイズ0.125)

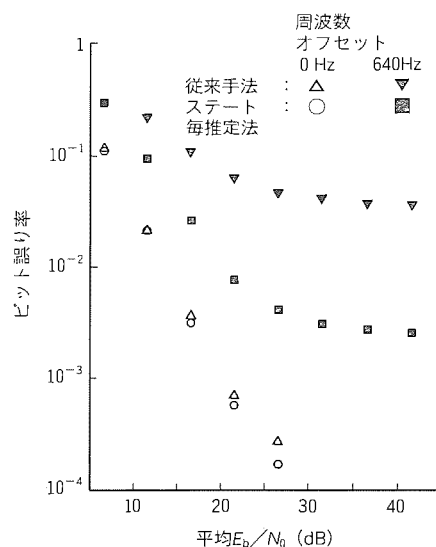


図6. 適応形MLSEの選択性フェージング下での特性

量子化された後、DSPに入力され、そこで適応形 MLSE のアルゴリズムが実行される。

図 6 には周波数選択性フェージング下における適応形 MLSE (ステート毎推定法及び従来手法) の特性を示す。従来手法と比較してステート毎推定法はキャリア周波数オフセットが増加しても特性劣化が少なく、その追従特性が良好であることが確認できる。

5. む す び

デジタル自動車電話用適応等化器として、カルマンフィルタを用いた判定帰還形等化器及び適応形最尤系列推定の 2 種類を開発した。これらの適応等化器は、周波数選択性フェージングに起因する時変伝送路ひずみを除去することを可能としながら、携帯機に搭載するに十分な程度に小型・低消費電力化が実現されており、自動車・携帯電話用としてだけでなく今後のパーソナル通信用としても適用可能なものである。

周波数選択性フェージング対策技術の今後の発展としては、適応等化器と他の技術、例えばダイバシティ、誤り訂正、変復調などと結合することにより、高性能・高機能化が図れるものと期待される。これに向けて、適応等化器とダイバシティとの結合や、適応形 MLSE とビタビ復号とを同時に行う結合形 MLSE などによる特性の改善も検討されている。

参 考 文 献

(1) 三瓶政一：フェージング対策，電子情報通信学会誌，73，

No.8，829～835（1990）

- (2) 村上圭司，上田幸治，高野道明，藤野 忠：カルマン形適応等化器の設計と周波数選択性フェージング下での特性，電子情報通信学会論文誌，J73-B-II，No.11，708～717（1990）
- (3) 中嶋牧人，三瓶政一：判定帰還形適応等化器による陸上移動通信の周波数選択性フェージング補償特性，電子情報通信学会論文誌，J72-B-II，No.10，515～523（1989）
- (4) Haykin, S. : Adaptive Filter Theory, Prentice-Hall (1991)
- (5) Forney, G.D., Jr. : Maximum-Likelihood Sequence Estimation of Digital Sequences in the Presence of Intersymbol Interference, IEEE Trans. on Information. Theory, IT-18, 363～378（1972）
- (6) Magee, F.R., Jr., Proakis, J.G. : Maximum-Likelihood Sequence Estimation for Digital Signaling in the Presence of Intersymbol Interference, IEEE Trans. on Information. Theory, IT-19, 120～124（1973）
- (7) Kubo, H., Murakami, K., Fujino, T. : An Adaptive Maximum-Likelihood Sequence Estimator for Fast Time-Varying Intersymbol Interference Channels, IEEE Trans. on Communication, COM-42, 1872～1880（1994）

移動通信用の周波数を巡る国際的な動き

室谷正芳*

1. ま え が き

ポケットに入る、あるいは、腕時計型になるかもしれない超小型の携帯無線電話を全世界の人が持てるようにしようという計画が国際的な動きとして具体化したのは1985年のことである。この年、ITU-R（国際電気通信連合・無線通信セクタ）^(注1)の中の第8研究委員会（SG 8，移動通信等を担当）が、IWP 8/13（Interim Working Party，中間作業部会）を発足させた。

IWP 8/13の役割を規定した決定69（Decision 69）によると、その標題は“将来の公衆用陸上移動通信システム”（Future Public Land Mobile Telecommunication Systems）となっており、これから、現在も使われているFPLMTSという略称が生まれた。なお余談であるが、FPLMTSというのは舌をか（噛）みそうな名前前で評判が悪い。これをFlemts（フレムツ）と発音する人も多いようである。FPLMTSという名称が今日のようにポピュラーになることを予想した人は当時だれもおらず、もし予想できたのであればもっと呼びやすい素敵な名称を考案していたことであろう。

さて、IWP 8/13は、1990年に名称がタスクグループ8/1（TG 8/1）に変更され、現在も活発な活動が続いている。また、近年いわゆるLEO（Low Earth Orbiting Satellites：低軌道衛星）を数多く打ち上げて、地球上のどこにいてもすぐ通信できるようにしようという夢のような計画が実際に幾つか進められており、にわかに衛星による移動通信（法律的には移動衛星業務と呼ぶ。）が脚光を浴びるようになった。

以上のような地上あるいは衛星を用いた移動通信の重要性が高まったことから、それに必要な電波の周波数をどのようにするかが国際的に重要な課題となってきた。本稿ではこの課題について、筆者のITU-R第9研究委員会議長としての経験を含めながら、近年の動きを述べることにしたい。

2. FPLMTSへの動き

1985年にITU-RのSG 8が採択した決定69によると、IWP 8/13の役割はFPLMTSに関し、次の3点を確立することにあった。

（注1）従来はCCIR（国際無線通信諮問委員会）と呼ばれていたが、1993年以降ITUの組織改革によってCCIRという名称はなくなり、ITU無線通信セクタに統合されたので、過去の場合を含め、ITU-Rという略称を用いる。

- 将来の公衆用陸上移動通信システムの総合的な目的
- 上記システムに適当な周波数帯域
- 上記の目的のために望ましいか達成可能な適合性又は共通性の程度並びに必ず（須）なシステム特性

そして、この作業は1988年までに完了することとされていた。しかし、IWP 8/13の議長に任命されたMr. M. H. Callendar（カナダ）は現在もTG 8/1の議長であり、10年近くも作業が継続しており、いつ完了するかは目途はまだ立っていない。

現時点で上記の三つの目的がどの程度達成されたかを大まかに眺めてみると、第1の目的は1990年に採択されたITU-R勧告M.687“将来の公衆用陸上移動通信システム（FPLMTS）”で一応達成されたと言えよう。第2の目的はTG 8/1の検討結果を受けた1992年の世界無線通信主管庁会議（WARC-92）の結論に反映されたことで達成されたと言える。第3の目的へ向かっての作業は現在も継続中である。

1985年といえば、第一世代のアナログ方式による自動車電話サービスが日・米・欧でようやく普及が進み始めたころで、ヨーロッパではGSMと呼ばれるデジタル方式の検討が進ちょく（捗）していた。この段階で世界共通方式としてGSMを選ぶことに合意できたならば、IWP 8/13（今後は混乱を避けるため、すべてTG 8/1と呼ぶこととする。）の作業も容易であったろう。しかし、日・米ともそれには合意することにはならず、それぞれが独自のデジタル方式の開発に進むこととなった。このことから、TG 8/1の作業はたちまちデッドロックに乗り上げてしまった。

そこでTG 8/1は、当時開発が進んでいた第二世代の方式での統一をあきらめ、第三世代での統一を目指すこととした。無線方式の特徴として、もし世界的な統一を行うとすれば、まず無線周波数の統一が必要である。それには、世界全体でどれだけの周波数が要求されるかを算定する必要がある。これを推定することは余りにもパラメータが多いので容易なことではないが、1991年になってTG 8/1はようやくのことで必要帯域幅について合意することができた。それによると、全世界的なFPLMTSに必要な帯域幅は230 MHzとなった。なおこの中で、衛星を用いたFPLMTSに共通に使う帯域幅が60 MHzとされた。しかし、ここに至るまでにTG 8/1の中では激しい対立が続いた。最も大きな理由は、米国が反対したことであった。米国の言い分は、もしFPLMTSの帯域幅に合意するならば、当然それを1～3G

Hz の範囲で無線通信規則 (Radio Regulations: RR という。) で指定する必要があるであろう。しかし、その周波数帯は米国では他の業務 (主として固定業務のマイクロ波方式) に広く使用されており、移動通信に利用できる可能性は全くない、という点にあった。事実、このことは米国の国内問題として困難なことであったと思われる。しかし、国際的な圧力を受けて、1992 年の初めになって、米国は約 200 MHz 幅の固定マイクロ波方式の周波数を別のところに移す方針を決定した。これで一つの困難が解決された。

しかし、WARC-92 において、具体的にどの周波数を FPLMTS 用に指定するかを巡って各国の利害が対立し、一時は指定をあきらめようという雰囲気になったこともあった。しかし、この機会を逃すと永久に不可能かもしれないという危ぐ (惧) が各国を動かし、最終段階になってようやく合意に達することができた。合意内容として RR に書き込まれたのは次のとおりである。

“1,885 ~ 2,025 MHz 及び 2,110 ~ 2,200 MHz の周波数帯域は、全世界的な基礎において、FPLMTS の実施を希望する主管庁による利用を意図したものである。かかる利用は、これらの帯域を分配表に従って他の業務に利用することを妨げるものではない。”

このように世界共通の帯域 (230 MHz 幅) を FPLMTS 用として指定できたことは画期的と言えよう。しかし、同時に“他の業務への利用”を認めていることはあいまいさを残すものである。このことは FPLMTS を本当の意味で世界共通の単一規格で提供する必要性について、世界的な合意がまだ十分には形成されていないことを暗示するものであろう。

WARC-92 の結果を受けて、ITU-R の TG 8/1 では FPLMTS の規格設定のための努力をより積極的に進めている。しかし、無線区間のアクセス方式として TDMA, CDMA のいずれを採用するかについてもまだ決まっておらず、前途は多難である。しかし、大規模なシステムについて ITU-R が世界統一規格の制定に本格的に乗り出したのは、事実上これが初めてのことであり、その成功の可否は ITU-R に対する信頼性を左右するものと言っても過言ではない。

3. 衛星による移動通信

米国を中心にした幾つかの企業連合により、いわゆる LEO を用いた移動衛星通信システムが提案され、具体化が進められている。米国政府は、これをハイテクの一環としてとらえていると思われるが、これらの計画を積極的に支援する立場から、周波数の確保のために、国際的な活動を強めてきた。これが具体的な成果に結実したのが WARC-92 であったと思われる。スペインのマラガ・トレモリノスで 1992 年 2 月から 3 月にかけて 1 か月以上にわたって開かれたこの大会議に対し、米国は 1 ~ 3 GHz 帯において幾つかの周波数帯を移動衛星業務に分配をする提案を行った。米国以外にも移動衛

星通信に積極的な態度をとったのはカナダ、ブラジル、オーストラリアなどの面積の大きな国々であった。これに引きかえ日本、ヨーロッパなどはどちらかというと消極的な姿勢であった。

このためもあったと思うが、米国は会議場から離れたホテルの一角を特別に借りて LEO に関する展示会を開催し、開発途上国を中心にした多数の国を招待して PR に努めた。PR の眼目は LEO システムが途上国の電話の普及に多大の効果を発揮するという点にあった。この作戦は大成功だったように思われる。会議の途中で幾つかの途上国から LEO は途上国の通信の発展にとって素晴らしいシステムだから、この会議でそのための周波数を分配すべきだとの文書が幾つも提出された。ところが提出国は違うけれど、いずれも同じ内容の文書なのである。明らかに米国が準備した文書に、招待を受けた国がサインしたものである。

このように、途上国の支援を受けることには成功を収めたが、会議での審議は消極的な態度のヨーロッパ等との間で意見が対立して難航し、米国を始めとする積極派の提案はかなり削られ、会議の最終日になって、既存業務と周波数共用の形でようやく次のような移動衛星業務に対する新たな周波数の分配への合意が成立した。

● 下り (宇宙から地球へ)

1,492 ~ 1,525 MHz	第 2 地域のみ
1,525 ~ 1,530 MHz	第 2・第 3 地域のみ
2,160 ~ 2,170 MHz	第 2 地域のみ ^(注2)
2,170 ~ 2,200 MHz	全世界 ^(注2)
2,483.5 ~ 2,500 MHz	全世界
2,500 ~ 2,520 MHz	全世界 ^(注3)

● 上り (地球から宇宙へ)

1,610 ~ 1,626.5 MHz	全世界
1,626.5 ~ 1,631.5 MHz	全世界 ^(注4)
1,675 ~ 1,710 MHz	第 2 地域のみ
1,970 ~ 1,980 MHz	第 2 地域のみ ^(注2)
1,980 ~ 2,010 MHz	全世界 ^(注2)
2,670 ~ 2,690 MHz	全世界 ^(注3)

この中で、2,170 ~ 2,200 MHz (下り) と 1,980 ~ 2,010 MHz (上り) は FPLMTS に指定された帯域に入っており、FPLMTS の不可分な一部としての使用が想定されているものである。

第 2 地域への分配が比較的多くて、他の地域への分配が少ないのは熱意の程度の反映といえる。また、幾つかの周波数帯について 2005 年以降有効となっているのは、既存業務への影響の点から、新規業務の導入には時間がかかるという多

(注 2) 2005 年以降有効、ただし、米国のみは 1996 年以降有効

(注 3) 2005 年以降有効

(注 4) 第 1 地域については海上移動衛星業務に限定

(注 5) 第 1 地域はヨーロッパ・アフリカ、第 2 地域は南北アメリカ、第 3 地域はアジア・太平洋地域のこと。

数の国の意見の反映である。

このような結果に対して米国は大いに不満であった。そのため会議の終了後米国は、今回の結果に対して米国は不満であり、今後早急に追加的な分配を行う会議を開催すべきとの声明を発表した。不満の理由としては、全体としての分配が少ないこと、第2地域のみに限定されたのでは効用が少ないこと、2005年以降有効という期限については遅すぎるという点にあった。このせいでもあると思われるが、1995年秋に開催予定の世界無線通信会議(WRC-95、従来のWARCに相当)の主要議題の一つが移動衛星業務への分配の追加及び分配時期の繰上げになっている。

4. 周波数共用基準

WARC-92において新しく分配された周波数帯域は、いずれも既存の業務(主として固定・移動業務)との共用が条件になっている。したがって、どのように同一の帯域を異なる業務で共用するかの条件(周波数共用基準)が重要になる。この場合、FPLMTSと固定業務(固定地点間の無線通信のことで、マイクロ波中継方式などを意味する。)のように地上業務同志であれば、どの程度距離を離せばよいかの問題であり、基本的にはローカルな問題ともいえ、地球規模からいえば二次的な重要性と考えられる。

しかし、地上の固定業務を保護するために、衛星からの電波の強さ(これを地表面電力束密度、PFD: Power Flux-Densityという。)をどの程度に制限すべきか、あるいは、衛星を保護するために地上の無線局からの最大電力をどのように制限すべきかは全世界的な問題である。この点に関し、WARC-92以前のITU-Rにおける検討はある程度されていたが、具体的な基準を与えるものではなかった。筆者はWARC-92において各種の技術基準を審議する委員会(正確には総会直属作業部会)の議長に任命されたが、会期中途中でこの問題を審議したらどうかと提案したところ、皆から猛反対を受けた。その理由は、周波数分配を審議している第4委員会が結論を出していない段階で、どこに分配されるかわからないままで共用条件は審議できないというのであった。私にはこれはへ(尻)理屈のように思えた(なぜなら、ある種の仮定に基づく論議は十分可能だから)が、全員が言うのだから仕方がないと、後回しにすることとした。結果的にはこれが後述のような会期末での紛糾を招く一因ともなった。

会期の終盤近くになって周波数分配にもある程度目途が立ったとき、私はこの問題を再度提起した。まず地上業務の最大電力の制限には既存の規定(他の周波数帯に適用)をそのまま適用することが合意された。実際にはこれは合理的な規定とは言えない。なぜなら既存の規定は1~3GHz帯では甘すぎて、衛星を十分に保護することにならないからである。しかし、他に適当な規定が提案されていない以上やむを得ない。不十分といえどもこれが国際会議というものである。

次にPFDについては、まず現段階で最大制限値を規定することは困難であるから、代わりにトリガレベルを規定することが合意された。トリガレベルとは、PFDがその値を下回れば問題なく、それを上回る場合には影響を受ける国と協議すべきというものである。しかし、その値として何を選ぶべきかについては二つの案が対立した。一つは1.5~2.5GHz帯の気象衛星・宇宙研究業務のPFD値(RR2557)を適用する案、もう一つは2.5GHz帯の放送衛星業務のPFD値(RR2562)を適用する案であった。後者の方がやや緩い規定である。しかし両案が鋭く対立し、幾ら議論をしても対立は解けなかった。ついに私は合意に達しないことを宣言し、代わりにITU-Rにおいて移動衛星業務の周波数共用基準を継続して検討すべき旨の決議を提案して採択された。

ところが、最終日になって幾つかの国から、分配が決まった周波数帯について適用すべきPFD値としてまちまちな値が提案された。これではどうにもならないので、私から提案して急きょ(遽)妥協を図るための会合を臨時に開くことになった。私が改めて賛否をとったところ、前述の第1案を推す国が三つ、第2案を推す国が三つで、他の国は意見がなく、全くの五分五分であった。これではどうしようもないではないかと私が述べたところ、フランスが、それでは妥協案として3~8GHz帯の固定衛星業務に適用されるPFD値(RR2566)ではどうかと提案した。これは周波数帯が異なることから、技術的には合理性がないのだが、値としては前述の第1案と第2案の中間に属するのである。とにかく時間がないことから、賛否を問うてみようとしてやってみると5対1で賛成が多くなった。反対は米国1国で、強硬に第2案を主張し続けたが、私から、これは制限値ではなくトリガレベルにすぎないのだし、ITU-Rで継続審議するのだから、これでとりあえず合意してくれないだろうかと言ったところ、米国も仕方がないと同意し、さしもの論議もここでやっとな終結することができた。得られた結論はRR第8条の関連条文に盛り込まれた。このように必ずしも技術的合理性がなくても、一つの妥協案として採択してしまうのは国際会議の実態であり、多少のことには目をつぶっても合意さえ得られるならば、という気持ちが働いていると言える。

このように難航した最大の理由は、衛星の出したい電力が地上業務への干渉の点から許容できる値を大幅に上回っている点にある。したがって、両者が満足できる境界がないのである。だから、本当の意味では周波数の共用は無理というべきなのだが、新しい需要を賄うには、無理でも共用で分配せざるを得ないのである。

その後ITU-Rでは、SG2(異なる業務間の周波数共用を担当)にTG2/2を設置して、1~3GHz帯における周波数共用基準を研究しているが、まだ結論に達していない。1994年末までには何らかの結論が出るのが期待されている。しかし、どのような結論が出るのだろうか。まだ具体的

な案が出ていないので予測は困難だが、関係者全員が幸せになるような結論になることは期待できそうもない。一つ言えることは、新しいサービスの導入がスムーズに進むようにする必要があるので、既存の業務にとってつらい方向に行かざるを得ないと思われる。このような状況は変革期における必然的な摩擦現象とも言うべきであり、完全な解決には時間を要すると考えられる。

5. フィーダリンクに関する問題

WARC-92の会議の中ではあまり議論にならなかったのだが、WARC-92以降重要な問題として認識されるようになった課題としてフィーダリンクがある。フィーダリンクとは衛星と地上の関門局(交換網と接続)を結ぶ回線のことである。このリンクは法的には固定衛星業務(衛星を用いた固定地点間の通信)とされる。したがって、固定衛星業務に分配されている任意の周波数帯をフィーダリンクに使用することが、原理的には可能である。

ところがRR 2613によると、非静止軌道の衛星は固定衛星業務の静止衛星(赤道上空35,800kmの軌道を地球の自転に同期して動く衛星で、地表面からは静止して見える。)に有害な干渉を与えてはならないこと、もし与えるようであれば、電波の発射を停止しなければならないと規定されている。この規定は非静止衛星に対する静止衛星の優越性を認めた珍しい規定で、30年程以前に導入されたものであり、当時通信衛星として静止衛星と非静止衛星のどちらがよいかを巡って激しく交わされた論争を反映している。その後、静止衛星の優位性が確立して、静止衛星だけが運用されていた時代にはほとんど顧みる必要性がなかった。しかし近年LEO構想の登場で、突然に脚光を浴びるようになった。そして、既存の固定衛星業務の周波数を使いながらRR 2613を満足するようにLEOのフィーダリンクを運用することは困難であることが次第に認識されるようになった。

そこで、LEOのフィーダリンクとしてはどのような周波数帯を使うべきか、またそのときの条件は何か、が重要な課題となってきた。これはITU-RのSG 4(固定衛星業務を担当)のTG 4/5が検討を進めており、これまでの検討結果によれば、いわゆる周波数の逆方向使用(固定衛星業務の上り/下りの周波数をLEOのフィーダリンクの下り/上りに使用)をすれば、干渉の点からは大丈夫だろうという方向が出ているようである。ただし20GHz前後の高い周波数になると、衛星アンテナビームが細くなるので、逆方向使用でなくても大丈夫であろうと言われている。現在は、具体的にどのような周波数帯が適当か、その場合に必要となる条件は何か、の研究が進められている。

一方、LEOのフィーダリンクはいずれにせよ地上のマイクロ波方式と周波数共用となるので、既存の共用基準(主に

静止衛星との共用を想定したもの)のままでよいのかどうかの検討が必要である。またTG 4/5で検討しているように、周波数の逆方向使用を導入するならば、新たな周波数共用基準が必要である。この点は、ITU-RのSG 4とSG 9(固定業務を担当)の合同作業部会(Working Party 4-9S)で検討を進めている。1994年11月の会合において、時間率は小さいが地上方式のアンテナの主ビームに衛星が入ったときに生じる大きな干渉を評価するための計算方法を日本が提案し、それに基づいてカナダがコンピュータ・シミュレーションを行った結果、従来の静止衛星用のPFDの基準よりやや厳しいPFD値を非静止衛星に適用すべきとの方向になった。それ以外の周波数共用基準については大きな問題となるものはないと思われる。

以上の検討結果は、1995年秋のWRC-95によってRRに盛り込まれることとなろう。

6. 1.5GHz帯陸上移動業務に関する周波数共用基準

日本では最近、1.5GHz帯のデジタル方式携帯電話サービスが相次いで開始された。ところが、WARC-92において1,452~1,492MHzが全世界的(ただし、米国を除く)に、放送衛星業務(BSS)に分配され、日本の携帯電話サービスが一部この周波数帯と重複していることから、問題が生じてきた。BSSは音声放送を衛星から行うことを目的とするもので、ヨーロッパなどでの関心が強く、現在ITU-RのSG 10(音声放送を担当)が積極的に研究を進めている。1990年代末までには全世界のチャンネルプランを作成する予定である。

日本におけるBSSは2,535~2,655MHz帯が予定されているので、日本が1,452~1,492MHz帯をBSSに使う予定はないが、将来アジア諸国がこの周波数帯をBSSに使うとすれば、日本の携帯電話サービスに有害な干渉を生じる可能性がある。これを防止するため、ITU-RのTG 2/2に対して日本から周波数共用基準(放送衛星からのPFDの許容値)を提案しているが、まだ諸外国の理解を得るに至っていない。今後解決されるべき課題である。

7. む す び

以上述べたように、FPLMTSについては、周波数帯に関して一応の整理を終わり、具体的な統一規格の設定作業が進んでいる段階である。

衛星による移動通信については、WARC-92において幾つかの周波数帯の分配が行われたものの、周波数帯の追加分配及び周波数共用基準の確立がなお必要であり、そのフィーダリンクについては、周波数帯の指定(追加分配を含む)と周波数共用基準の確立が今後の課題として残されている状況にある。

汎用シーケンサに期待する

汎用のシーケンス制御装置についての研究報告が1960年代初期に行われており、汎用シーケンサの要望が早くから存在していたことが分かる。現在のPC(プログラマブルコントローラ)は、半導体技術・コンピュータ技術を導入して1969年に出現した。小規模システムで、回転ドラム式あるいはピンボード式と併存する時期もあったが、現在では規模の大小を問わず広く採用されており、マイクロプロセッサや専用LSIの導入等を通じて多機能化・高性能化を図り、目覚ましい発展を遂げている。このPCの普及・成長振りを眼前にすると、我々は汎用コントローラの理想像を追い求めてみたくなる。

理想の汎用コントローラが満足すべき要件は、

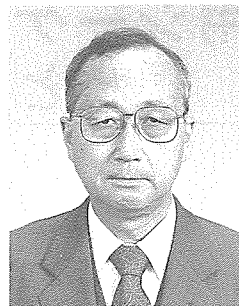
- システムの拡張・変更柔軟に対応できること
- 多様な入出力信号形態・レベルに対応できること
- 必要とする機能・性能を具備し、その実現が容易なこと
- 取扱い・操作が容易なこと
- 高信頼性を持ち、自己診断・自己修復能力を持つこと
- 耐ノイズ性に優れ、自分自身もノイズ源にならないこと
- 安価なこと

などであるが、これらはすべてユーザニーズに基づいたものであり、メーカ努力により現実化が進んでいる。

汎用シーケンサはFA・CIMシステムにおける計測制御レベルの中心に位置する。したがって、下位(イクイップメントレベル)のセンサ・アクチュエータとの間、上位(セルレベル)のセルコントローラ・FAコンピュータとの間、

横浜国立大学

教授 関口 隆



及び同レベル(ステーションレベル)のPC間で通信を行えることが重要である。異機種・異メーカ間の相互接続を可能にするオープンネットワークはシステム構築上の自由度を拡大する上で必要なものである。非オープン(専用)ネットワークに比べるとメッセージ交換速度等の性能は劣るが、開放型は標準化を通じてその長所を発揮することができるようになる。

イクイップメントレベル及びステーションレベルのネットワークの国際標準として、フィールドバスの規格化が進められている。現在までに、ツイストペアケーブルで31.25 kbps, 1 Mbps及び2.5Mbpsの場合の物理層についての規格が公文書化されている。データリンク層と応用層の規格案審議が進行中であり、またフィールド機器の機能を標準化してファンクションブロックとして表現することの検討が進められている。

SFC(シーケンシャルファンクションチャート)対応のPCが各メーカから発売され始めたので、今後のソフトウェア生産性の向上が期待される。

理想の汎用シーケンサは、システム構成上・機能上・性能上・操作運用保全上のあらゆる要望にこたえられるものであるが、単一のシーケンサで実現する場合には冗長性・過剰装備・学習能力などの問題が生ずる。この課題解決の現実的アプローチがシリーズ化であり、オプションの整備である。ネットワークを介してシステム全体として理想像の追求を行う場合には、コントローラも機能別に分割して分散設置することも考えられる。ネットワーク技術・ソフトウェア技術の進展とあいまった汎用シーケンサの更なる発展を期待したい。

汎用シーケンサ“MELSEC”の 現状と展望

松本圭二*
杉山 彰*

1. ま え が き

汎用シーケンサ（プログラマブルコントローラ（PC）の当社商品名）は、1990年代に入りFA（Factory Automation）化・CIM（Computer Integrated Manufacturing）化の中核的コントローラとして演算制御・情報処理・ネットワーク機能を強化しながら加工・組立て・検査・搬送などのFA分野を中心に幅広く使用されてきた。しかし、バブル経済の崩壊以降、シーケンサへの要求にも変化が見られ、またその応用分野も広がりを見せてきていることから、シーケンサ本体・周辺機器・関連機器とも大きく変化しようとする時期にさしかかっている。

当社では、汎用シーケンサ“MELSECシリーズ”として、小規模から大規模まで広範囲の用途からのユーザーニーズを反映し、かつFA化・CIM化などのシステム動向とコンポーネントの技術シーズの動向を先見した先端的な技術を導入し、業界での地位を確立してきた。

本稿では、当社の汎用シーケンサ MELSEC シリーズの製品化の推移、最近の市場ニーズの動向と当社の汎用シーケンサ MELSEC シリーズの動向、各機種種の製品動向及び今後の展望を述べる。

なお、各製品の詳細については、この特集に掲載の個々の論文を参照願いたい。

2. 市場ニーズとMELSECの対応

MELSEC シリーズは大別して、スタンドアロンの機器組込みなどの小規模分野に適したマイクロシーケンサ“Fシリーズ”とネットワーク分散システムに適応し小規模から大規模分野まで一貫して品ぞろえした“Aシリーズ”とがある。表1に汎用シーケンサ MELSEC の製品発売経緯を示す。

最近の市場ニーズは、より高度な制御システムへのシーケンサの適用、制御システムの小型化・合理化、トータルFAの構築の最適化、設計・保全性の向上などのほか、簡易計装分野などシーケンサ応用分野の拡大の要求があり、これに対し、シーケンサCPUの高機能化・高性能化、シーケンサの小型化・低価格化、ネットワークの強化、インテリジェント化・複合化、ソフトウェア（S/W）開発環境の革新、及び保守・診断機能の強化などを実施してきている。

図1に、最近の市場ニーズと汎用シーケンサ MELSEC での対応を示す。

3. 各製品の動向と今後の展望

3.1 マイクロシーケンサ Fシリーズ

1981年に発売したFシリーズは、従来の1/2以下のサイズとコストパフォーマンスにより、マイクロシーケンサ分野のスタンダード機種として市場に受け入れられ、今日に至っている。さらに、Fシリーズのコンセプトである使いやすさをより発展させた“FXシリーズ”を1989年から順次発売し、高性能・高機能化及び小型・低価格化要求にこたえている。

1994年に発売した“FX_{2C}”シリーズと機能アップした“FX₂”シリーズは、新開発の専用演算ICにより、基本シーケンス命令0.48 μ sの処理速度を実現している（図2）。これは、初期のFシリーズの200倍以上の処理速度であり、数年前の中・大型シーケンサの処理速度のレベルに達している。このようにFシリーズは、小型シーケンサに要求される使いやすさと価格を維持しながら高機能・高性能化を追求している。

また、前述のFX_{2C}シリーズは、入出力部にコネクタ方式を採用したことにより、低価格化と従来製品の1/2のコンパクトサイズを実現している。さらに、専用に開発した端子台との組合せにより、制御盤の小型化と盤内配線の省力化を実現しており、トータルコストの削減に役立っている（図3）。また、1992年と1994年に発売した“FX₀”シリーズと“FX_{0N}”シリーズも、高機能化よりも小型化・低価格化を指向したシリーズである。

今後は、ユーザの使い勝手、各種規格などとも調和のとれた小型化と機能・性能の充実を推進することとなる。

3.2 Aシリーズ

Aシリーズは、1980年に発売した“Kシリーズ”の先進性、高機能性、システム構築・設計・保守の容易性の思想を受け継ぎ、更に外形寸法を小型化し、機能・性能を改善させ1985年に製品化した。以降プログラミング方法や周辺機器及び各種入出力ユニットの互換性・一貫性を保ちながらシリーズを拡充してきている（図4）。このAシリーズの最近の動向は、高機能・高性能化と小型・低価格化の二つに集約される。

高機能・高性能の追求としては、1990年に当時世界最高速の“AnACPU”を発売した。このAnACPUでは、シーケンサの処理方式に最適化したアーキテクチャを実現するた

表 1. 汎用シーケンサ MELSEC の製品発売経緯

機 種		年	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995 (計画)
マイクロシーケンサ Fシリーズ				・ F			・ F ₂		・ F ₁	・ F ₁ J		・ FX ₂	・ FX ₁		・ FX ₀		・ FX _{2C} ・ FX _{0N}	
高性能シーケンサ K/Aシリーズ	小 薄 型 形		・ K 0	・ K 0 J 1			・ K 0 J 2		・ A 0 J 2				・ A 0 J 2 H ・ A 2 C	・ A 1 S		・ A 1 SJ ・ A 2 US	・ A 2 CJ ・ A 2 S	
	一 般 形		・ K 1 ・ K 2			・ K 3	・ K 2 N	・ A 1 ～ A 3 ・ K 2 A		・ A 3 H ・ A 1 N～A 3 N	・ A 3 VTS	・ A 3 M	・ A 2 A～A 3 A		・ A 2 U～A 4 U			・ Q 2 A～Q 4 A
ネットワーク				・ K-K (同軸)	・ K-上位 (232C)	・ K-K (光)			・ A-A, A-K (同軸, 光) MELSECNET		・ A-機器 (ツイストペア, 光) MELSECNET/ MINI		・ A-A (同軸, 光) MELSECNET II ・ A-上位 FullMAP	・ A-上位 Ethernet ・ A-A (ツイストペア) MELSECNET/B	・ A-A (同軸, 光) MELSECNET/10 (CPU間) ・ A-上位 MiniMAP		・ A-A (同軸, 光) MELSECNET/10 (リモートI/O)	・ A-Q MELSECNET/10 I/O LINK
特殊機能ユニット (表示器・複製製 品を含む。)	F シ リ ー ズ													・ FX-1 HC (高速カウンタ) ・ FX-4 AD, 2 DA (アナログI/O) ・ FX-1GM (位置決め)	・ FX-1 PG (位置決め) ・ FX-4 ODU (データアクセス)	・ FX-3 ODU (データアクセス)		・ FX-IDIF (IDシステム)
	K / A シ リ ー ズ		・ KD61 (高速カウンタ) ・ KA62, 63 (アナログI/O)	・ KD71 (位置決め)		・ KD51 (BASIC) ・ KD81 (PID)	・ AD61 (高速カウンタ) ・ A68AD, DA (アナログI/O) ・ AD71 (位置決め) ・ AD51 (BASIC)	・ A84AD (センサ入力) ・ AD57 (モニ タリング) ・ A11VC (音声出力) ・ AD81CPU (PID)	・ A616AD, DA (多チャネルアナ ログI/O)	・ A73CPU (多軸位置決め)			・ AG57G (グラフィック モニタリング) ・ AD51H (BASIC) ・ AD51FD (外部故障診断)	・ A64GOT (グラフィック オペレーション) ・ A373CPU (モーション コ ントローラ)	・ A77GOT (グラフィック オペレーション) ・ A373UCPU (モーション コ ントローラ)	・ AS25VS (ビジョンセンサ) ・ A273UCPU (モーション コ ントローラ) ・ A171SCPU (モーション コ ントローラ)	・ AJ71ID (IDシステム) ・ AS50VS (ビジョンセンサ)	
周 辺 機 器				・ K 6 GPP	・ K 6 DRW (図面作成装置)	・ GP80		・ A 6 GPP	・ A 6 HGP ・ A 6 DRW (図面作成装置)	・ A 6 PHP			・ A 7 PHP			・ A 6 DU-B (データアクセス)	・ A 7 HGP ・ A 6 TEL (電話回線)	
ソフトウェア パッケージ	F シ リ ー ズ								・ A 6 GPP用GPP (F用ラダー言語)			・ PC98用GPP (F用ラダー言語)	・ A 6 GPP用GPP (FX用ラダー言語) ・ PC98用GPP (FX用ラダー言語)	・ A 7 PHP用GPP (FX用ラダー言語)				
	K / A シ リ ー ズ		・ K 6 GPP用GPP (K用ラダー言語)			・ MELSAP (K用新言語)	・ A 6 GPP用GPP (K/A用ラダー言語)		・ TEL (電話回線プロ グラム転送)	・ SIMA (シミュレーション)	・ FD 1 (外部故障診断)	・ MELSAPH (A用SFC言語) ・ PC98用GPP (A用ラダー言語)	・ DRWA (図面作成) ・ CADIF (ユーザCADイ ンタフェース) ・ TSAP 2 (SFC自動生成)			・ DOS/V用GPP (A用ラダー言語) ・ A 7 HGP用GPP (A用ラダー言語) ・ CNVQ (ファジー制御)	・ GPPQ (Q用ラダー言語) ・ MELSAP 3 (Q用SFC言語) ・ CNVQ (データ変換) ・ LNKQ (ラダー結合)	
上位コントローラ				・ GPC 1 (多目的コント ローラ)	・ GPC11			・ LM (FAコントローラ)				・ LM7600 (FAコントローラ)			・ LM7500 (FAコントローラ) ・ LM7600 (FAコントローラ) ・ LM610 (ビルディングプロ ットFAコントローラ)	・ LM7600 (FAコントローラ) ・ LM610 (ビルディングプロ ットFAコントローラ)	・ LM8000 (C/S用FAコ ントローラ)	

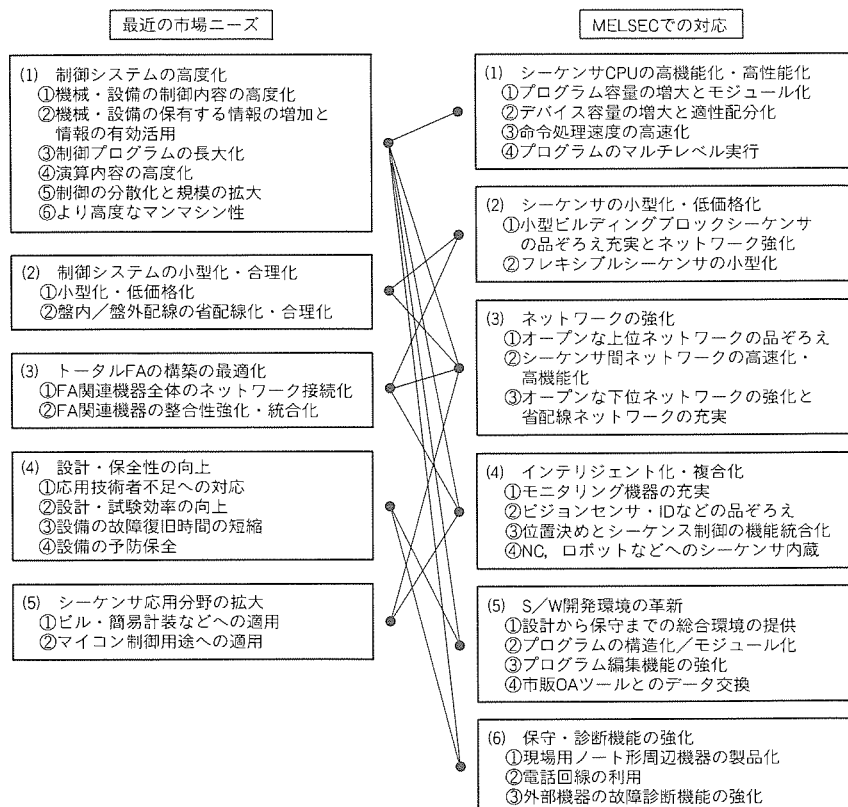


図1. 最近の市場ニーズとMELSECでの対応

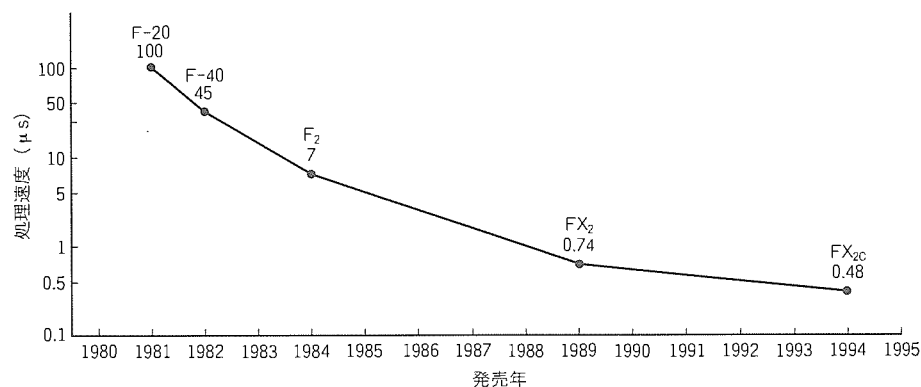


図2. Fシリーズシーケンサの性能の推移

めに、5万ゲートのシーケンサ専用マイクロプロセッサMS P (Mitsubishi Sequence Processor)を開発・製品化した。また、1992年には、大規模集中制御に対応するため、入出力点数を4,096点まで拡張するとともに10 Mbpsの高速ネットワーク“MELSECNET/10”に接続可能としたAnUCPUを追加した。さらに、1995年には、シーケンスプログラムの生産性を飛躍的に向上させるとともに、当社現行機種AnUCPU比3倍の高速化と高機能を実現した“QnACPU”を発売予定である(図5)。

制御装置の小型化のニーズへの対応としてのビルディングブロックタイプのシーケンサの小型化は、1991年に、従来のAシリーズのシーケンサに比べて取付面積は約1/2、体積は約1/3、質量は約1/2を実現した“A1Sシリーズ”を

開発・製品化し対応した。このA1Sシリーズは、1993年から1994年に、電源・ベースユニット・CPUを一体化して低価格化した“A1SJCPU”，入出力点数を2,048点に拡大した“A2SCPU”，及び処理速度を高速化した“A2USCPU”を品ぞろえ追加し，“AnSシリーズ”として機種選択の自由度を向上させてきている。

また、リモートI/Oによる小型分散システム対応化として、1990年には、“A2Cシリーズ”を製品化した。これには、当社のシーケンサ下位ネットワーク“MELSECNET/MINI-S3”を採用し、リモートI/Oユニットには、アルミダイカスト製の金属ケースの採用によって耐環境性を向上させた。このA2Cシリーズの思想は、端子台形状を採用し取扱い性を向上させ1994年に発売した“A2CJシリーズ”に継承されている。

今後も、シーケンサの本来性能としての高速化と小型化の両面での品ぞろえを推進する。また、高性能化・高機能化してきたパソコンとの融合化、計装用途対応としての機能強化と高信頼化、EN(欧州規格)などの各種規格への対応が必要と考える。

3.3 ネットワーク

シーケンサ上位ネットワークは、高性能・低価格なパソコンとオープンネットワークの普及に伴ってCIMにおける重要性が増してきている。当社は、業界に先駆けてMAP (Manufacturing Automation Protocol) インタフェース“AJ71M51”やEthernet^(注1)インタフェース“AJ71E71”などを製品化し、シーケンサ上位のオープンネットワークへの接続を積極的に推進してきている。

シーケンサ間ネットワークとしては、1986年にAシリーズ発売とともに“MELSECNET”の名称で、二重ループ方式で3階層までシステム構築が可能なネットワークを発売し、FA化・CIM化のニーズとマッチして急速に普及した。1990年には、データ授受の増加に対応するためMELSECNETを発売し、情報交換量を4,096点と4倍に向上させた。

(注1) “Ethernet”は、米国Xerox Corp.の商標である。

また、1991年のA1Sシリーズの発売に伴い、小型機種を含めたシーケンサ間ネットワークとしてMELSECNETの機能を落とすことなく、かつネットワーク配線工事を含めた経済性を実現するためツイストペア線によるバス方式の“MELSECNET/B”を製品化した。さらに1992年、FAシステムの大規模化、高度化、情報量の増加、フレキシブル化などに対応するため、通信専用プロセッサMDP (Mitsubishi Datalink Processor)などの新部品を開発し、通信速度を10Mbpsと8倍に高速化するとともに柔軟なネットワーク構成とネットワーク間の自由な情報交換を可能とした“MELSECNET/10”を製品化した。

シーケンサとセンサ、アクチュエータなどの下位機器との省配線化をねらったネットワークとして、1988年に“MELSECNET/MINI”を製品化し、翌年にはビット情報に加えバーコードリーダなどのワード情報の転送も可能な“MELSECNET/MINI-S3”として改良を加えた。このネットワークには、MELSECシリーズの各種製品、当社の汎用インバータ“FREQUOL-A”，数値制御装置“MELDAS-C

3”のほか、電磁弁やID (自動認識) システムなどの接続可能な他社製品も15社60機種にのぼり、多様なシステム構成を可能としてきている。一方、シーケンサ下位ネットワークのオープンネットワーク対応としても、(株)日本電機工業会のPC用フィールドネットワークや海外の公的標準ネットワークの開発製品化にも取り組んでいる。

ネットワークは、今後も各種規格に準拠したオープンネットワークによる異メーカ・異機種間接続の進展とMELSECNETを中心とした専用ネットワークの性能・機能強化の両方向で発展させていきたい。

3.4 特殊機能ユニット、表示器及び複合製品

特殊機能ユニットは、Aシリーズ製品化以来、アナログI/Oユニット、位置決めユニット、PID制御ユニット、音声出力ユニットなどを品ぞろえし、シーケンサの機能向上・用途拡大に大きな役割を果たしてきた。また、“FXシリーズ”用のこれらの特殊機能ユニットも1991年以降充実してきている。

高度なデータ処理機能への対応として、1991年に従来のインテリジェントコミュニケーションユニット“AD51”の処理速度を向上させた“AD51H”を発売した。また、ラインや設備のモニタリングシステムを構築するためのマンマシン機能への対応として、グラフィックコントローラユニット“AD57G”を発売し、さらに1992年にシーケンサとの1対1接続のほかネット

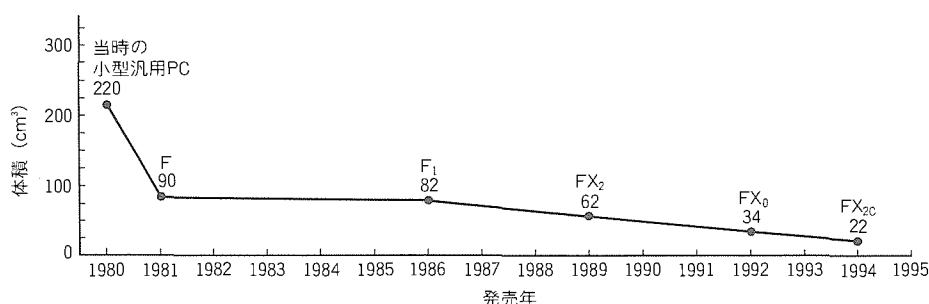


図3. Fシリーズシーケンサの小型化の推移

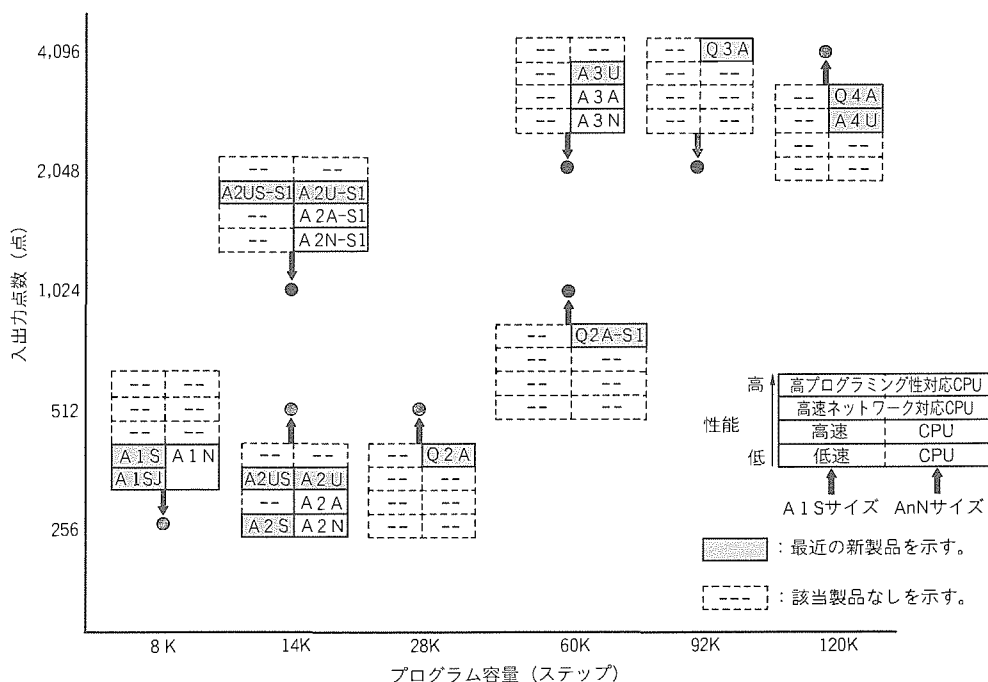
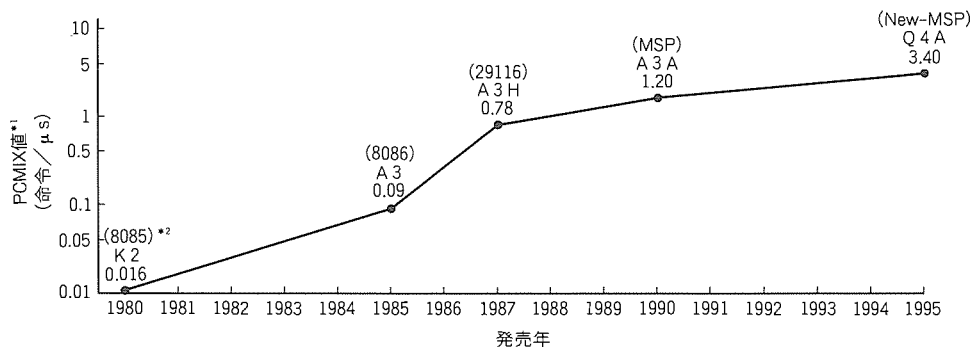


図4. AシリーズシーケンサのCPU品ぞろえと位置付け



注*1 PC MIX値とは、1 μs当たりの平均命令実行数を表す。

*2 () 内は、主要素子を示す。

図5. K/Aシリーズ主要CPUの性能の推移

ワークによる複数台接続を可能とした単独設置形のグラフィックオペレーションターミナル“GOT”シリーズとして発展してきている。また、“FXシリーズ”でも、データアクセスユニット“DU”シリーズとして充実してきている。さらに、1994年には視覚による位置計測等を可能としたビジョンセンサユニット“AS25VS”を製品化した。

また、シーケンス制御と位置決め制御の機能を統合化した複合製品として、従来の位置決めユニットの機能を高度化するとともにシステムとしての性能を向上させた“A171S/A273Uシリーズ”のモーションコントローラを発売した。

今後は、マンマシンインタフェース機能としての表示器の高性能化・多機能化・マルチメディア対応化、シーケンサとNC、ロボットコントローラなどとの複合化、IDシステムなどのユーザのFAシステムを構成するためのシーケンサ関連機器の品ぞろえを推進する必要がある。

3.5 周辺機器（設計・保守ツール）

プログラミングモニタリング用ツールのハードウェアは、1985年に“A6GPP”発売以来、携帯形の“A6HGP”、プラズマ表示の“A6PHP”など品ぞろえしてきた。1990年には、普及してきたパソコンとの操作性の親和化を図った“A7PHP”を製品化し、さらに1994年には、A6GPPの専用キーボードの操作性の継承とコンパクトサイズによる持ち運びの容易性を実現した現場向きの“A7HGP”を発売して品ぞろえを充実した。

一方、プログラミングモニタリング用ソフトウェアパッケージは、上記の当社製品用のみでなく、1989年から1990年にかけて NEC 社製パソコン PC 9801 用を発売し、1994年には普及してきた DOS/V 機用を追加しオープンな環境を提供してきている。また、最近では、プログラムの構造化及び OA (Office Automation) 用ソフトウェアとのデータ交換などによるプログラム生産性の向上に向けての製品開発をし

(注2) “ポケットベル”は、NTT 移動通信網㈱の商標である。

ている。

さらに、プログラミング言語としては、ラダー図に加え、IEC (International Electrotechnical Commission) で規格化された SFC (Sequential Function Chart) 言語を“MELSAP”として1990年に開発製品化した。現在では、Aシリーズのすべての製品で使用可能としている。

設計支援用ツールとしては、1992年にシーケンサの外部の入出力回路や内部回路などを図面化するための図面作成機能、顧客の CAD (Computer Aided Design) 装置と上記のプログラミングモニタリング用ツールとのデータ交換のためのユーザ CAD インタフェース機能、タイムチャートから SFC を自動生成する SFC 自動生成機能などのソフトウェアパッケージを発売している。

保守支援用ツールとしては、電話回線によるシーケンサ本体への遠隔アクセス機能、ポケットベル^(注2)への故障発生通知機能及び周辺機器間でのプログラム転送機能を実現したモデムインタフェースユニット“A6TEL”と対応のソフトウェアパッケージを1994年に製品化した。また、シーケンサに接続された設備などの外部機器の故障検出のためのプログラム作成工数を削減し、稼働後の保守性も向上させるための製品として、外部故障診断ユニット“AD51FD”を開発した。

今後は、オープンネットワークの活用、分割設計・分散デバッグへの対応化、ビジュアルプログラミングへの言語の革新などシーケンサのシステム設計から保守までの統合化されたソフトウェア開発環境へ進展させていきたい。

4. む す び

以上、当社汎用シーケンサの現状と今後の展望について述べてきた。高度に、より統合化したシステムへ進化していくトータルFAにおいて、シーケンサは、その中核的存在として今後ますますその重要性が増していくものと思われる。

シーケンサシステムの設計から保守までの環境全体の統合化とシーケンサの活用されるFAシステム、設備、装置の最適化を念頭に、今後とも顧客からのニーズを大切に、かつ先端技術を先取りするとともに、国際的な環境変化が激しい今日では、従来以上に将来の市場・技術の動向を先見した製品化を推進していく所存である。

ダウンサイジングシーケンサ “FX₀ / FX_{0N} / AnS”シリーズ

安藤高彦* 横川伸介**
奥村良之** 高橋 昇*
小林 裕** 可知祐紀*

1. ま え が き

国内では、バブル経済時代に製造設備の過剰投資が行われ製造業の生産能力が向上した。しかし、バブル経済の崩壊によって消費が冷え込み、販売の落ち込み、生産量の減少となり、生産への設備投資は減少した。さらに、急激な円高によって製品の国際競争力の低下を招くことになった。その対策の一つとして、製造業の東南アジア、中国等への進出が加速されることとなり、国内の空洞化が発生している。製造業にとって、このような深刻な問題が二重三重に重なってきており、その結果、製造業の収益が悪化している。

これらの問題を解決するために製品のダウンサイジングが加速されることになった。シーケンサにおいても市場からの小型化・低価格化へのダウンサイジングに対する要求はますます増加している。当社ではこのような市場の要求に対応するため、超小型シーケンサ“FX₀・FX_{0N}”シリーズと小型ビルディングブロックシーケンサ“AnS”シリーズを開発した。本稿ではその内容について紹介する。

2. FX₀・FX_{0N}シリーズ

2.1 開発の背景とねらい

世の中の流れとして軽薄短小が言われて久しいが、シーケンサにも装置の小型化・使用環境の多様化などによって、より小型化が要求されてきている。具体的には、ポータブル機器への使用やアミューズメント装置、娯楽機器、交通機関への使用といった従来では使用されなかった分野への活用が広まってきている。そして、それらの小型機器への装着が可能のように、より一層の小型化の要求が強まってきている。

こうした市場の要求にこたえて開発されたのが、超小型シーケンサFX₀(ゼロ)シリーズであり(図1)、入出力合計点

数で30点以下の、特に小点数の範囲でのスタンドアロンの使用に適したシリーズとして、そのコンパクト性・経済性・信頼性などに優れたシーケンサとして各分野に使用され好評を得ている。

具体的使用例としては、従来からの使用用途であるFA分野や梱包機械・製造機械関係だけでなく、列車内座席転換装置や、アイスクリーム製造機、遊技設備などといった幅広い用途への活用が進んでいる。

このFX₀シリーズは、30点以下の超小型分野でのシーケンサであるが、ユーザーニーズの広がりとともに入出力点数の増加、増設機能の付加、プログラムステップ数の増大といった要求が多く出されてくるようになった。この要求にこたえて開発したのがFX_{0N}(ゼロエヌ)シリーズであり(図2)、“FX”シリーズの中でも最も新しいシリーズである。

このFX_{0N}シリーズの特長としては、基本ユニットは入出力合計40点・60点を一つのユニットに内蔵し、さらに増設機能によって増設入出力ユニットがつけられる構造になっている。増設機種には、入出力合計40点の電源内蔵増設ユニットや8点入力専用増設ブロック、8点出力専用増設ブロックがあり、これにより、入出力点数の40点から128点までをカバーし、8点単位での細かな入出力配分によってユーザーニーズにジャストフィットした製品を構築できる。

これ以外の特長として、FX用のメモリカセットが使えることが挙げられる。FXシリーズのプログラム流用やFX_{0N}シリーズでのプログラム共用化が図れるというメリットを出すことができる。

ほかにもFX₀シリーズから引き継いだ多くの特長がある



図1. FX₀シリーズ群

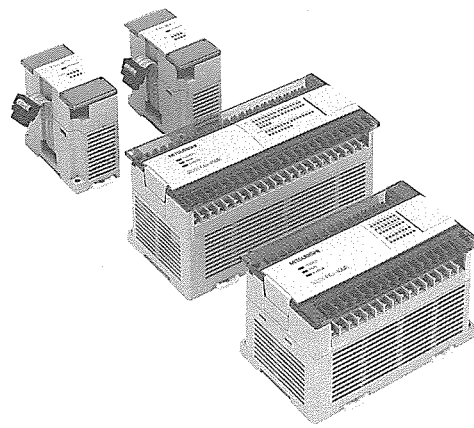


図2. FX_{0N}シリーズ群

が、もう一つの特長として小型化が挙げられる。このFX_{0N}シリーズは、従来機種である“F₁”シリーズと比較して、取付面積で34%・体積で30%と非常に小型化が図られた製品である。さらに、主力機種であるFXシリーズと比較しても取付面積・体積とも約50%の小型化になっている。

2.2 製品の構成と仕様

FX₀シリーズは基本ユニット12種、FX_{0N}は基本ユニット4種・増設ユニット2種・増設ブロック3種の機種ぞろえをしており、FX_{0N}シリーズは今後機種の充実を図っていく。この各機種の詳細を表1に示す。FX₀シリーズでは、AC電源・DC電源、リレー出力、トランジスタ出力及び海外仕様の機種ぞろえをしている。さらに、海外安全規格品としてUL規格・CSA規格を取得している機種もあり、今後はFX_{0N}シリーズでの機種ぞろえと各種規格品の取得を計画している。それぞれの性能・仕様を表2に示す。

2.3 開発の概要

上記のように、FX₀・FX_{0N}シリーズは、それぞれの製品ニーズに合った機種ぞろえを展開しており、その開発過程ではいろいろな技術的要因を盛り込んでいるが、以下に主な項目を紹介する。

2.3.1 小型化への挑戦

今回、FX_{0N}を開発した際、最もポイントをおいた項目がより小型化への挑戦であり、10年後でも十分商品価値のあることを目標として、今の我々の実装技術の粋を集めて開発し、これにより2.1節で述べているとおりの小型化が実現できた。まず、最新のマイコン採用による回路の効率化、両面

実装の本格的採用、0.5mmピッチカスタムICの新規開発、基板上における微細ピッチパターンの採用、専用小型部品の開発、部品の最適配置による実装面積の縮小化など小型化のための様々な方策を実施した。さらに、回路の見直しにより、部品選定・冗長部品の削除など基板の縮小化に伴うあらゆる角度からの検討をした。

具体的な小型化の工夫として、入出力のLED表示をカスタムICの開発により、ダイナミック表示することによってスペース・部品点数・消費電流の削減を図っており、さらに機構的にもシンプル化を実現した。

また、従来では不可能であった実装も自動挿入治具の改良や部品メーカーとの協力によって挿入効率を飛躍的に高め、製品の小型化・低コスト化に大きく寄与した。

2.3.2 使いやすさの追求

新シリーズを開発する際に留意しなければならないのが、今までの資産の活用と共通性である。今回のFX₀・FX_{0N}シリーズの開発ではFXシリーズの流れとして、プログラム言語の統一化を図り、同一プログラムを使用できるよう配慮した。ただし、FX₀・FX_{0N}シリーズでは製品自体非常に小さく、小型化を優先するために新小型コネクタを採用し、ケーブルの互換性はなくしている。

2.3.3 信頼性の確保

製品の小型化を追求するあまり、その信頼性を損なう製品になってはならない。小型化によって、密集度は非常に高くなり、放熱対策・耐振性の向上・操作性の向上など多くの課題をクリアする必要がある。これらを従来の評価レベル

と同等又はそれ以上になるように、最適配置や機構設計段階での十分な検討を行うことにより、信頼性は従来機種と同等の製品をつくりあげた。

上記の小型化を進めるに際しても、現在の技術水準から考えると必ずしも先端技術ではない項目もあるが、産業機器分野という使用環境に合致する高信頼性の確保という立場で部品の選定・実装設計・機構設計などを行った。今後は、産業機器分野だけで

表1. FX₀・FX_{0N}シリーズ機種一覧

[FX₀シリーズ]

	国内仕様機種			
	A C 電源		D C 電源	
	リレー出力	Tr出力	リレー出力	Tr出力
14点タイプ	FX ₀ -14MR	FX ₀ -14MT	FX ₀ -14MR-D	FX ₀ -14MT-D
20点タイプ	FX ₀ -20MR	FX ₀ -20MT	FX ₀ -20MR-D	FX ₀ -20MT-D
30点タイプ	FX ₀ -30MR	FX ₀ -30MT	FX ₀ -30MR-D	FX ₀ -30MT-D

[FX_{0N}シリーズ]

	海外仕様機種				
	A C 電源		D C 電源		
	リレー出力	UL対応品	Tr出力SINK入力	リレー出力	Tr出力
14点タイプ	FX _{0N} -14MR-ES	FX _{0N} -14MR-ES/UL	FX _{0N} -14MT-D/E	FX _{0N} -14MR-DS	FX _{0N} -14MT-DSS
20点タイプ	FX _{0N} -20MR-ES	FX _{0N} -20MR-ES/UL	FX _{0N} -20MT-D/E	FX _{0N} -20MR-DS	FX _{0N} -20MT-DSS
30点タイプ	FX _{0N} -30MR-ES	FX _{0N} -30MR-ES/UL	FX _{0N} -30MT-D/E	FX _{0N} -30MR-DS	FX _{0N} -30MT-DSS

[FX_{0N}シリーズ]

	国内仕様機種	
	A C 電源	
	リレー出力	Tr出力
40点基本ユニット	FX _{0N} -40MR	FX _{0N} -40MT
60点基本ユニット	FX _{0N} -60MR	FX _{0N} -60MT
40点増設ユニット	FX _{0N} -40ER	FX _{0N} -40ET

[FX_{0N}シリーズ]

	入力専用仕様	リレー出力専用仕様	Tr出力専用仕様
8点増設ブロック	FX _{0N} -8 EX	FX _{0N} -8 EYR	FX _{0N} -8 EYT

表 2. FX₀・FX_{0N}シリーズ性能・仕様

項 目		仕 様	
		FX ₀	FX _{0N}
演算制御方式		ストアードプログラム繰返し演算方式	
入出力制御方式		一括処理方式 (END命令実行時) 入出力リフレッシュ命令あり	
プログラム言語		リレーシンボル方式+ステップラダー方式 (SFC表現可)	
プログラムメモリ	容量(ステップ)	800ステップ (コメント不可)	2,000ステップ (コメント含め最大2,000ステップ)
	内蔵メモリ	EEPROM	
命令の種類	シーケンス命令	20個	
	ステップラダー	2 個	
	応用命令	35種 (50個)	36種 (51個)
演算処理速度	基本命令	1.6~3.6 μs/命令	1.6~3.6 μs/命令
	応用命令	数百 μs/命令	数百 μs/命令
補助リレー	一般用	M 0 ~M495 496点	M 0 ~M383 384点
	キープ用	M496~M511 16点	M384~M511 128点
	特殊用	M8000~M8255中の 55点	M8000~M8255中の 57点
ステート	イニシャル用	S 0 ~S 9 10点	S 0 ~S 9 全点キープ 10点
	一般用	S10~S63 54点	S10~S127全点キープ 118点
タイマ	デジタル	T 0 ~T55 100msタイマ (10ms可変可) 56点	T 0 ~T62 100 msタイマ (10 ms可変可) 63点 T63 1 ms積算タイマ 1 点
	アナログ	D8013 (0 ~25.5s) 1 点	D8030, D8031 (0 ~25.5s) 2 点
カウンタ	一般用	C 0 ~C13 (16ビットアップカウンタ) 14点	C 0 ~C15 (16ビットアップカウンタ) 16点
	キープ用	C14~C15 (16ビットアップカウンタ) 2 点	C16~C31 (16ビットアップカウンタ) 16点
	高速用	1 相 5 kHz 4 点 (合計 5 kHz以下) 又は 2 相 2 kHz 1 点 32ビットアップ/ダウンX 0 ~X 3の入力を使用	
データレジスタ	一般用	D 0 ~D29 (16ビット) 30点	D 0 ~D127 (16ビット) 128点
	キープ用	D30~D31 (16ビット) 2 点	D128~D255 (16ビット) 128点
	特殊用	D8000~D8069中の 26点 (16ビット)	D8000~D8255中の 28点 (16ビット)
	インデックス	V, Z (16ビット) 2 点	V, Z (16ビット) 2 点
ポイント	分岐用	P 0 ~P63 64点	P 0 ~P63 64点
	割込み用	I00□~I30□ 4 点	I00□~I30□ 4 点
ネスティング		N 0 ~N 7 (マスタコントロール用) 8 点	N 0 ~N 7 (マスタコントロール用) 8 点
定数	10進数K	16ビット-32,768~+32,767 32ビット-2,147,483,648~+2,147,483,647	
	16進数H	16ビット 0 ~FFFF 32ビット 0 ~FFFFFFFF	

なく、シーケンサはハウジングコントロールや公共設備などあらゆる分野での使用が考えられるため、より幅広い知識と研究によって対応していく。

2.3.4 FX₀・FX_{0N}シリーズの内部動作

FX₀・FX_{0N}シリーズの内部動作においても数多くの技術要素が盛り込まれているが、そのうちの幾つかを紹介する。

(1) FX₀・FX_{0N}シリーズの演算方式

小型シーケンサでは、すべての演算をマイコンで行う方式と、基本的な命令をカスタム IC などで演算する方式の二つがある。当社の“FX₁・FX₂”シリーズでは後者の方式を採用している。この場合、演算処理全体を高速化できるが、大規模なカスタム IC の開発が必要で、その開発費や部品代が製品のコストアップ要因になる。このため FX₀・FX_{0N}シリーズでは、製品コストを抑えるためすべての演算処理をマイコンで行う方式をとっている。

この方式は更に、シーケンスプログラムをマイコンが直接実行できるマシンコードに変換してから演算処理を行うコンパイラ方式と、マイコンがシーケンスプログラムを 1 命令ず

つ解釈しながら処理を進めるインタプリタ方式に分けられる。コンパイラ方式は、プログラム実行時にマイコンが命令語を解釈する必要がないので、インタプリタ方式に比べて一般的には高速になるが、変換後のプログラムを格納するメモリ領域が別に必要になる。FX₀・FX_{0N}シリーズでは使用メモリ数を減らすために、インタプリタ方式を採用しているが、シーケンスプログラムの格納方式やソフトウェアの処理手法を最も効率の良い方法とすることにより、コンパイラ方式と同等以上の演算スピードを得ている。

(2) 上位機種との互換性

前述のように、FX₀・FX_{0N}シリーズは演算方式やシーケンサの内部構成が、FX₂シリーズとは異なっている。しかし、FX₀・FX_{0N}シリーズは、当社 FX シリーズのローエンド機種であり、プログラミングユニットなどの周辺機器の通信プロトコルや命令コードは上位機種である FX₂シリーズと完全な互換性をとる必要がある。このため、FX₀・FX_{0N}シリーズは、ソフトウェアの通信処理部で、FX₂形式と FX₂形式のデータの相互変換を行い、周辺機器に対しては F

X_2 シリーズと同じ通信動作を行い、内部では $FX_0 \cdot FX_{0N}$ シリーズ独自の形式で動作をしている。

また、 FX_{0N} シリーズでは、シーケンスプログラム用メモ리카セットの使用を可能とした。この場合 FX_{0N} でプログラムを書き込んだメモ리카セットを FX_2 で使用することを考えると、メモ리카セットには FX_2 の命令コードでプログラムを書き込む必要がある。このため、 FX_{0N} は、メモ리카セットに対するアクセスは FX_2 と同じ形式で行い、本体内に別に用意した演算実行用のプログラムエリアに対しては FX_{0N} シリーズの形式でアクセスするよう処理を行っている。

このように、 $FX_0 \cdot FX_{0N}$ シリーズは、内部的に独自の動作をすることで、演算処理の高速化などを実現しているが、外部機器との接点となる通信とメモ리카セットのアクセスにおいて、 FX_2 の動作をエミュレーションすることで上位機種との互換性を維持している。

(3) FX_0 シリーズのアナログタイマ処理方法

FX_0 では、可変抵抗によって内部データレジスタの値を0～255の範囲で自由に設定することが可能で、この値をタイマの設定値として使用することでアナログタイマとして使用することができる。アナログ値の測定としては通常、可変抵抗で分圧された電圧値をマイコンに内蔵されたA/Dコンバータを使用して変換する方法がとられるが、 FX_0 では、汎用ディジタル入出力ポートを使い、可変抵抗を通してコンデンサを充電し、電圧が基準値を超えるまでの時間を測り、この値から抵抗値の割合を計算し、アナログ値の読み込みをしている(図3参照)。また、図3のA、Bの二つの経路での充電時間 T_a 、 T_b を使って計算することで、抵抗、コンデンサのばらつきや、温度変化による容量変化などを補正している。これにより、A/Dコンバータ内蔵のマイコンを使用する必要がなくなり、より安価な部品を選択することが可能になった。

(4) $FX_0 \cdot FX_{0N}$ シリーズの停電保持方式

シーケンサの内部デバイス(補助リレー、タイマ、カウンタ、データレジスタなど)は、頻繁に書換えが行われるので通常はRAM上に配置され、停電時にはバッテリー、大容量

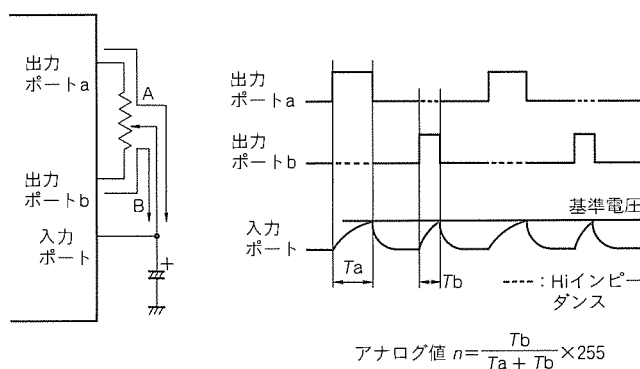


図3. FX_0 アナログ入力動作

コンデンサなどでバックアップすることで停電保持を行っている。しかし、バッテリーには寿命があり、電圧が低下する前に新しいものと交換する必要がある、大容量コンデンサでは何か月もの長期間の停電保持はできない。 $FX_0 \cdot FX_{0N}$ シリーズでは停電保持用メモリとしてEEPROMを使用することで、バッテリーなどメンテナンスを必要とする部品を使用せずに長期間の停電保持動作を可能にしている。 $FX_0 \cdot FX_{0N}$ シリーズの停電保持デバイスは、通常運転時は他のデバイスと同様にRAM上で動作している。停電が発生すると、電源部がこれを検出してマイコンに対して停電処理要求割込みをかける。マイコンはこの処理の中で、停電保持デバイスデータをEEPROM内の所定の領域に退避する。電源再投入時は、EEPROM内からデバイスデータを復帰して通常運転に移る。停電保持領域は、図4のようにEEPROM内に複数用意されており、停電ごとに領域1, 2, ..., n, 1, 2, ...のように順次停電保持領域を変更することで、EEPROMで保証された書き込み回数(通常1万回)以上の停電保持動作を可能にしている。

3. AnSシリーズ

3.1 開発の背景とねらい

ビルディングブロックタイプシーケンサのダウンサイジングでは、制御システムでのハードウェアの省スペースと小型化から、小型機種の要求が多く、また、それまで使用している機種とのプログラミング、ネットワーク、周辺装置などの共用化、同一の使い勝手も併せて要求されている。

AnSシリーズはこれらの要求事項を実現すべく、小型ビルディングブロックタイプシーケンサとして、小型化、高機能・高性能化、互換性、使い勝手などをコンセプトとして開発した。

(1) 小型化

AnSシリーズは、従来の中大型機種の“AnN・AnA・AnU”シリーズと比較して取付面積、質量が約1/2に、また体積では約1/3と小型になっており、外形寸法は電源・C

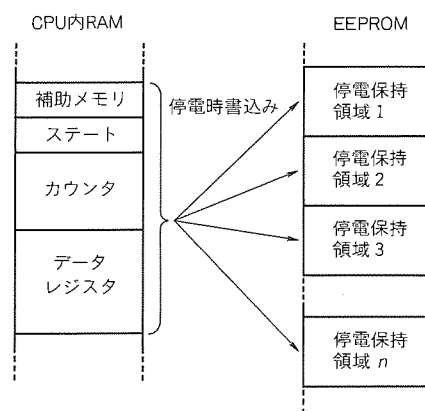


図4. $FX_0 \cdot FX_{0N}$ シリーズ停電保持動作

PU・8枚の16点入出力ユニットの基本構成で(W) 430mm × (H) 130mm × (D) 110mmのサイズに納まっている。特に、入出力ユニットは小型ビルディングブロックタイプとして業界で初めてDC24V入力と0.1A トランジスタ出力にお

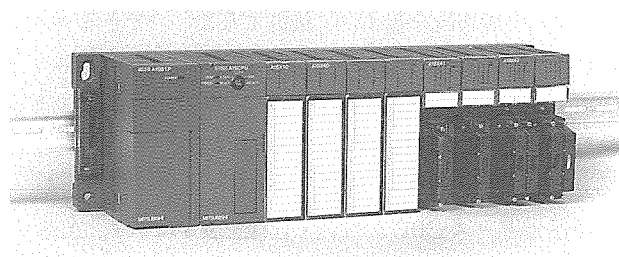


図5. A1S 8枚入出力ユニットシステム

表3. AnSシリーズ機種一覧

品 名	形 名	
CPUユニット	A1SCPU, A2SCPU, A1SJCPU, A2USCPU, A2USCPU-S1	
電源ユニット	A1S61P, A1S62P, A1S63P	
ベースユニット	基本ベース	A1S32B, A1S33B, A1S35B, A1S38B
	増設ベース	A1S52B, A1S55B, A1S58B, A1S65B, A1S68B
入力ユニット	AC入力	A1SX10, A1SX20, A1SX30
	DC入力	A1SX40, A1SX40-S1, A1SX40-S2, A1SX41 A1SX41-S1, A1SX42, A1SX42-S2, A1S42X A1SX71, A1SX80, A1SX80-S1, A1SX80-S2 A1SX81, A1SX81-S2
出力ユニット	接点出力	A1SY10, A1SY18A
	トライアック出力	A1SY22, A1SY28A
	トランジスタ出力	A1SY40, A1SY41, A1SY42, A1S42Y, A1SY50 A1SY60, A1SY60E, A1SY68A, A1SY71 A1SY80, A1SY81
入出力混合ユニット	DC入力, トランジスタ出力	A1SH42, A1SX48Y58
	DC入力, 接点出力	A1SX48Y18
	A1SJ専用ユニット	A1SJ-56DT, A1SJ-56DR
特殊機能ユニット	高速カウンタ	A1SD61
	A/D変換	A1S64AD
	D/A変換	A1S62AD
	温度-デジタル変換	A1S62RD3, A1S62RD4
	アナログ入出力	A1S63ADA
	パルスキャッチ	A1SP60
	アナログタイマ	A1ST60
	割込み	A1SI61
	計算機リンク	A1SJ71C24-R2, A1SJ71C24-R4 A1SJ71C24-PRF
	位置決め	A1SD70, A1SD71-S2, A1SD71-S7
	NELSECNET/MINI-S3	A1SJ71PT32-S3
	MELSECNET	A1SJ71AP21, A1SJ7AR21 A1SJ71AT21B, A1SJ71T25B

表4. 省配線用ユニット

コネクタ/端子台変換 ユニット	A6TBXY36, A6TBXY54, A6TBX70 A6TBX36-E, A6TBX54-E A6TBY54-E, A6TBX70-E
圧接端子台アダプタ	A1S-TA32
リレーターミナルユニット	A6TE2-16SR

いて64点ユニットを開発した。

図5に“A1S”の8枚入出力ユニットシステムを示す。

(2) 高機能・高性能化

AnSシリーズは、小型機種でありながら、中大型機種と同等の高い機能・性能を持っている。“A1SCPU”, “A1SJCPU”, “A2SCPU”は, “A2NCPU”と同等の機能・性能であり, “A2USCPU(-S1)”は“A2ACPU(-S1)”, “A2UCPU(-S1)”と同等の機能・性能である。

特に, A2USCPU(-S1)は, シーケンス命令の処理時間が0.2 μ s /ステップであり, 小型機種としては超高速演算が可能である。さらに, 10Mbpsの高速伝送が可能なネットワークである“MELSECNET/10”ともリンクできる。

(3) 互換性

AnSシリーズでは, 従来の中大型機種との使い勝手を変えないために, プログラミング言語は基本的に同一としている。なお, 将来のプログラミングの主流となることが予想される SFC (Sequential Function Chart) にも全機種対応している。また, 全機種とも周辺装置は, 中大型機種と共用である。

さらに, AnSシリーズの基本ベースに従来のAnN・AnA・AnUシリーズの増設ベースを接続し, AnSシリーズにない従来機種用の入出力ユニットや特殊機能ユニットを使用することが可能である。

(4) 使い勝手

AnSシリーズでは, 制御盤への取付けを容易にするために, DIN レール取付けを標準とした。また, 増設ベースへの接続が容易となるように, 基本ベースの左右端に増設用コネクタを設けている。また, 入出力ユニットへの電線の接続に間違いがないように, 端子台の記号紙の表面には入出力デバイス番号を, 裏面には端子記号を記入できるようにしている。

プログラミング上では, プログラミングメモリのRAM

を AnSCPU ではすべての機種で内蔵しているため、外付けのメモリカセットがなくても運転が可能である。また、プログラムを ROM 化する場合には、メモリカセットを装着することにより可能である。そのメモリカセットの ROM として通常の紫外線消去タイプの EPROM に加え、電気消去タイプの EEPROM にも対応している。

また、小型機種にもかかわらず、AnSCPU ではすべての機種が時計機能を内蔵している。

3.2 製品の構成と仕様

(1) 製品構成

AnS シリーズは、CPU ユニット 5 種、電源ユニット 3 種、ベースユニット 9 種、入出力ユニット 37 種、特殊機能ユニット 20 種の機種をそろえている。AnN・AnA・AnU シリ

ーズにはない入出力混合ユニットなども用意している。各機種の詳細を表 3 に示す。また、省配線のためのユニットとして、入出力ユニットのコネクタ部に装着することにより、外線接続を圧接接続することのできる圧接端子台アダプタや、入出力ユニットのコネクタ部と専用ケーブルで接続することにより、外線接続を端子台に接続することのできるコネクタ/端子台変換ユニットや、コネクタ/端子台変換ユニットの端子台部にリレーを内蔵したりレータミナルユニット等をそろえている。各機種の詳細を表 4 に示す。

(2) 製品仕様

AnS シリーズ CPU の性能・仕様を表 5 に示す。AnS シリーズ用入出力ユニットは、AnN・AnA・AnU シリーズ用入出力ユニットとはほぼ同等の性能を持っている。AnN・

表 5. AnS シリーズ CPU 性能・仕様

機 種		A 1 SJCPU	A 1 SCPU	A 2 SCPU	A 2 USCPU	A 2 USCPU-S 1			
制 御 方 式		ストアードプログラム繰返し演算							
入出力制御方式		リフレッシュ方式／ダイレクト方式の切換可 (設定SWによる)			リフレッシュ方式				
プログラム 言語	シーケンス処理専用 (リレーシンボリック方式 ロジックシンボリック言語)	○							
	MELSAPII (SFC)	○							
入出力点数		最大256		最大512	最大512	最大1,024			
最大プログラム容量 (kステップ)		8		14					
命令数	シーケンス命令 (種)	26		22	25				
	応用命令 (種)	235	237	236	233 (専用命令204)				
命令 実行 時間	シーケンス命令 (μs／ステップ)	ダイレクト時 1.0～2.3 リフレッシュ時 1.0			0.2				
	応用命令 (μs／命令)	数十			数				
データメモリ	デバイスビット	内部リレー (M)	2,048点 M 0 ～M999		8,192点 M 0 ～M999, M2048～M8191				
		ラッチリレー (L)	L1000～L2047		L1000～L2047				
		特殊リレー (M)	256点		M9000～M9255				
		リンクリレー (B)	1,024点 B 0 ～B 3 FF		8,192点 B 0 ～B 1 FF				
		アナンシェータ (F)	256点 F 0 ～F255		2,048点 F 0 ～F2047				
データメモリ	ワークデバイス	タイマ (T)	100ms タイマ	パラメータ で設定 計256点	968点 T 0 ～T199, T256～T1023 0.1～3,276.7s		パラメータ で設定 計2,048点		
			10ms タイマ		56点 T200～T255 0.01～327.67s	1,080点 T200～T255, T1024～T2047 0.01～327.67s			
			100ms 積算タイマ		設定による 0.1～3,276.7s	設定による 0.1～3,276.7s			
		カウンタ (C)	カウンタ		256点 C 0 ～C255			1,024点 C 0 ～C1023	
			割込みカウンタ		設定による				
		データレジスタ (D)	1,024点 D 0 ～D1023		8,192点 D 0 ～D8191				
		特殊データレジスタ (D)	256点		D9000～D9255				
		リンクレジスタ	1,024点 W 0 ～W 3 FF		8,192点 W 0 ～W 1 FFF				
	ファイルレジスタ (R)	設定による (最大4,096点) R 0 ～R4095		設定による (最大8,192点) R 0 ～R8191					
	アキュムレータ (A)		2点 A 0, A 1 (1点=16ビット)						
インデックスレジスタ (V, Z)		2点 V, Z (1点=16ビット)			14点 V, Z (1点=16ビット)				
ポインタ (P)		256点 P 0 ～P255							
割込みポインタ (I)		32点 I 0 ～I31							
マスタコントロールネスティング (N)		8点 N 0 ～N 7							

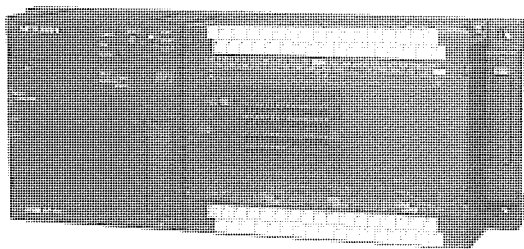


図6. A1 SJCPU

AnA・AnU シリーズ用入出力ユニットでは、外線接続が32点入出力ユニットまでは端子台であるのに対して、AnS シリーズ用入出力ユニットでは16点入出力ユニットまでが端子台であるため、外線接続を端子台で行う大規模システムではAnN・AnA・AnU シリーズが適している。これに対し、AnS シリーズ用入出力ユニットには8点単位の入出力混合のユニットがあり、入出力点数を8点単位で設定できるので小規模システムではAnS シリーズが適している。

特殊機能ユニットについても性能・機能は、AnN・AnA・AnU シリーズ用特殊機能ユニットとほぼ同等となっている。

また、AnS シリーズのほぼ全ユニットは、海外安全規格のUL規格・CSA規格を取得している。

3.3 開発の概要

AnS シリーズは、従来の中大型シーケンサに対して機能・性能を落とすことなく取付面積を約1/2の小型にすることをねらいとして開発した。開発にかかわる技術的側面の中で、小型化、高機能・高性能化、低価格化について述べる。

(1) 小型化

CPU ユニットでは、多くの機能を構成している部分をディスプレイ部品から一つのカスタム IC にし、メモリ素子はリードピッチの狭い表面実装パッケージを採用し、その他の部品も極力表面実装部品を採用するなどで、小型化を実現した。ただし、RUN/STOP 切換えのキースイッチや、周辺装置との接続用コネクタは小型化の障害となるが従来機種との互換性を保つために、従来と同じものを採用した。

入出力ユニットの小型化のための共通事項としては、CPU ユニットとの信号を送受するインタフェース部の数個のロジック IC をカスタム IC 化し、また、入出力のON/OFF 状態を表示する発光ダイオードを表面実装チップ部品とし、その表示方式をスタティック方式からダイナミック方式を採用して接続のコネクタのピン数を減らしてコネクタを小型化したりして入出力ユニットの小型化を実現した。なお、小型化によって外来ノイズに対する耐量が下がらないように、入出力ユニット用のカスタム IC にはノイズフィルタ回路等のノイズ対策回路を内蔵させてノイズ耐量の向上を図った。

そのほかには、プリント基板上の実装面積を減らすために、従来の半分の厚さのリレーを開発し、また、従来の半分のリードピッチで大電流駆動の表面実装タイプフォトカップラ

を開発した。また、64点入出力ユニットにおける外部機器との接続用のコネクタは互換性のために、従来の中大型機種の入出力ユニット用と同じものとしたが、小さなプリント基板に効率良く実装するために、新しく2段重ねコネクタを開発した。以上のことにより、従来にはない小型機種における64点入出力ユニットの開発に成功した。図5における右から1番目と2番目のユニットが、上記の2段重ねコネクタを採用した64点入出力ユニットである。

ベースユニットは、新しくDIN レール取付けを標準としたが、DIN レールの機構を設け、更に小型にするためにできるだけ薄くし、強度を十分持たせる必要があった。この課題を解決するために、強度と精度面を板金に持たせ、複雑なDIN レールの機構部をモールドに持たせた板金モールド一体成形を採用し課題を解決した。

(2) 高機能・高性能化

AnS シリーズは、小型機種でありながら従来の上位である中大型機種と同等の機能、性能を持っている。特にA2USCPU(-S1)は、大型機種と同じビット演算回路、ハードウェアロジック回路などを1チップに内蔵させたシーケンス演算専用マイクロプロセッサMSP(Mitsubishi Sequence Processor)を使用することにより、小型機種では高速の0.2 μ s/ステップの処理速度を実現した。このMSPは、必要機能のほとんど(タイマ、カレンダ、シリアル入出力等)を内蔵しているため、A2USCPU(-S1)のハードウェア構成は単純なものとなり、高機能・高性能化のみならず、小型化・高信頼性化にも貢献している。

(3) 低価格化

AnS シリーズの中では特にA1SJCPUが低価格を目指した機種であるが、低価格にするために電源部、CPU部、ベース部を一体構造とすることにより、各部間のインタフェース回路の単純化とプリント基板の枚数の削減を行い構成部品点数を減らした。さらに電源部も、部品点数が少なくなる回路方式を採用し、部品点数を削減した。図6にA1SJCPUを示す。

また、A1SJCPU専用の薄形入出力ユニットである“A1SJ56DT/DR”も、低価格化のためにすべての機能を従来は2枚のプリント基板で構成していたのを1枚のプリント基板で構成した。

(4) その他

以上のように開発したAnS シリーズは、平成5年に“小型シーケンサA1Sシリーズの開発”で電機工業技術功績者表彰会長特別賞を受賞した。

4. む す び

今後ますますダウンサイジングに対する市場の要求は増加すると思われる。その要求に対応するとともにFX₀・FX_{0N}シリーズとAnSシリーズを更に充実していく所存である。

高機能・高性能シーケンサ “QnAシリーズ”

伊藤龍男* 坂本 昇*
太田 俊*
森田英昭*

1. ま え が き

FA (Factory Automation) システムの中核コンポーネントとして重要な位置付けにあるシーケンサ (プログラマブルコントローラ, 又は PC ともいう。) は, CIM (Computer Integrated Manufacturing) 化や FA システムの大規模・複雑化に伴い, より高性能, 高機能化及び使いやすさが要求されている。

当社は, 1990 年に業界初のシーケンサ専用マイクロプロセッサ “MSP” (Mitsubishi Sequence Processor) を搭載した “AnACPU” を開発し, 業界一の処理速度を実現した。そして, 1994 年にはシーケンサ用高速ネットワーク “MEL SECNET/10” と, それに対応した “AnUCPU” を開発し, ネットワークの充実を図ってきた。

今回開発した “QnA シリーズ” は, 肥大化するシーケンスプログラムの開発効率向上を主眼とし, 基本性能を大幅に向上させるとともに, 更なる高機能化を図り, 新たな基盤となるシーケンサを目指したものである。

2. 開発のねらい

当社は, FA システムの大規模化・複雑化に対応するため, データ処理や通信処理等の機能の拡大と, それらの処理に対応した基本性能の向上を進めてきた。

しかしながら, 肥大化するシーケンスプログラムの生産性 (プログラム開発, デバッグ, 保守) 向上に対しては, ユーザのシーケンスプログラム資産及び互換性等への配慮から, 本格的な改善が立ち遅れていた。

今回の QnA シリーズは, 周辺ソフトウェアパッケージ群, CPU ユニット, ネットワークユニット, 関連するユニットを一新し, その他は現行 “A シリーズ” のユニット群を使用することにより, 現行 A シリーズとの互換性を維持しながらも, シーケンスプログラムの生産性を本格的に向上させるものである。

シーケンスプログラムのプログラム生産性向上では, 以下の点を重点指向している。

- (1) シーケンスプログラム容量やデバイス容量, 処理速度等のハードウェアの制約を受けずに, 自由にプログラム設計ができること。
- (2) 複数の設計者が分担して開発, デバッグできる開発環境であること。

(3) プログラムの構造化・標準化により, プログラムの作成効率を向上させるとともに, だれが見ても分かりやすいプログラムを作成できること。

(4) CIM 化に対応した分散化システムを容易に構築可能であると同時に, 運用が容易であること。

なお, QnA シリーズは, シーケンスプログラムの生産性向上のほかに, 業界最高速のシーケンス命令処理時間 75 ns を始めとした基本性能の追求と, 現在市場に普及している “MELSEC-A シリーズ” についての多くのユーザ要求を反映することによる使い勝手の向上により, ハードウェア・ソフトウェア共に充実を図っている。

3. システムの概要

“QnACPU” 基本システムの構成写真を図 1 に示す。QnA シリーズは, シーケンスプログラムの生産性向上のための周辺ソフトウェアパッケージ群, QnACPU, メモリカード, QnACPU と親和性の高いネットワークユニット, システムの高速化を図る高速アクセス基本ベース等で構成されている。

QnACPU を中心とする, システムのハードウェア構成を図 2 に示す。QnACPU では, MSP の高速化とシステムゲートアレーの高速化を行うとともに, シーケンスプログラムメモリの大容量化及び内蔵化, デバイスメモリの大容量化, JEIDA Ver 4.0 メモリカード (SRAM, EEPROM, フラッシュメモリ) の 2 スロット装備を行い, 大規模システムへの柔軟な対応を図っている。

また, システムとしては, 高速アクセス基本ベース, 及び完全デュアルポート化したバッファメモリを持つ特殊機能ユニットの開発により, システム全体の性能向上も図っている。

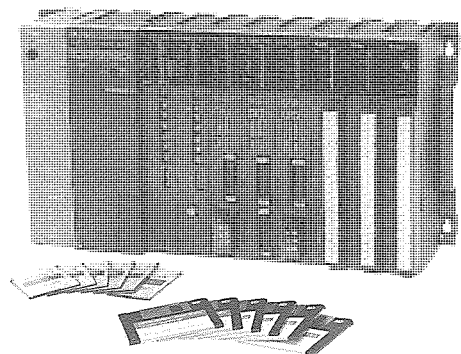


図 1. QnACPU 基本システム

4. 特 長

QnA シリーズの中心である QnACPU の主な仕様について、表1に示す。

4.1 処理能力の向上

(1) CPU 本体の高速化

MSP を更に高性能化した“newMSP”を開発し、業界最高速のシーケンス命令処理時間 75 ns (AnUCPU 比 2 倍) を実現した。さらに、MSP の能力を最大限に生かした内部コード体系を構築することにより、AnUCPU 比約 1.5 倍の処理速度を実現した。両者により、PCMIX 値 (1 μ s に実行可能な平均命令数) は、当社 AnUCPU 比 3 倍の性能となる。

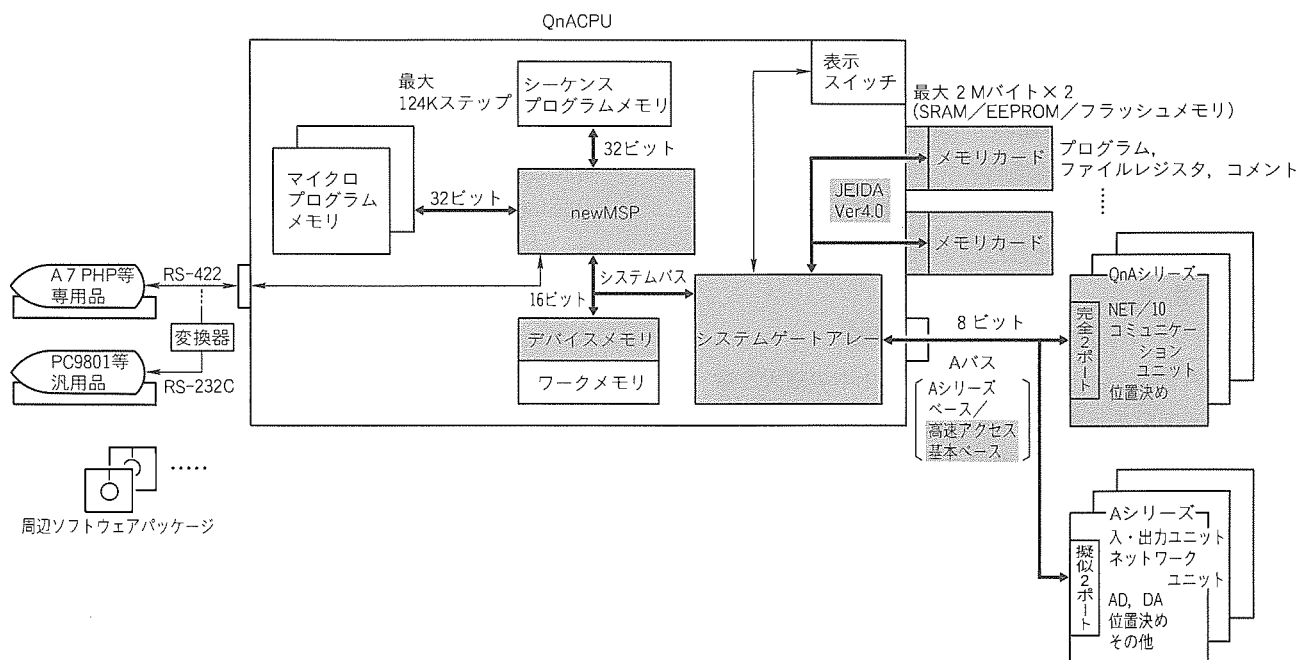


図2. 高性能・高性能シーケンサ QnACPUを中心とするシステムのハードウェア構成

表1. CPUユニット仕様

		Q2A	Q2A-S1	Q3A	Q4A	A2U	A2U-S1	A3U	A4U
制 御 方 式		ストアードプログラム繰り返し演算				ストアードプログラム繰り返し演算			
入出力制御		リフレッシュ(デバイス名により, ダイレクト処理可)				リフレッシュ(部分リフレッシュ命令)			
プログラム言語		リスト, ラダー, SFC				リスト, ラダー, SFC			
命 令 数 (種)		シーケンス命令/データ命令/特殊用命令 →約25/300~400/約120				シーケンス命令/データ命令/特殊用命令 →約25/約200/約120			
処理速度	LD (μs)	0.2		0.15	0.075	0.2		0.15	
	MOV (μs)	0.6		0.45	0.225	1.2		0.9	
	MIX値 (命令/μs)	1.33		1.77	3.54	0.90		1.20	
I/O点数 (点)		512	1,024	2,048	8,192	512	1,024	2,048	8,192
プロ	容量 (Kステップ)	28	60	92	124	14		30×2	30×4
グラム	ファイル数 (本)	28	60	92	124	-(1本)		-(2本)	-(4本)
デバイスメモリ (点)		合計32Kワード (割付可変)				合計24Kワード (割付固定)			
		X: 8K, Y: 8K		T: 2K		X: 8K, Y: 8K		T: 2K	
		M: 8K, L: 8K, S: 8K		C: 1K		M/L/S: 合計8K		C: 1K	
		B: 8K		D: 12K		B: 8K		D: 8K	
		F: 2K		W: 8K		F: 2K		W: 8K	
		SM: 2K		SD: 2K		特M: 256		特D: 256	
		V: 2K		FD: 5				A: 2	
		SB: 2K		SW: 2K					
		FX: 16, FY: 16							
ファイルレジスタ (Kワード)		最大 1,018×2				最大 512			
ポインタ (点)		4,096				256			
インデックスレジスタ (点)		16 (Z0~Z15)				14 (Z, Z1~Z6/V, V1~V6)			
メモリ	容量 (Kバイト)	最大 2,037				最大 1,024			
カード	ファイル数 (本)	最大 128				—			

処理能力の詳細を、表2に示す。

また、JEIDA 規格最高アクセス速度 (100ns) のメモリアードの採用と、専用のメモリアードアクセスハードウェアにより、拡張メモリの処理速度を 450ns (AnUCPU 比 15 倍) とし、大容量データのアクセス速度を飛躍的に高速化した。

(2) システム全体の高速化

システム全体の高速化を図るためには、CPU ユニット本体のみならず、ネットワークユニット、特殊機能ユニット間とのデータアクセスを高速化することが必要である。今回、高速アクセス基本ベース“A38HB”を新規開発し、QnACPU とネットワークユニット間のアクセス速度を AnUCPU 比 2 倍とした。さらに、特殊機能ユニット類のバッファメモリを完全デュアルポート化し、アクセス速度を AnUCPU 比で数十倍と飛躍的に高速化した。

4.2 大容量化

(1) 連続実行シーケンスプログラム容量の拡張

A シリーズでは、シーケンスプログラム 1 本の最大容量は 30k ステップであった。今回開発した newMSP により、約 4 倍の 124k ステップまでプログラミング可能とした。さらに、前述した内部コードの効率化により、約 60% の容量

でプログラミングが可能となった。両者により、実質のシーケンスプログラム容量は、約 6 倍となった。

(2) 拡張メモリの大容量化

4.1 節にて説明したメモリアードを 2 スロット装備することで、ファイルレジスタ、コメントデータ等を最大 2M バイト×2 (AnUCPU 比 4 倍) まで使用可能とした。

4.3 プログラム管理

(1) ファイル管理

シーケンスプログラムを最大 124 本作成でき、ファイルとして管理するようにした。機能別/設計者別/工程別など分かりやすくプログラムを分割できるため、複数の設計者での分担設計/デバッグ/保守が容易にできるようにした。ファイル一覧の例を図3に示す。

(2) マルチレベル実行方式

シーケンスプログラムの実行形態を図4に示す。シーケンスプログラムごとに、4 種類の実行タイプ (イニシャル実行: 電源 ON 時のみ実行, スキャン実行: 毎スキャン実行, 低速実行: 1 スキャン時間からスキャン実行分を差し引いた残り時間実行, 待機実行: 必要時のみ実行) を指定可能とすることで、制御内容に則して効率良く制御できるようにした。

表2. 高速演算処理

項 目			Q2A (-S1)	Q3A	Q4A	A2U (-S1)	A3U, A4U
内部演算	各命令 処理時間 (μs)	LD命令 (LD X0)	0.20	0.15	0.075	0.20	0.15
		OUT命令 (OUT Y0)	0.40	0.30	0.15	0.40	0.30
		タイマ (OUT T0 K5)	1.60	1.20	0.6	0.63~8.7	0.48~6.5
		カウンタ (OUT C0 K5)	1.60	1.20	0.6	0.67~5.2	0.5~3.9
		転送命令 (MOV D0 D1)	0.60	0.45	0.225	1.2	0.9
		加算命令 (+D0 D1)	2.40	1.80	0.9	2.8	2.1
	PC MIX 値 (命令/μs)		1.33	1.77	3.54	0.90	1.20
その他	ファイルRの高速化 (μs)	1ワード転送	0.8	0.60	0.450	7.6	5.7
	バッファメモリ転送の高速化 (μs)	1ワード転送	完全デュアルポートRAM時 20以下 20以下 20以下			擬似デュアルポートRAM時 100~10,000 100~10,000	
	リンクリフレッシュの高速化 (ms)	W 8,192点 転送	高速基本ベース時 19.7 14.7 14.7			Aシリーズ基本ベース時 32.8 31.9	

1/ファイル 2/PC 3/検索 4/トレース 5/編集 6/テスト 7/ウィンドウ Alt:メニュー F12:ヘルプ
オンライン CPU: Q2A ネット: 255-64局 C: 機械1234*ファイル1234 [上書] F11:モード
【ファイル一覧】

接続インタフェース RS-422ポート<---->QnACPU
接続先PC ネットワークNo: 100 局番: 33 PCタイプ: Q2
対象メモリ 内蔵メモリ 見出し文 [前行程ライン]

ファイル名	種別	サイズ	日付	時間	見出し文
PARAM	パラメータ	2048	92-07-27	16:25	[梱包ライン用パラメータ]
LINE 1	シーケンス(S)	256000	92-07-27	16:25	[梱包ライン用1用論理シーケンス]
LINE 2	シーケンス	65536	92-07-27	16:25	[梱包ライン用2用シーケンス]
LINE 1	コメント(命)	8192	92-07-27	16:25	[梱包ライン用1用ポインタスタートメント]
LINE 2	デバイス初	8192	92-07-27	16:25	[梱包ライン用2用ポインタスタートメント]
LINE 1	ラベル	256000	92-07-27	16:25	[梱包ライン用1用デバイスコメント]
LINE 2	SFC(S)	65536	92-07-27	16:25	[梱包ライン用2用デバイスコメント]
LINE 5	ラベル	256000	92-07-27	16:25	[梱包ライン用1用デバイスコメント]
LINE 5	SFC(S)	65536	92-07-27	16:25	[梱包ライン用2用デバイスコメント]

ファイル数: 123 連続最大空容量 1507328バイト 全空容量 123456バイト

1 PC書込み 2 PC読み出し 3 テスト 4 窓選択 5 検索 6 選択 7 カット 8 コピー 9 0

図3. プログラムのファイル管理

さらに、ラダー命令や周辺機器から各プログラム単位での起動/停止を可能とし、非常停止や段取り替えなどを速やかに実行できるようにした。

4.4 容易なプログラミング

(1) シーケンスプログラムの構造化・標準化

各シーケンスプログラムごとに、そのシーケンスプログラムでのみ使用できるデバイスを設定可能とした。これにより、他のシーケンスプログラムとのデバイスの重複を意識せずにプログラミングでき、シーケンスプログラムの独立性を高めることができる。

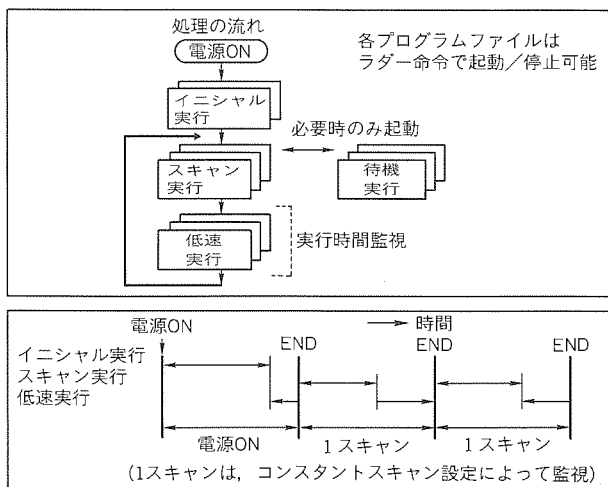


図4. シーケンスプログラム実行形態

また、データの引渡しを自動的に行うサブルーチンの実行や、従来のラダーでは表現しにくかった IF ~ THEN などの制御構文を取り入れ、シーケンスプログラムの構造化を容易にした。

また、マクロ命令によりユーザが命令を定義できるようにし、プログラムの標準化・簡素化を可能とした。

(2) カスタマイズ化

合計 32K ワードの範囲内で、デバイス点数を変更可能とした。これにより、システムに最適なデバイス構成をとることができる。

(3) 簡単プログラミング

特殊機能ユニットのバッファメモリを、通常のデバイスメモリと同じ感覚で扱えるようにした。また、複数の命令で構成されていた専用命令を 1 命令で表現できるようにした。さらに、約 200 種類の命令を標準で装備し、簡単にプログラムできるようにした。プログラミング例を図 5 に示す。

4.5 デバッグ、保守性向上

ある指定ステップでのデバイスのモニタ、演算状態やデバイス状態をトリガとしてのデバイスのモニタ、インデックス修飾された状態でのデバイスのモニタ等を可能とし、大規模なシーケンスプログラムのデバッグを容易にできるようにした。また、複数箇所からオンラインでシーケンスプログラムの変更を可能とし、複数の設計者が効率良くデバッグできるようにした。

機 能	AnUCPUでの表現形式	QuACPUでの表現形式
特殊ユニット バッファメモリの デバイス扱い	<pre> FROM H10 K10 D0 K2 D+ D0 K4 D2 T0 H40 K20 D2 K2 </pre>	<pre> D+ U10 G10 K4 U40 G20 </pre>
従来専用命令 の簡素化	<pre> LEDA HEX LEB D0 LEDC W0 LEDC K5 LEDR </pre>	<pre> HEX D0 W0 K5 </pre>
自由なデバイス 表現	<pre> M9036 X0 M1 MOV D0 K4 M0 PLS M10 LEDA DOUT LEDC Y0 LEDR </pre>	<pre> D0.1 X0 <DY0> </pre>
構造化 プログラミング	<pre> 起動 X0 <M0> MOV W0 D0 CALL P0 MOV D1 W1 P0 MOV D0 R0 MOV K1 D1 RET </pre>	<pre> 起動 CALL P0 X0 W0 W1 P0 FX0 MOV FD1 R0 MOV K1 FD2 RET </pre>

図5. プログラミング例

さらに、シーケンスプログラム以外のコメントやファイルレジスタも ROM 化可能とした。これにより、バッテリーのメンテナンスフリーが可能となり、現場での保守性を向上させた。

4.6 CIM化対応

メッセージ送受信命令を追加し、ネットワーク接続された QnACPU 間で自由にデータを交換できるようにした。また、リンクデバイスをダイレクトにアクセス可能とし、リンクデバイスのリフレッシュ時間を短縮できるようにした。

さらに、作業が困難な場所に設置された CPU がダウンしても、ネットワーク経由でエラー状態の監視や CPU リセットを可能とし、遠隔地からの集中管理を可能とした。

4.7 SFCの性能・機能向上

SFC (Sequential Function Chart) プログラムの処理速度を AnUCPU 比 2 倍に高速化した。

また、出力保持や動作保持等のステップ属性を追加し、保持回路や常時実行回路を記述可能とした。さらに、直列につながるステップ間で、同時に複数ステップの実行を可能とし、搬送ラインのように次々と物が流れるシステムも簡単に記述できるようにした。

A シリーズでは、スケルトン図でしか扱えなかった SFC

プログラムを、リストでも扱えるようにした。これにより、簡易プログラミングユニットでの SFC プログラムの修正が可能となり、現場での操作性を向上させた。

4.8 互換性

現行 A シリーズのシーケンスプログラムと QnA シリーズのシーケンスプログラムを、周辺ソフトウェアパッケージにより、双方向で変換可能とした。また、ベース、電源ユニット、入出力ユニット等のハードウェアは現行品をそのまま使用可能とした。これにより、ユーザが今まで蓄積してきたソフトウェア、ハードウェア資産を使用できるようにした。

5. むすび

今回紹介した QnA シリーズは、シーケンスプログラムの開発・デバッグ・保守からなるシーケンスプログラムの生産性が向上し、シーケンサを使用する装置・システム全体の工期短縮及び費用の削減に大きく貢献できるものであると確信する。

今後は周辺ソフトウェアパッケージ群や関連機器の品ぞろえを図り、更にシリーズ全体として充実したものとしていく所存である。

シーケンサ機能付きモーションコントローラ “A 171 S” “A 273 U”シリーズ

滝沢義知* 岡田美佐子*
戸祭和彦*
斎藤公美雄*

1. ま え が き

“A171S”“A273U”シリーズモーションコントローラは、サーボコントローラに高性能汎用シーケンサ“MELSEC-A”の機能を組み込むことにより、従来2種類のコントローラで制御していたモーション制御とシーケンス制御を、1台のコントローラで行うことを可能とした。これにより、シーケンス制御とサーボ制御の両方の機能を必要とする生産システムが容易に統合制御可能となった。さらに、コントローラの適用分野を拡大可能とすると同時に、システム全体の性能向上も可能とした。

また、MELSEC-Aシリーズで準備されているすべてのネットワークユニットが使用可能なため、“MELSECNET”で接続されたFAコントローラ、シーケンサで構成された生産情報管理、運転状況監視システムなどにも対応可能とした。本稿ではモーションコントローラ“A171S、A273U”の概要及び特長について紹介する。

2. モーションコントローラの構成及び仕様

モーションコントローラとしては、制御軸数最大4軸、入出力点数最大256点のA171S、及び制御軸数最大8軸、入出力点数最大1,664点のA273Uを開発した。2種のモーションコントローラを規模に応じ選択することで、小規模なシステムから大規模なシステムまで自在に対応可能とした。

図1、図2にA171S、A273Uモーションコントローラの外観を、図3、図4にハードウェアのシステム構成を示す。表1に、A171SCPU、A273UCPUの仕様を示す。

技術的特長について以下に述べる。

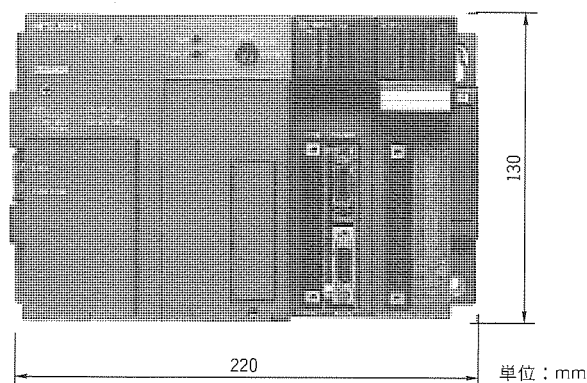


図1. A171Sモーションコントローラ外観

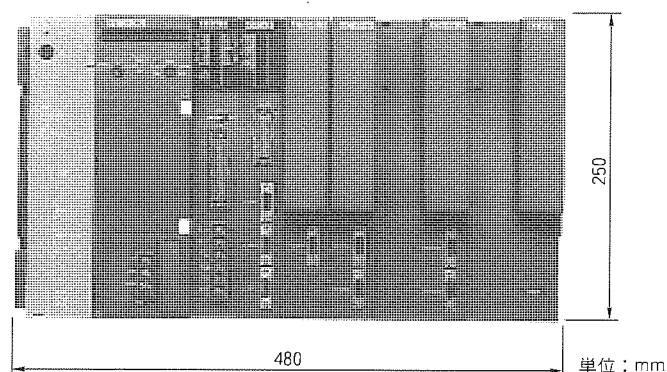


図2. A273Uモーションコントローラ外観

(1) シーケンス制御とモーション制御を1ユニット化

CPUユニット内のハードウェア構成を図5に示す。独立したシーケンス制御プロセッサ、モーション制御プロセッサを持ち、シーケンス制御、モーション制御に必要な機能は独立して持っているため、二つの制御を同時に実行することにより、シーケンサ、サーボコントローラなどの専用コントローラと同様の制御性能を確保している。

また、それぞれのプロセッサ間でデータの交換を行うエリアについては、デュアルポートメモリを採用することにより、それぞれのプロセッサが相手のプロセッサの状態に関係なく高速にデータ交換を可能とし、ソフトウェア処理によってハンドシェイクなどでデータ交換するのに比べ、データ交換に要する時間を1/2～1/3に短縮した。

(2) 用途に応じたソフトウェアパッケージ

搬送機、自動機、工作機周辺などの制御用として各マシンに適したソフトウェアパッケージを用意した(図6)。これらのソフトウェアパッケージをコントローラにインストールすることにより、機械や制御内容に最適なモーションコントローラを提供できるようにした。このためモーションコントローラでは、インストールされたソフトウェア格納用メモリとして書換え可能なフラッシュメモリを採用した。これによりハードウェアは同一でも、シーケンス制御、モーション制御プロセッサのOSはソフトウェアパッケージごとに最適なものを提供できるようにした。

(3) モーションネットワーク

モーションコントローラとサーボアンプとの通信方式として、マルチドロップ高速シリアル通信方式(モーションネットワーク)を採用した(図7)。これにより、モーションコ

ントローラからモーションネットワーク対応サーボアンプ
“MELSERVO MR-H-B” 及び“MR-J-B” への指令の伝
送配線の簡素化を実現した。さらに、エラーチェック機能採
用によるデータの信頼性向上及びサーボアンプからの運転情

報が容易にモーションコントローラに取り込めることにより、
モーションコントローラでのモニタ機能が充実した。また、
絶対値システム対応が、特別なハードウェアを設けることな
く可能となった。また、モーションネットワークを使用し、

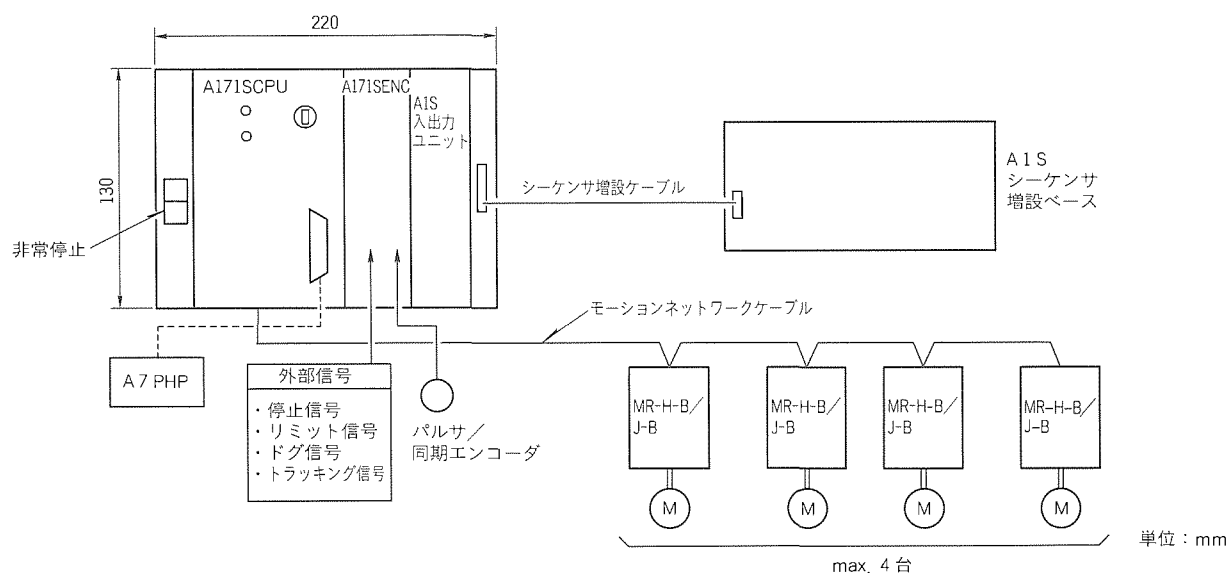
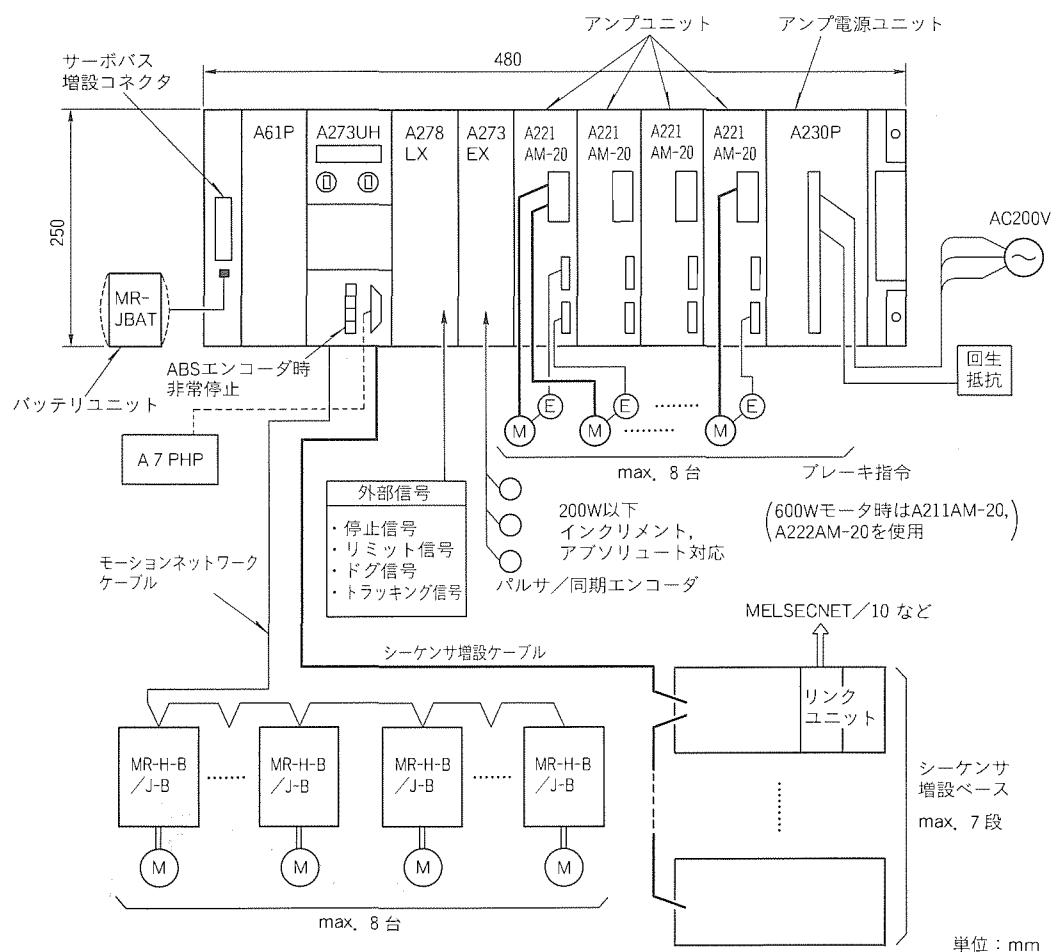


図3. A171Sモーションコントローラシステム構成



注 1台のA273U CPUで制御可能な軸数は、内蔵、外付け合計で8軸まで

図4. A273Uモーションコントローラシステム構成

サーボアンプで使用する各種のサーボ制御パラメータもモーションコントローラから伝送可能であり、モーションコントローラによる制御パラメータの集中管理が可能である。

(4) ビルトイン AC ドライブ、サーボ電源ユニット

モーションコントローラ A273U では、図 8 に示す入出力ユニット形状のビルトインタイプの AC モータドライブユニット及びサーボ電源ユニットをラインアップした。AC モータドライブユニットは、モーションベースユニットに直

接装着し、CPU ユニットから、モーションベース内のバスを經由して位置指令等のモーション指令を授受し、サーボモータを PWM 制御する。また、サーボ電源ユニットにより、モータ駆動に必要なサーボ電源部を共通化することでサーボ電源部を小型化した。両ユニットを使用することで、600 W 以下のサーボモータを使用するシステムはモーション制御部とサーボアンプ部を一つのベースユニット内で構成でき、モーションコントローラ、サーボアンプを別々に設置するのに比べ、シンプルなシステムを構築可能とした。

(5) シーケンサユニットとの共通化

モーションコントローラ A171S、A273U では、入出力ユニット、制御電源ユニット等、主にシーケンス制御に使用するユニットについては MELSEC-A シリーズのユニットがそのまま使用できるようなインタフェースを採用し、予備品の共用化を可能とした。

3. プログラミング

モーションコントローラのプログラミングとしては、シーケンス制御内容を記述するシーケンスプログラム、モーション制御内容を記述するサーボプログラムとがある。モーションコントローラの制御としては、シーケンスプログラムからサーボプログラムを起動することを基本としている。

3.1 シーケンス制御

プログラミングの特長

(1) シーケンスプログラム

シーケンスプログラムは、サーボプログラム起動命令を除き、A171SCPU については MELSEC-A “A1SCPU”，A273UCPU については “A3UCPU” の命令を使用可能とした。サーボモータの現在値等のモーション制御情報については、データレジスタ D の特定のエリアを専用に割り付けることにより、シーケンスプログラムでいつでも読出し可能とし、特別なシーケンスプログラムの作成といったシーケンスプログラム作成負荷

表 1. A171SCPU, A273UCPU の仕様

		A171S	A273U
モーション制御機能	制御軸数	4 軸	8 軸
	補間機能	直線補間 (最大 4 軸), 円弧補間 (最大 2 軸)	
	制御方式	PTP, 速度制御, 寸送り, 速度位置制御, CP, 速度切換制御, 位置追従制御	
	加減速処理	自動台形加減速, S 字加減速	
	補正機能	バックラッシュ補正, 電子ギヤ	
	プログラム言語	専用命令	
	プログラム容量	32K バイト	59K バイト
	プログラムツール	A7 PHP, PC9800 シリーズ, IBM PC (DOS/V), A30TU	
	原点復帰機能	近点ドグ式, カウント式, データセット式	
	手動パルス運転機能	1 台接続可能	3 台接続可能
シーケンス制御機能	絶対位置システム	絶対位置検出器付きモータで可能	
	制御方式	ストアードプログラム繰返し演算	
	入出力制御方式	リフレッシュ/ダイレクト方式選択可能	リフレッシュ方式
	プログラム言語	シーケンス制御専用言語 (リレーシンボル語, MELSAP II (SFC))	
	命令数	237	476
	処理速度	ダイレクト時: 1.0~2.3 μ s/ステップ リフレッシュ時: 1.0 μ s/ステップ	0.15 μ s/ステップ
	入出力点数*	256 点	1,664 点
	入出力デバイス点数*	—	7,808 点
	プログラム容量	最大 8 K ステップ	最大 60 K ステップ
	内部リレー点数	2,048 点	8,192 点
	リンクリレー点数	1,024 点	8,192 点
	タイマ点数	256 点	2,048 点
	カウンタ点数	256 点	1,024 点
	データレジスタ点数*	1,024 点	8,192 点
	リンクレジスタ点数	1,024 点	8,192 点

注 * 位置決め専用にデバイスを専有する。また、使用する OS によって専有するデバイスの範囲が異なる。

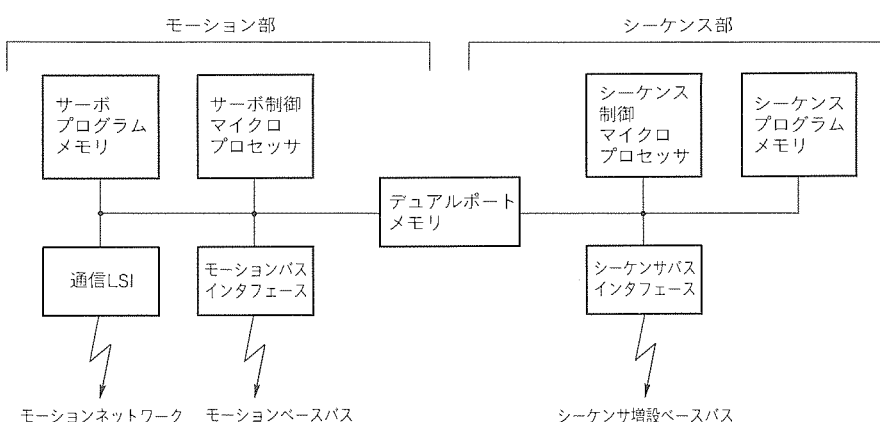


図 5. “A171S” “A273U” CPU ユニットハードウェア構成

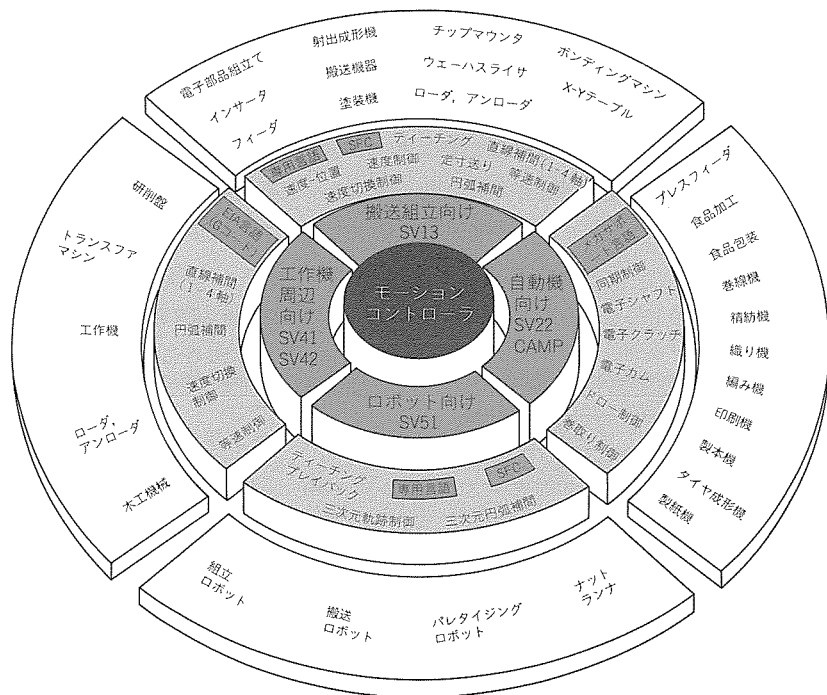


図 6. 用途別ソフトウェアパッケージの適用分野

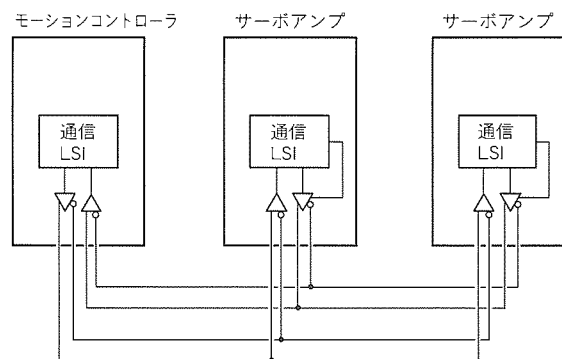


図 7. モーションネットワーク構成

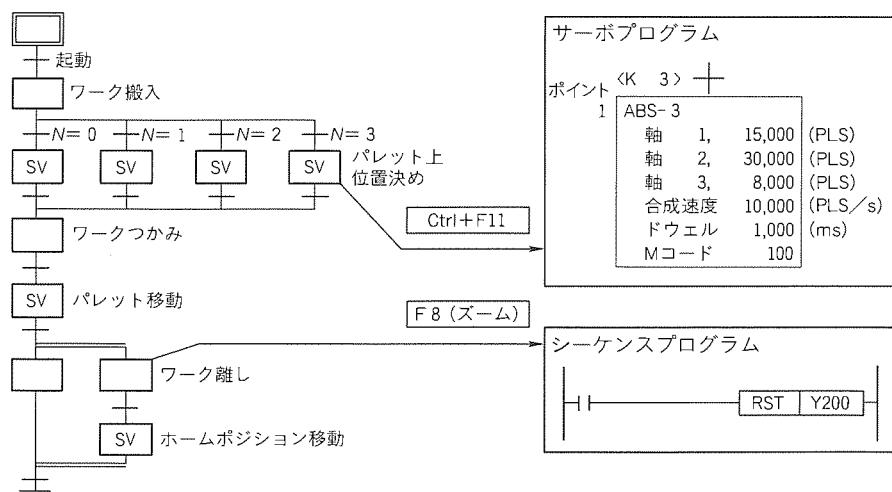
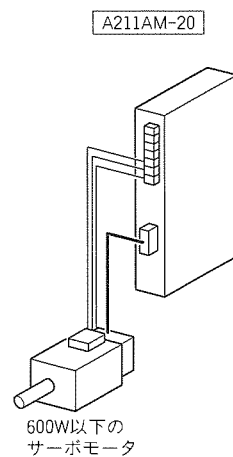


図 9. サーボプログラム, シーケンスプログラムのSFCプログラム

の軽減を可能とした。

(2) SFC

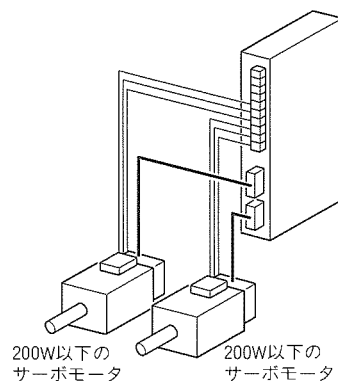
MELSEC-A で採用している SFC (Sequential Func-



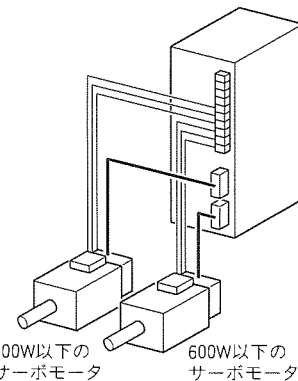
(a) 1 軸/ユニット
1 スロット専有

A221AM-20

A222AM-20



(b) 2 軸/ユニット
1 スロット専有



(c) 2 軸/ユニット
2 スロット専有

図 8. ビルトインタイプACモータドライブユニット

tion Chart) 対応として図 9 に示すような各動作を規定する“ステップ”の記述にシーケンスプログラム又はサーボプログラムでの記述を選択可能とした。これにより、SFC 記述でシーケンス制御のためのプログラム、及びモーション制御のためのプログラムを同時にプログラミング、モニタ可能とし、従来別々の画面でプログラミング、モニタしていたのに比べて設計、保守を容易とした。

3.2 モーション制御

プログラミングの特長

モーション制御内容を記述するサーボプログラムは、ソフトウェアパッケージの種類により、プログラム言語が用途に

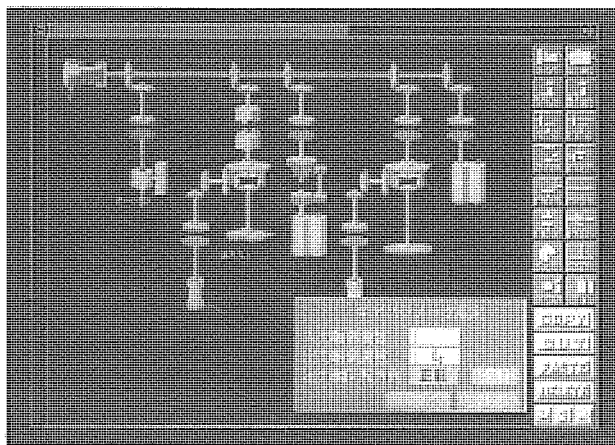


図10. メカサポート言語によるプログラミング

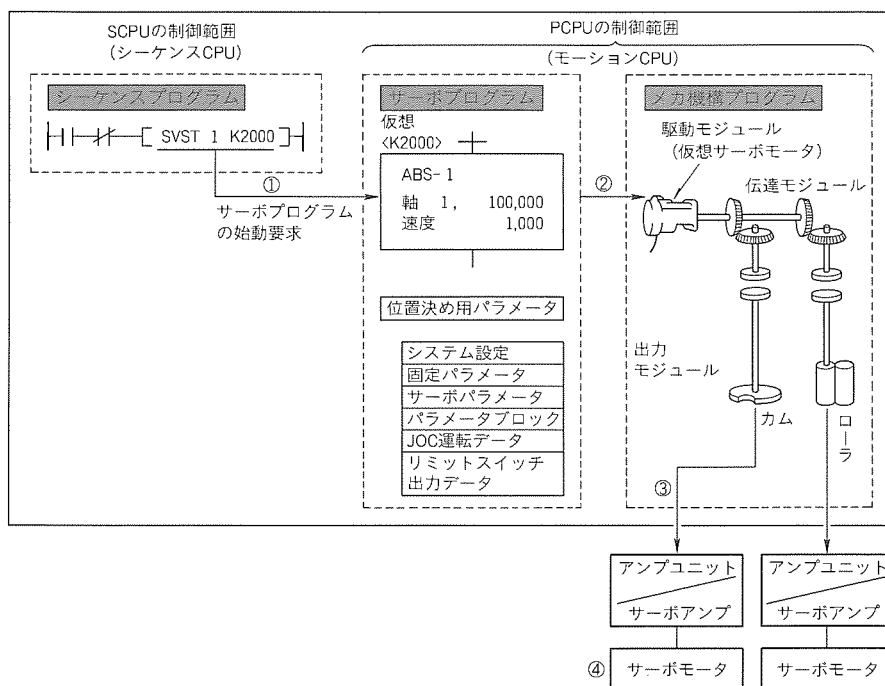


図11. メカサポート言語の制御の流れ

最適になるようにしている。

(1) 専用言語

1～4軸の直線補間，2軸円弧補間，CP制御，速度制御などの制御をメニュー選択形式でプログラミング可能なソフトウェアパッケージで，搬送機，組立機などの用途に最適なプログラミング環境を提供する。

(2) メカサポート言語

従来の同期制御を必要とする自動機では，各制御軸をメインシャフト，ギヤ，クラッチ，カムなどの各種ハードウェアメカによって構築していた。モーションコントローラではメインシャフト，ギヤ，クラッチ，カムなどのハードウェアの基本動作を“メカモジュール”というソフトウェア処理単位

で処理する方式を採用した。これにより，メカモジュールを各種自動機に適したように組み合わせることにより，サーボモータの同期動作，カム動作を実現可能とした。メカモジュールを使用したプログラミングを“メカサポート言語”と名付けた。メカサポート言語によると，複数のサーボモータの同期制御，カム制御プログラムはメカモジュールをCRT画面上でマウスによって組み合わせる操作をすることにより，所要動作の機構図を作成する形式でプログラム可能であり，プレスフィーダ，包装機等の自動機などの用途に適したプログラミング環境を提供する(図10，図11)。

(3) EIA言語(Gコード)

1～4軸の直線補間，2軸円弧補間，CP制御，速度制御などの制御をEIA言語(Gコード)でプログラム可能なソフトウェアパッケージで，工作機周辺でモーションコントローラを使用する場合，工作機と同様のEIA言語(Gコード)でプログラミング言語を統一したい用途に最適なプログラミング環境を提供する。

4. む す び

シーケンス制御については“MELSEC”との親和性を持たせながら，モーション制御については用途ごとのソフトウェアパッケージを用意したことにより，市場ニーズの多様化への対応可能と考えるモーションコントローラを開発した。

今後もモーション制御性能の向上，モニタリング機能の強化など使いやすさを追求しつつ様々な用途に対応したモーションコントローラシリーズに発展させる予定である。

参 考 文 献

- (1) 戸祭和彦：モーションコントローラの開発，ファクトリ，オートメーション，No.8，89～94 (1994)

FA用ネットワーク“MELSECNET/10” 及び各種オープンネットワーク

杉山 彰* 伊藤龍男*
高橋俊哉* 渡辺 孝*
深津法保* 可部明克*

1. ま え が き

製造業における生産システムの効率追求が進むなかで、FA (Factory Automation) はその中核技術として広く普及している。そして厳しい事業環境下で、生産活動の体質を更に強化するには、ネットワーク技術を基盤とする工場内の通信インフラストラクチャの整備が急務となっている。こうしたFA分野とOA分野 (Office Automation) とを、ネットワークによって有機的に結合し、企業情報の統合による生産体質の強化を早急に実現しなければならない。

本稿では、統合システムにおけるネットワークの階層構成と、FA用ネットワークの位置付け・役割等について触れ、10Mbpsの伝送速度を実現した高速・高信頼性ネットワークである“MELSECNET/10”の先進技術を紹介する。また、市場の動向に応じて順次サポートを強化しているオープンネットワーク対応機器の概要も述べる。

2. ネットワークの

階層構成と位置付け

2.1 ネットワークの 階層構成

統合システムの代表例として、生産活動を一元管理するCIM (Computer Integrated Manufacturing) が挙げられる。図1に示すように、CIMを構築するネットワークは、大きく分けて工場外との接続を行うWAN (Wide Area Network) と、工場内の機器同士を接続するLAN (Local Area Network) がある。LANは、構内など比較的限られた場所に適したネットワークであり、FA用としてはノイズなどの設置環境の厳しい工場現場部門に敷設される。

2.2 各FA用ネットワークの 位置付けと取組

通信の発生頻度は高いが、比

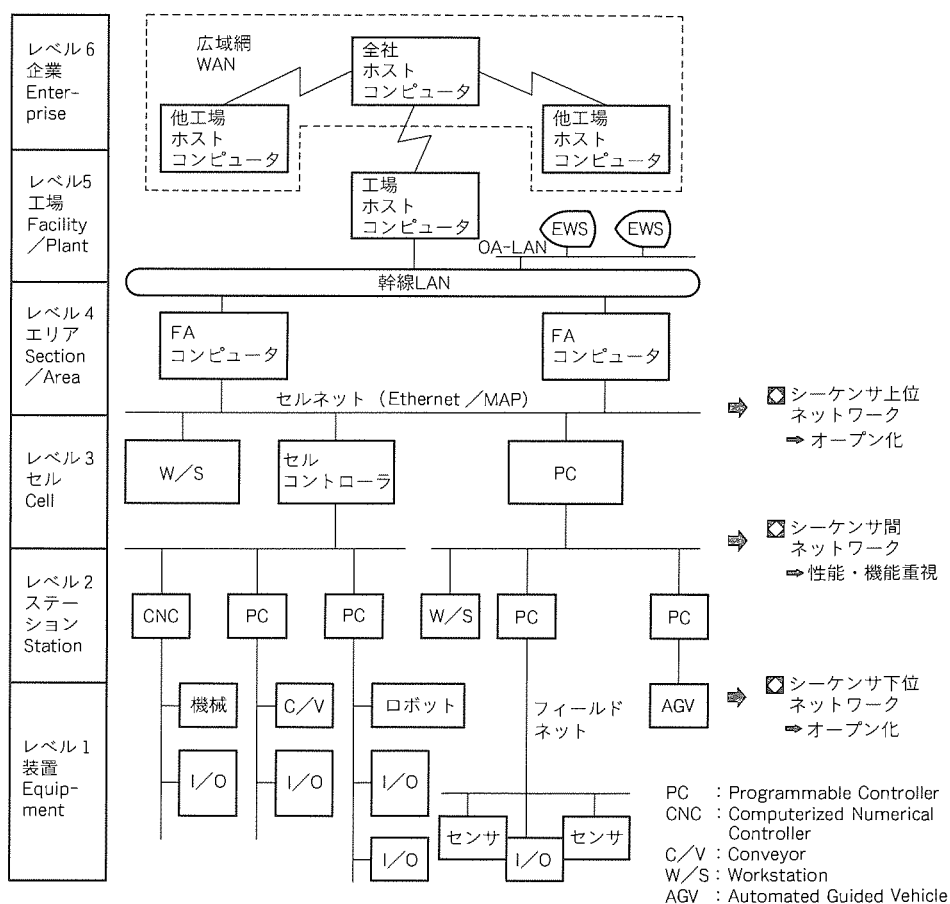
較的少量のデータを伝送することが多いFA用ネットワークは、機能レベルごとに分散した階層構成となり、各階層ごとに接続台数、通信距離、リアルタイム性などによって選択される。シーケンサを中心とした場合は、表1及び以下に示すように分類、位置付けされる。

(1) シーケンサ上位ネットワーク

上位のコンピュータ及びセル間接続が主目的で、ファイル転送などの機能も1Kバイト程度のパケットに分割して実現しており、秒単位以下のレスポンス性能が要求される。

(2) シーケンサ間ネットワーク

セル間及びセル内の接続には、メーカー固有のシーケンサ間ネットワークが使用され、当社の“MELSECNET II”及びMELSECNET/10がこれに相当する。サイクリック伝送及びメッセージ通信をサポートし、数十～100ms程度のレスポンス性能が要求される。



参考：ISO/TC184/SC5/WG1 N51 (オタワレポート)

図1. CIMモデル

表1. FA用ネットワークの位置付けと標準との関係

位置付け 標準化		シーケンサ上位 ネットワーク	シーケンサ間 ネットワーク	シーケンサ下位 ネットワーク
三菱 独自	—	—	MELSECNET/10	MELSECNET/MINI (-S3)
標準	公的 (国際規格)	MAP, 802.3/MAP, ミニMAP (FAIS2.0) *1	(Fieldbus) *2	Fieldbus *2
	公的 (国家規格)	—	PROFIBUS *3 (FIP) *4	PROFIBUS (-DP) *3 FIP *4
	デファクトスタンダード 及びその他	Ethernet	JEMA-PC用フィールドネットワーク *5 (レベル2: JPCN-2)	JEMA-PC用フィールドネットワーク *5 (レベル1: JPCN-1)

注 * 1: FAISは、IROFA (国際ロボット・FA技術センター) で審議実施。92/7 FAIS V2.0仕様書発行完。

* 2: Fieldbusは、IEC (International Electrotechnical Commission) で作成中の規格であり、JEIDA (日本電子工業振興協会) 及びJEMIMA (日本電気計測器工業会) で審議中。

* 3: PROFIBUSは、DINとなっておりドイツ国内規格。

* 4: FIP (Factory Instrumentation Protocol) は、NFとなっておりフランス国内規格。

* 5: JEMA-PC用フィールドネットワークは、JEMA (日本電機工業会) で審議されレベル1: JPCN-1は93/IIに制定。

(3) シーケンサ下位ネットワーク

フィールド機器である各種センサ・アクチュエータ・ID機器などを接続するため、ビット伝送主体でリアルタイム性を重視しており、数ms以内のレスポンスが必ず(須)である。また、最近はデータ通信も重視され始めている。当社は“MELSECNET/MINI (-S3)”を製品化し、他社品の接続も推進してきている。

このように分類されるなかで、シーケンサ上位は各種コンピュータとの親和性を高めるために、徹底してオープンネットワークを指向し、Ethernet^(注1)・MAP (Manufacturing Automation Protocol)などを製品化している。また、シーケンサ間では機能・性能面を最適化し、使いやすさを追求した専用ネットワークを開発してきており、当社シーケンサ用ネットワークの主体である。さらに、シーケンサ下位は、性能面を特に追求して機能向上も図った当社ネットワークを推進する一方で、標準的なネットワークを順次サポートしており、ネットワークを選択して多様なシステムやアプリケーションに柔軟に対応できるよう努めている。

3. FA用高速ネットワークMELSECNET/10

3.1 開発の背景

近來のCIM・FA環境では、システムのより一層の高度化・複雑化が進行し、シーケンサ本体には今まで以上に“高度な機能・高度な故の使い勝手の良さ”といった要求が多方面から出されている。その要求にこたえるため開発した“QnACPU”をシステムの中核コントローラとして位置付けるためには、各種コントローラ・各種入出力機器とのネットワーク接続が必要不可欠である。そのためのネットワークとしてMELSECNET/10を開発した。MELSECNET/10には、

(1) シーケンサと各種コントローラを接続する“PC間ネットワーク”

(2) シーケンサが入出力機器を制御するための“リモート

(注1) “Ethernet”は、米国Xerox Corp.の商標である。

I/Oネットワーク”

以上の二つのモードがある。次節にMELSECNET/10の特長と仕様について述べる。

3.2 特長と仕様

3.2.1 共通の特長

PC間ネットワークとリモートI/Oネットワークに共通した特長を以下に示す。

(1) 業界最高速である10Mbpsを実現

データリンク専用プロセッサMDP (Mitsubishi Data-link Processor)の開発により、10Mbpsの業界最高速の通信が可能となった(従来のMELSECNET IIに比べて8倍)。また、二重ループネットワーク時は、両ループを使用することで20Mbps (10Mbps × 2チャンネル) 相当を実現している。

(2) リンクデバイスの大容量化を実現

リンクリレー、リンクレジスタ、リンク入出力を各8,192点(従来のMELSECNET IIに比べて2倍)としたことにより、大容量データを高速伝送可能としている。

(3) 伝送形態の選択が可能

システムの多様化に柔軟に対応するために、光ファイバケーブルを使用した二重ループ形ネットワークと、同軸ケーブルを使用した同軸バス形ネットワークの選択ができる。

(4) フレキシブルなシステム構築が可能

一つのネットワークにループ形は64台まで、バス形は32台までのシーケンサが接続できる。また、リモートI/Oネットでは、リモートマスタ局1台に対してループ形はリモートI/O局が64台まで、バス形は32台まで接続できる。

さらに、一つのCPUユニットにネットワークユニットを最大4ユニットまで装着でき、システム全体でネットワークを最大255個まで接続可能としたことで、規模に合わせた柔軟なシステム構築ができる。

(5) N:N通信

周辺機器、FAコントローラなどからのリモートモニタ、プログラムのアップ・ダウンロード等の他局アクセス機能が

$N:N$ で可能である。

(6) トランジェント伝送機能を強化

従来の他局デバイスの読出し／書込み命令である ZNR D/ZNWR 命令に加え、シーケンスプログラムによるメッセージ送受信命令である SEND/RECV/READ/WRITE/REQ 命令の実施を可能としている ($N:N$ で可能)。

(7) ゲートウェイ機能

CPU ユニットを中継した複数のネットワークにまたがる伝送機能 (ゲートウェイ機能) として、リンクデバイスを中継するデータリンク間転送機能と $N:N$ 交信を最大 16 中継先のネットワーク上のシーケンサにも可能とするルーチング機能をサポートしている。

(8) 充実した RAS 機能^(注2)

周辺機器を使用して、オンラインでネットワークモニタ (回線モニタ, エラー履歴モニタ等) とネットワーク診断 (ループテスト, 交信テスト等) を実行でき、ネットワークシステムの立ち上げ, メンテナンスを容易としている。

(9) その他

ループ時の局順の制限をなくしたことや, パラメータの追加変更を容易とするような仕組み等の機能を追加したことでシステム構築性を更に向上している。

3.2.2 PC間ネットワークの特長

(1) 管理局ダウンによるネットワークダウンの防止

管理局が異常になった場合, サブ管理局移行機能によって他局が管理局機能を代行することができ, ネットワークダウンの防止が図られている。

(2) 一つの CPU ユニットにネットワークユニットの複数枚装着が可能

一つの CPU ユニットに同一ネットワーク番号のユニットを局番のみ変更して複数枚装着を可能とし, そのネットワー

クにおける該当 CPU のリンクデバイス容量を増加することができる。

(3) ネットワークの簡易二重化が可能

各 CPU ユニットにネットワークユニットを 2 枚ずつ装着し, ネットワークを簡易に二重化することができる。一つのネットワークを待機ネットワークとし, 主のネットワークがダウンした場合に自動的に待機ネットワークに移行し, システムダウンを防止することが可能となる。

(4) CPU ユニット異常時でもネットワークダウンの防止が可能

CPU ユニット異常時でもネットワークは動作の続行が可能であり, また電源ダウンを想定し, バックアップ電源として外部から 24V 電源を受け付けることも可能である。

(5) 互換性

ネットワーク中には QnACPU のほかに, 従来のシーケンサである “AnUCPU” “AnACPU” 及び “AnNCPU” も接続可能としている。ただし, QnACPU 又は AnUCPU が 1 台は必要である。

また, MELSECNET II で使用した光ファイバケーブルをそのまま使用可能としている。

3.2.3 リモート I/O ネットワークの特長

(1) マスタ局ダウンによるネットワークダウン防止

ネットワーク中に待機マスタ局を設けることができ, リモートマスタ局の多重化が可能である。リモートマスタ局がダウンした場合, 待機マスタ局がサブマスタ局となり, リモートマスタ局に代わって, 各リモート I/O 局を制御することでネットワークダウンの防止が図られている。

(2) リモートマスタ局の並列化が可能

上記のリモートマスタ局の多重化に加え, 一つのネットワーク中にマスタ局/サブマスタ局を同時に設定可能とし, 従来は二つ別々であったリモート I/O システムを, 並列的に一つにまとめることができる。

表 2. MELSECNET/10 と MELSECNET II の性能比較

		MELSECNET / 10		MELSECNET II	
		同軸バス形	光ループ形	光ループ形	同軸ループ形
最大リンク点数	入出力	8,192点 (CPUタイプによる)		4,096点 (CPUタイプによる)	
	リンクリレー	8,192点		4,096点	
	リンクレジスタ	8,192点		4,096点	
通 信 速 度		10Mbps	20/10Mbps	1.25Mbps	
通 信 方 式		トークンバス方式	トークンリング方式	ポーリング・セレクトィング	
同 期 方 式		フレーム同期方式			
伝送路形式		一重バス形式	二重ループ形式	二重ループ形式	
総延長距離		500m/2.5km*	30km	10km	10km
局 間 距 離		500m	1 km	1 km	500m
最大ネットワーク数		255		—	
接 続 局 数		32局	64局	65局	
トランジェント通信		N : N交信		1 : N交信 (マスタとローカル局間のみ)	

注 * リピータ 4 個使用時

表2にMELSECNET/10とMELSECNET IIの性能比較を示す。

3.3 MELSECNET/10のソフトウェア構成

MELSECNET/10では、ソフトウェア(S/W)を最適化するために機能ごとにタスクとして構成し、ネットワークの応答性が要求されるタスクについては優先的にスケジューリングを行うリアルタイムタスクスケジューラを採用した。MELSECNET/10のS/W構成を図2に示す。

(1) サイクリック送信タスク

リンクリレー、リンクレジスタ、リンク入出力の高速伝送を行う。

(2) トランジェント送信タスク

プログラムのアップ・ダウンロード等のトランジェント送信の制御を行う。

(3) ネットワーク管理タスク

送信状態、他局状態を管理する。

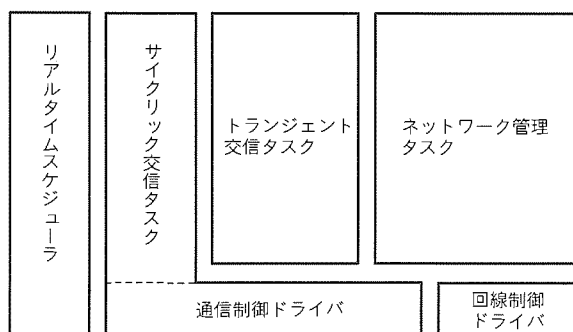


図2. MELSECNET/10のS/W構成

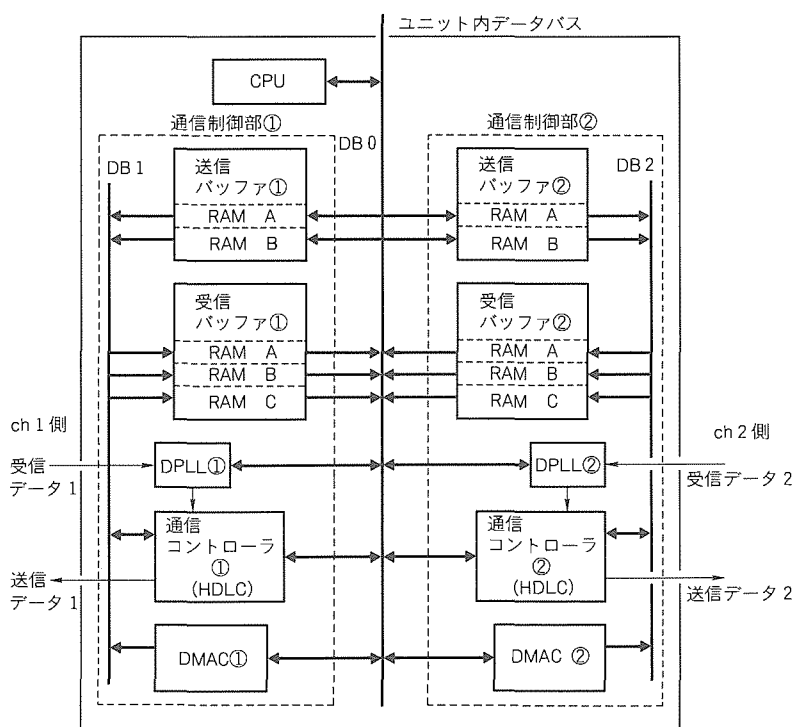


図3. MDP内部ブロック図

(4) 回線制御ドライバ

ループ異常を監視して、ループ状態に合わせたループ切換えを実行する。

(5) 通信制御ドライバ

各局との交信を制御する。

(6) リアルタイムタスクスケジューラ

通信の応答性を高めるためにサイクリック送信を優先的にスケジューリングを行う独自開発のスケジューラである。

3.4 通信インタフェース LSI (MDP)

MELSECNET/10専用の通信インタフェース LSI である MDP の内部ブロックを図3に示す（外観は表紙に掲載の写真を参照）。

MDP は、179 ピン PGA パッケージを使用した約100 K ゲートの LSI であり、主に2チャンネルの通信制御部とユニット全体をコントロールする CPU 部とで構成されている。

2チャンネルの通信制御部は、各チャンネルを独立させて動作可能としたことにより、二重ループ伝送路において各ループを独立して使用する“多重通信”が可能となった。

また、送信及び受信バッファ RAM を各チャンネルごとに複数内蔵したことにより、例えば2個のフレームを立て続けに受信した場合でも、最初のフレームと次のフレームを別の受信バッファ RAM に格納することでフレームの消失を防ぐことができる。これにより、フレームとフレームの間隔を短くすることが可能となった。以上のことから、通信効率を向上させることができた。

また、図には示していないが、MDP にはこのほかにタイマ、割込みコントローラ等の機能ブロックを内蔵しており、割込み処理の高速化、部品点数の減少等の効果も得ている。

3.5 製品構成

MELSECNET/10を構成する製品の一覧を表3に示す（開発中のものも含む）。製品は、伝送媒体・形態別のインタフェースユニットとして、各機種シリーズ対応に開発されている。伝送媒体（形態）は、光ループ/同軸バス/同軸ループの3種類である。現在、製品の開発が完了しているのは光ループ/同軸バス用のユニットであり、同軸ループ用は開発中である。また、同軸バス専用の製品として、局間距離を延長する同軸リピータがある。

代表的な MELSECNET/10 ユニットである 管理局/通常局・リモート局・同軸バスリピータの外観を、図4～図6に示す。

4. FA用オープンネットワーク

4.1 シーケンサ上位ネットワーク

4.1.1 Ethernet

表 3. MELSECNET/10を構成する製品一覧

機 種 (用途)	伝送媒体, 形態		
	光ループ	同軸バス	同軸ループ
AnUCPU用 (管理局/通常局) (リモート局)	AJ71LP21 AJ72LP25	AJ71BR11 AJ72BR15	AJ71LR21* AJ72LR25*
QnACPU用 (管理局/通常局)	AJ71QLP21	AJ71QBR11	—
LM7000用 (管理局/通常局)	A 7 BD-J71LP21	A 7 BD-J71BR11	—
LM610用 (管理局/通常局)	L 6 J71LP21	L 6 J71BR11	—
A7GOT用 (通常局)	A 7 GT-J71LP23	A 7 GT-J71BR13	—
同軸バスリピータ (AC電源) (DC電源)	—	A 6 BR10 A 6 BR10-DC	—

注 * 開発中

FAにおいても、バス型で接続できる安価で手軽なネットワークとして広く浸透してきている。MELSECNET/10などのトークンパッシング方式に比べて、リアルタイム性にやや欠けるものの、監視系などを中心に普及しており、当社ではいち早く対応製品を開発している。

当社の実装では、物理層にはケーブル等の仕様が異なる10BASE5及び10BASE2の両方を搭載している。また、通信プロトコルとしては、TCP (Transmission Control Protocol), UDP (User Datagram Protocol), IP (Internet Protocol) をサポートしており、コネクション型のTCP/IPか、コネクションレス型のUDP/IPを、通信相手ノードごとに選択できる。さらに、特定のノードとハンドシェイクを取りながら通信する固定バッファ、複数のノードから非同期にアクセスできるランダムアクセスバッファ、さらにシーケンサCPUユニットへのアクセスモードを持ち、シーケンサのアプリケーション作成時にできるだけ通信内部を意識せずに済む配慮を行っている。

なお、万全を期すため相互接続試験を各メーカ同士で行っており、表4に当社の実績を示す。

4.1.2 M A P

(1) ミニMAP

ミニMAP (Factory Automation Interconnection System Version 2.0 : FAIS 2.0) は、IROFA (国際ロボットFA技術センター) が制定し、国際的にも承認されたOSI (Open System Interconnections) 3層構成のネットワークプロトコルである。7層構成のフルMAPと比較してリアルタイム性などが考慮されており、当社シーケンサへの実装としては、以下に述べる特長を持っている。

- (a) アプリケーション層のMMS (Manufacturing Message Specification) プロトコルの中から、シーケンサで使用する30サービスをサポートしており、サーバ機能だけでなく、シーケンサ側から他のノードにREAD/WRITEを行うクライアント機能も搭載している。
- (b) アプリケーション層のプロトコルとしてNM (Network Management) のエージェント機能も搭載しており、モデムの不調を事前に検知する等の応用が可能である。

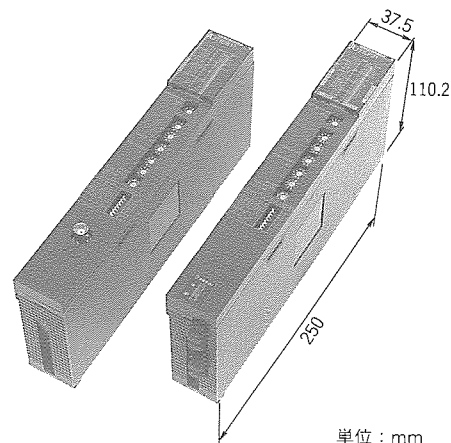


図 4. 管理局/通常局

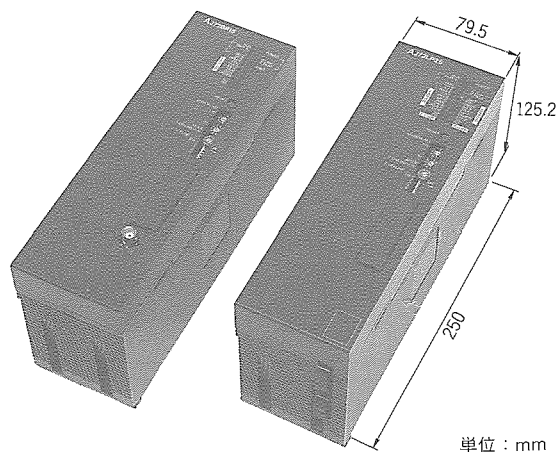


図 5. リモート局

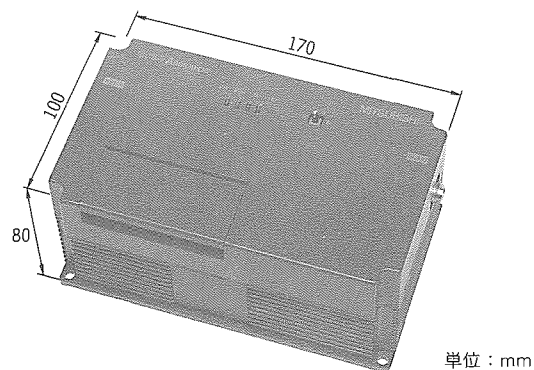


図 6. 同軸バスリピータ

- (c) マルチベンダの通信が行いやすいように、シーケンサの持つデバイスをユーザ定義した変数名に割り当てることができ、相手ノードのアプリケーションからはユーザ定義の変数名でアクセス可能となっている。また、READ/WRITEを行うデータタイプも多数用意し、相手機器のデータタイプに応じて使用できる。
- (d) キャリアバンドモデムの小型化を図り、プロトコル処

表 4. イーサネット相互接続性試験実施確認機種

No.	メーカ名	機種	区分	接続対象機種	
				Aシリーズ	LM7000
1	日本IBM	PS55	T	●	●
			U	●	
			I		●
2	日本DEC	VAX3100	T	●	●
			U	●	
		VAX640	T	●	
			U	●	
		VAX8530	T		○
3	サンマイクロシステムズ	SUN 3 / 4	T/U	○	
4	日立製作所	HIDIC 2050 / 30	T	○	
5	富士電機	UFAS3000	T	○	
6	富士通	A-230Σ	T	○	○
		A-250Σ	T	○	
7	三菱電機	Apricot	I		○
		M80GS200	T		○
8	デジタル	EB-10M / AX	T/U	○	
		EB980	T/U	○	
9	エクセラン	EXOS2057	T/U	○	
		EXOS10698	T/U	○	
10	コンテック	FA-LAN II	T/U	○	

注 ●は、両社が共同で試験を実施した項目を示す。
○は、当社が独自に又は客先システムで動作を確認した項目を示す。
区分 T: TCP/IP U: UDP/IP I: IPX

表 5. MAP相互接続性試験実施確認機種

No.	メーカ名	機種	区分	接続対象機種	
				Aシリーズ	LM7000
1	I B M	PC/AT	F	○	○
2	日本IBM	PS55	F	●	●
3	D E C	VAXステーション 3000シリーズ	F	●	—
4	モトローラ	Delta	F	○	—
5	ヒューレットパッカード	HP9000モデル 800シリーズ	F	○	—
6	富士通	FMR/FA	F/M	●	●
7	富士通	Σ 230	F/M	●	●
8	日本ユニシス	G200V (東芝製)	M	○	○
9	INTEL	Pioneer	F	○	—
10	三菱電機	M80	F	—	○
11	東 芝	G200	M	●	●
12	オムロン	LUNA-FA	M	●	—
13	オムロン	SYSMAC-CV	M	●	●

注 ●は、両社が共同で試験を実施した項目を示す。
○は、当社が独自に又は客先システムで動作を確認した項目を示す。
区分 F: FULL-MAP M: MINI-MAP (FAIS 2.0)

理部分と一体化して1スロットとしている。

これらにより、本格的なマルチベンダ環境に対応した、十分実用に耐える実装となっており、実際に各種システムで使用されている。

ミニ MAP 対応機器で、実際にアプリケーションを動作させて実証展示を行った FNE '92 (FAIS Networking

Event) では、事前に適合性試験及び機器間の相互接続試験が盛んに行われ、通信プロトコル自体からマルチベンダ環境におけるネットワークサービスの運用性まで、実際に確認されている。

当社も、ミニ MAP のプロトコル作成から適合性試験・相互接続試験まで積極的に行っており、実績を表 5 に示す。

(2) フル MAP

物理層としてキャリアバンド、ブロードバンドに限らず、IEEE 802.3 (Ethernet 相当) をも規格として取り込んだため、欧州を中心に 802.3 / MA P が普及の兆しを見せており、同じ Ethernet ケーブル上で、OA 用のプロトコルと MMS が混在する環境となりつつある。当社も、海外向けに製品を開発・納入済みであり、ミニ MAP で搭載した機能を生かした上で、通信上はすべてユーザ定義変数で行うためのデータタイプの追加や、トラフィック調整用の通信パラメータ設定機能の実装などを行い、欧州の要求水準に合わせた内容とした。

4.2 各種フィールドネットワーク

4.2.1 PROFIBUS (-DP)

(1) PROFIBUS の概要

ドイツの国家規格であり、セルコントローラとシーケンサなどのマシンコントローラ間の通信をカバーしており、欧州を中心に広く使われ始めている。

また、簡易版の PROFIBUS-DP も含めれば、シーケンサなどのマシンコントローラと各種センサやアクチュエータ等との、フィールドレベルの通信までカバーする。

現在、欧州を中心に本格的に各社から製品が出そろい始めており、当社も表 6 に示すような仕様で製品化している。最大伝送速度は 500 kbps であり、通信相手の情報を事前に取得する機能も搭載している。

(2) シーケンサへの実装

シーケンサへの実装では、VFD 機能 (Virtual Field Device: 仮想フィールド装置) を搭載している。このため、相手ノードから見て仮想のシーケンサとして動作するようになっている。アプリケーション層の FMS (Fieldbus Message Specification) では、図 7 に示すように通信回線の管理、VFD 管理、オブジェクトの管理、変数アクセスなどのサービスをサポートしており、サーバ及びクライアント機能を搭載している。現状では、シーケンサ間及びシーケンサとセンサなどのフィールド機器の間で、デバイスの READ / WRITE を実現しているが、サポートサービスやデータタイプを充実させ

表 6. PROFIBUSインタフェース性能仕様

項 目	仕 様
伝送速度・最大伝送距離	伝 送 速 度
	9.6 kbps
	19.2 kbps
	92.5 kbps
	187.5 kbps
	500.0 kbps
	最大伝送距離
	1,200 m / 1 セグメント
	600 m / 1 セグメント
	200 m / 1 セグメント
伝 送 方 式	半二重ビットシリアル
最大接続局数	32局
最大総延長距離	700 m
符号化方式	NRZ
同 期 方 式	調歩同期
電氣的規格・特性	EIA-RS485準拠
ケ ー ブ ル	シールドツイストケーブル
通 信 手 順	トークンパッシング (マスタ間) 方式 ポーリング (マスタ/スレーブ間) 方式
データ転送量	最大249バイト/回
ネットワーク構成	バス型 (ただし、リピータ使用時 Tree型)
最大伝送距離	4,800 m (伝送速度92.5 kbps以下、3 リピータ使用時)
リピータ数/ネットワーク	3 台 (max.)
局数/セグメント	32局 (max.) / セグメント
局数/ネットワーク	127局/ネットワーク (3 リピータ使用時)

力を始め当社も試験を終了している。

4.2.2 JEMA PCネットワーク

オープンなシーケンサ下位ネットワークとしては、JEMA・PC 用フィールドネットワーク (レベル1: JPCN-1)がある。この規格は、JEMA (日本電機工業会) で検討されたものであり、1993年11月に制定されている。

JPCN-1 仕様の主な特長は、次の3点が挙げられる。

- (1) 高速性を配慮したシンプルな階層構成、通信システムアーキテクチャ
- (2) 簡便な上位層サービスセット
- (3) 高信頼度、普及度の高いデータリンク層・物理層仕様

今後は、当社を含めた各社の製品開発とともに、相互接続性の確認など運用上課題となる部分の基盤確立が求められており、当社としてもマルチベンダ環境に対応するための課題を順次解決するよう取り組んでいく。

5. む す び

本稿では、当社の FA 用ネットワークに対する取組、及びその先進技術について述べ、実際の機器の概要についても紹介した。

FA 用ネットワークの重要性は、日に日に高まっているが、様々なシステムアプリケーションに的確に対応し、より高度でしかも使いやすいネットワークを指向していかなければならない。

通信技術のキーである通信チップの開発、プロトコルや各種通信機能の拡充、使いやすいユーザインタフェースなど、今後更に課題の解決に取り組み、この分野の技術的進歩のために、努力を続ける所存である。

参 考 文 献

- (1) 坂本 昇, 高橋俊哉: 汎用シーケンサ《MELSEC-An U》と高速ネットワーク《MELSECNET/10》, 計測技術, No. 3 (1994)
- (2) 日本電機工業会将来規格 JEM-F 3008 プログラマブルコントローラ用フィールドネット標準 (レベル1) 講演会資料, 日本電機工業会 (1994)
- (3) 杉山 彰: FA ネットワークの動向, 三菱電機 (1993)

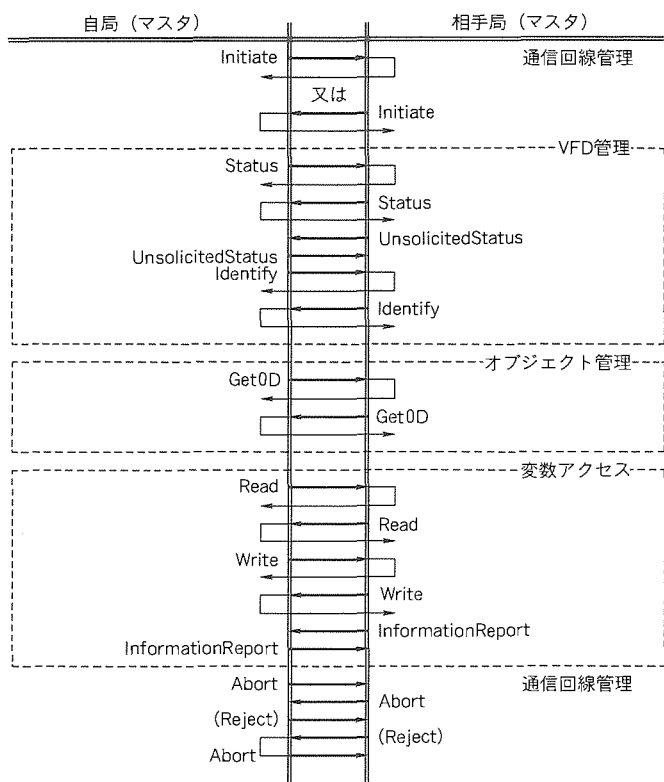


図 7. FMSサービスの動作例

て、実用性を更に向上させる予定である。

なお、PROFIBUS においても、相互接続試験はドイツの PROFIBUS ユーザ機構が実施しており、欧州の各メー

FA用多機能電子操作盤“GOT”シリーズと データアクセスユニット“DU”シリーズ

丹羽正美* 磯部倫明**
鈴木康之*
赤塚成啓*

1. ま え が き

工場のFA (Factory Automation) 化、CIM (Computer Integrated Manufacturing) 化の進展に伴い、生産管理や設備監視などに必要な情報を文字、グラフ、図形などで表示する機能を持った新しいマンマシンインタフェースである操作表示器が、最近注目を集めている。従来から、工場の生産現場では、マンマシンインタフェースとなる操作盤・表示盤が多数使用されており、その種類も、単なる起動・停止等のスイッチとランプ表示だけのものから、データのインプットやメッセージ表示等のできるものまで様々である。

最近、生産現場の作業者が容易に操作できるマンマシンインタフェースが強く求められており、従来の単なるスイッチとランプだけの操作盤では、これらの要求にこたえられなくなっている。このような背景の中で、ビジュアルな故障表示、復旧指示、作業指示が容易に実現でき、だれでもが操作できる操作盤、すなわち絵や文字による情報とタッチパネルによる入力によってシステムと作業者を結ぶことのできる操作表示器に対する需要が急速に高まっている。

本稿では、当社の多機能なFA用中・大型表示器である“GOT”シリーズと、簡単に使える小・中型表示器である“DU”シリーズについて述べる。

2. FA用多機能電子 操作盤GOTシリーズ

2.1 GOTシリーズの特長と仕様

GOT (Graphic Operation Terminal) は、グラフィック表示可能で、タッチパネルからのキー入力ができ、シーケンサと直結、又はネットワークによって接続できる電子操作ターミナルとしての機能を持った当社一連の表示装置である。GOTシリーズは、用途に応じて4機種が用意されているが、ここでは主力機種である“A77 GOT-S5” (図1) について述べる。

このGOTは、電子操作盤としての機能やシステム監視等の機能

のほかに、下記のようにシーケンサとの親和性を特長としている。表1にA77 GOT-S5の仕様を示す。

(1) “MELSEC-A”シーケンサと直結可能

シーケンサと余分な通信ユニットを介さずに直結できるため、通信プログラムの作成及び通信ユニットの設定等が不要で、簡単に低コストなシステムを構築できる。直結には安価

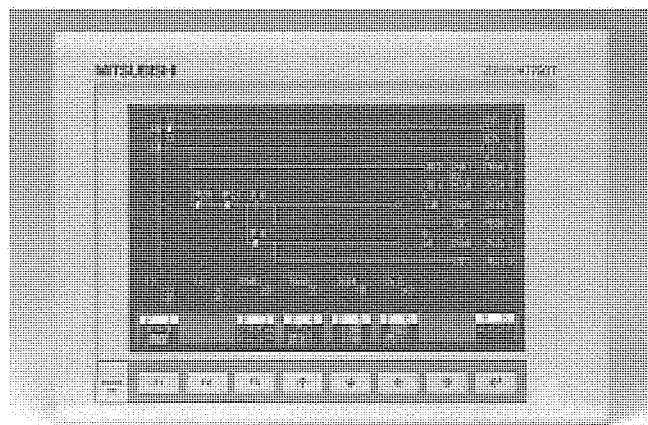


図1. A77 GOT-S5の外観

表1. A77 GOT-S5の仕様

項 目		A77 GOT-S5
表示ドット数 (タッチキー数)		640×400ドット (16×8個)
表示素子		ブルーモード液晶, 高輝度EL, 15色TFTカラー
シーケンサとの接続形態		増設バスとの直結 周辺用RS-422ポートとの直結 MELSECNET/B (ツイストペア) MELSECNET II (光ループ, 同軸ループ) MELSECNET/10 (光ループ, 同軸バス)
画面メモリ		内蔵フラッシュROM : 256Kバイト (最大1Mバイト) メモリカード : 最大1Mバイト
内蔵インタフェース		RS-422 (2CH: シーケンサ接続用, 周辺装置接続用), 操作パネルI/F, プリントI/F, 通信カセットI/F, メモリカードI/F (JEIDA V4.0)
画面数, 部品数		250画面, 255個
機 能	モニタ表示	数値, 文字, ブロックデータ, 部品, エラー警告
	グラフ表示	トレンド, 折れ線, 棒, スプライン, 円, 散布, レベル
	タッチパネル入力	数値, 文字, ビットSET/RST/ALT, スイッチ, ワードSET
	ファイル機能	画面スナップショット記憶・印刷, 帳票データのロギング
	プリント機能	帳票印字, アラームメッセージ印字
	システムモニタ	デバイスモニタ, ユニットモニタ, ラダー回路モニタ
テンキーウィンドウ		あり (カーソル制御: ←↑↓→キーによって移動する。)
外形寸法 (mm)		液晶, TFT : (H)197×(W)310×(D)105 EL : (H)197×(W)275×(D)105

なCPUユニットの周辺接続用コネクタへの接続とオプションユニット付加により、ベースユニットのコネクタから接続する、高速応答可能な増設バス接続を選択できる。

(2) “MELSECNET”に接続可能

オプションである通信カセットを付加することにより、当社のシーケンサ用のネットワークである“MELSECNET II”“MELSECNET/10”に接続でき、複数台のGOTを効率良く配置することができる。

(3) システムモニタ機能

画面作成なしで使えるシーケンサのメンテナンスを行うための機能である。以下のように、デバイスモニタ、ユニットモニタ及び回路モニタがある。

(a) デバイスモニタ

シーケンサのビット及びデータレジスタ等のデバイスのモニタ、書換えを行う機能であり、故障の際の簡単な一次診断が周辺装置なしで可能となる。

(b) ユニットモニタ

シーケンサの入出力ユニットや特殊機能ユニットの状態をモニタする機能である。現在、アナログ入出力ユニット、位置決めユニット等の17種類の特殊機能ユニットに対応しており、備え付けの画面が約150種類提供されている。これらの画面を、メモリカードに転送して使用する。

(c) 回路モニタ

シーケンスプログラムの回路モニタを行う機能である。回路モニタ用増設カセットを装着することにより、この機能が使用できる。現場でのスピーディな一次診断、復旧作業に威力を発揮する。

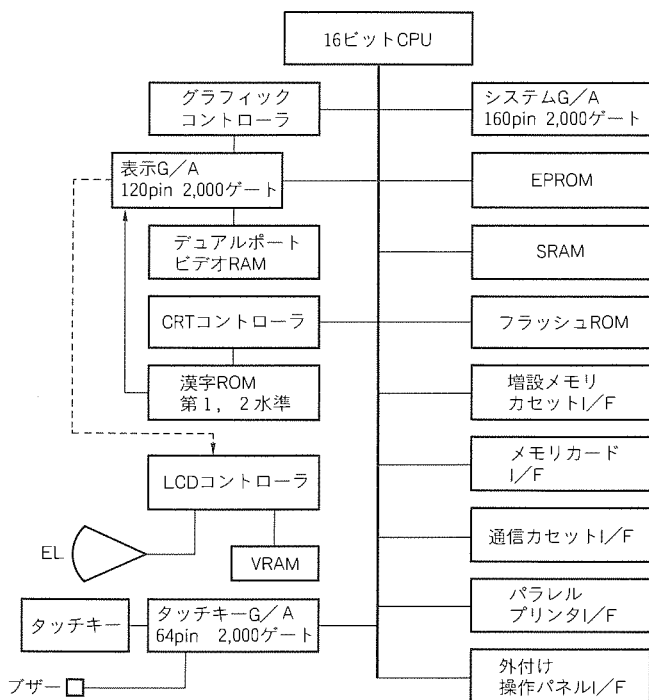


図2. A77GOTのハードウェアブロック図

2.2 ハードウェア

図2にA77GOTのハードウェアブロック図を示す。16ビットのマイクロプロセッサにシステムゲートアレーを直結し、マイクロプロセッサ回りの回路をゲートアレー化することにより、小型化を図っている。

シーケンサとの接続は、GOTのRS-422ポートと直結、又は通信カセットオプションを介してネットワークを経由して行う。通信カセットは、シーケンサのネットワークであるMELSECNET II, MELSECNET/10, MELSECNET/Bのそれぞれが用意されており、さらに増設バス接続用のカセットが新たに追加された。通信カセットとA77GOTのマイクロプロセッサはデュアルポートRAM (Random Access Memory) を介して接続され高速なデータ交信に寄与している。

次にA77GOTの表示回りについて説明する。このブロックの特長は、グラフィック表示回路とテキスト表示回路を独立して持ち、両画面を論理和として表示させることにより、きめ細かいグラフィック表示と文字列の高速表示を両立させている。また、テキスト表示をベースにしたラダー回路モニタ等の表示を高速に実行することが可能となっている。

グラフィック表示は、グラフィックコントローラを使用しているが、デュアルポートビデオRAMを採用し、さらに描画クロックと表示クロックを分離することで、表示デバイスに依存せずに、グラフィックコントローラの最高性能を引き出す構成とした。これにより、1画面 (640×400ドット RGBI: 4プレーン) の塗りつぶし描画速度は、業界でも最高クラスの0.15秒を達成している。

表示デバイスは、ブルーモード液晶、高輝度EL (Electro Luminescence)、TFT (Thin Film Transistor) カラー液晶 (16色) の3種類に対し、LCD (Liquid Crystal Display) コントローラ部分の回路を変えることで対応し、その他の回路の共通化を図っている。

2.3 ソフトウェア

GOTはオペレーティングシステムとして、組込み型マルチタスクリアルタイムオペレーティングシステムである“μITRON”を採用している。

採用の理由は、シーケンサCPUとの通信・画面表示・キ

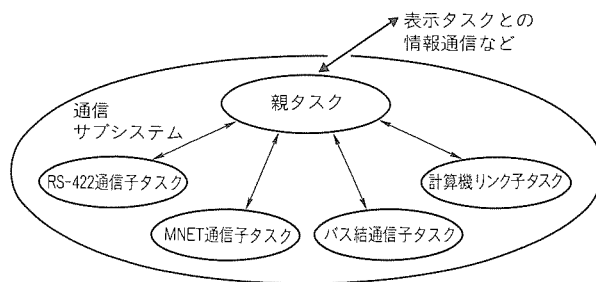


図3. A77GOTのサブシステムの構成例

一入力・プリントアウト・ファイル入出力などの処理を同時に行うためであり、数十本のタスクから成るイベントドリブン方式で動作する構成の実現を目指したものである。

各タスクは、複数のサブシステムに属し、各サブシステムは親タスクと複数の子タスクから構成されている。親タスクは、他のサブシステムの親タスクとのコミュニケーションによる動作管理及び子タスクの制御を行い、子タスクは親タスクの指示によって各機能を動作させる(図3)。

イベントドリブン方式とは、各タスクの優先度の高いものから優先的に動作する構成であり、高優先度のタスクに処理の空き時間(待ち状態)ができた場合に低い優先度のタスクが動作できる仕組みである。

GOTでは、通信や表示、キー入力などプロセッサに空き時間のできるタスクを高いタスク優先度におき、データサンプリング周期の発生処理やプリンタ機能などは低い位置に配置することで各タスクの動作優先度を設定している。

この仕組みによる実際の設定機能としては、ユーザの画面作成時の表示タイミング設定として、常時/時間周期/信号変化時など複数の条件を選択できることが挙げられる。これらの各条件は、表示タイミング発生用のサブシステムにおける各子タスクとしてそれぞれ独立して動作することが可能となっている。

また、キー入力処理としては、表示に関係しないキー入力処理(キー入力によるシーケンサの信号制御など)を高速に動作させるため、キー割込みからキータスクを直接起動し、直接通信処理タスクに通信要求をリクエストすることによって、表示処理タスク系とは完全に独立した処理としてリアルタイムに動作できるようなソフトウェア構造にして高速応答を実現している。

2.4 ソフトウェアパッケージ

表示器の機能、性能評価をする上で、大きなウェイトを占める項目に画面作成ソフトウェアパッケージの操作性があるが、客観的評価がしにくいものである。今までの操作性に対する慣れや、使用ユーザの技術レベル(パソコンを使いこな

せるレベル)によって製品の評価は大きく異なってしまう。そのような状況におけるGOTのソフトウェアパッケージの基本操作性としては、Windows^(注1)に代表されるようなグラフィカルなGUI(Graphical User Interface)をユーザに提供することを意識した。図形描画の操作方法としては、アイコンの選択による視覚的なメニュー方式や、修正機能メニューとして採用したツールボックスウィンドウメニュー方式など、従来のシーケンサ用周辺装置の操作性とは全く異なるGUIを実現している(図4)。

3. データアクセスユニットDUシリーズ

3.1 製品の仕様と特長

当社はMELSEC“FXシリーズ”及び“Aシリーズ”シーケンサと接続できる手軽で高機能な表示器として、データアクセスユニットDUシリーズを開発してきた。DUシリーズは、タッチキーによる簡単操作を実現した“FX-40DU-TK”(図5)、タッチキーレス仕様の“FX-40DU”，小型の表示部を持つ安価な“FX-30DU”から構成される。基本機能はDUシリーズすべてについて同じであるので、以下FX-40DU-TKをDUと呼び、これについて述べる。

はじめにDUの操作面について説明する。DUの表示部はモノクロの240×128ドットのフルドットマトリクス液晶であり、ここに文字や図形が表示される。液晶上には全面にタッチキーがある。タッチキーは、メッシュ状に区切られ、一つ一つが独立したスイッチとして動くようになっている。DUは、様々な外部機器と接続できるように各種インタフェースを持っている。図6にシステム構成を示す。シーケンサとは特別なユニットを使わずにRS-422のシリアルポートをケーブル1本で接続する。この方法によって省配線、省コストが可能になる。

また、専用の通信プロトコルによって画面表示に必要なデータを自動的にやりとりしているのも、ユーザが余分なブ

(注1) “Windows”は、米国Microsoft Corp.の商標である。

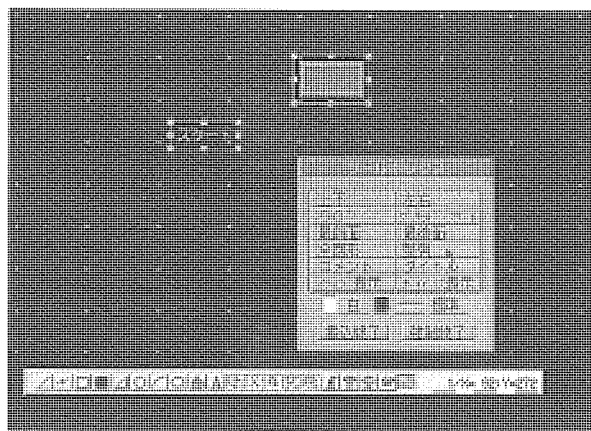


図4. A77GOTのソフトウェアパッケージ画面

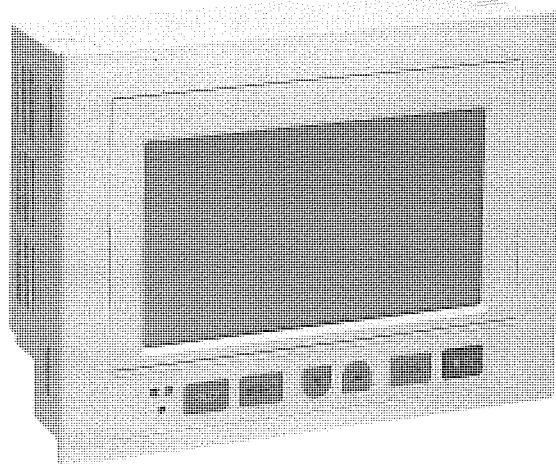


図5. FX-40DU-TKの外観

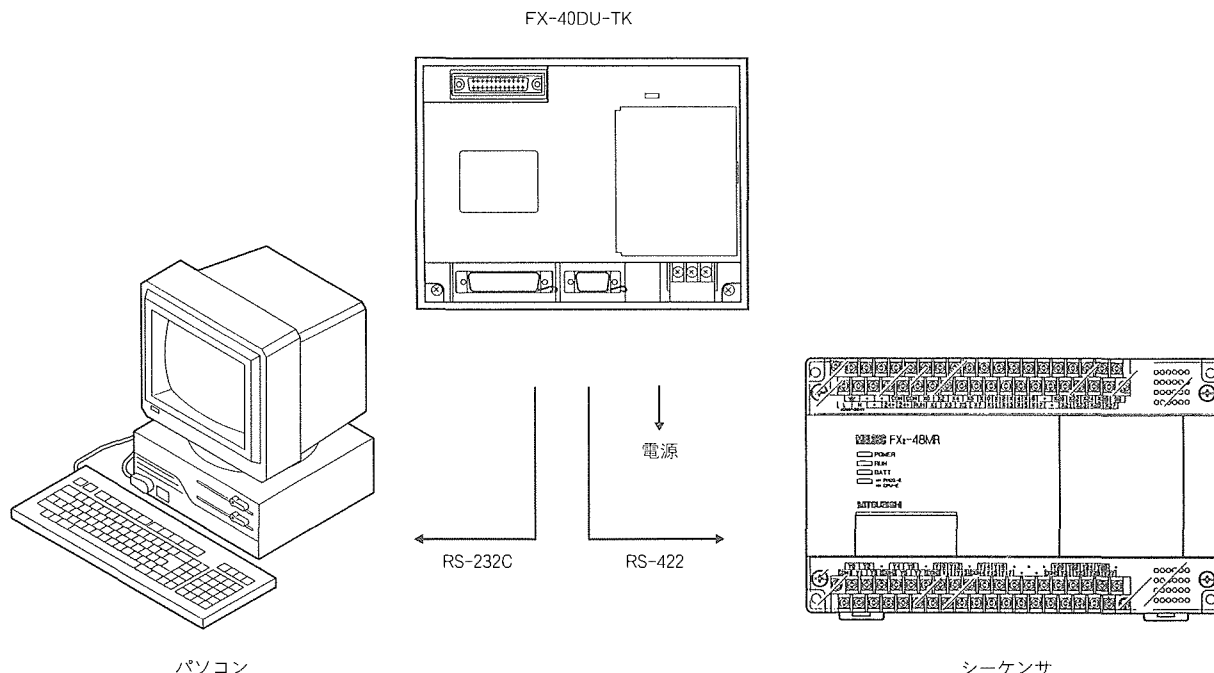


図6. DUのシステム構成

プログラムを作成する手間もかからない。しかし、この方法はシーケンサ側のシリアルポートがプログラミングツール用と兼ねているので、機械の調整時にはポートの取り合いになるという問題がある。これを解消するために見掛け上シーケンサのポートを二つにする製品“FX-2 PIF”を用意している。

パソコンは主に DU 用の画面（プログラム）を作成するために使われる。パソコンで作成された画面は、RS-232C のシリアルポートを通して DU 内のメモリへ転送される。DU はこの転送された画面に基づいて動作する。文字やグラフィック図形は決められた位置に表示され、数値やバーグラフはシーケンサのデータと対応づけられ動的に表示が変化する。また DU からキー操作によってシーケンサのデータを変化させることも可能である。これが DU の基本機能である。

DU のその他の特長的な機能を幾つか述べる。

(1) デバイスモニタ

シーケンサ内の任意のデータの表示や変更を行う機能である。表示形式はシステム側で決められているので、あらかじめ画面を作成しておく必要はない。

(2) サンプリング

データを時系列的にサンプリングして収集する機能である。サンプリングは、一定時間ごとや事象の発生（ビットの ON/OFF の変化）時に行われる。サンプリングの結果をリスト形式や折れ線グラフ形式で表示できるので、データの変化の傾向を確認できる。また、サンプリング結果を DU から直接プリンタに出力することもできる。

(3) データファイル転送

DU とシーケンサの間でブロック単位のデータの転送を行う機能である。オペレータがキーをワンタッチ操作すると複数のブロックの中から指定ブロックが一つだけ転送される。型データや機械の条件パラメータの設定に有効な機能である。

(4) 画面のセルフ編集

DU だけで画面の作成や修正を行う機能である。パソコンを使った画面作成が基本であるが、パソコンを持ち運ぶ手間を省くために DU 自体に編集機能を持たせている。

このように DU はシーケンサのデータをそのまま表示するだけではなく、データ処理の機能も持ち、有効な情報をオペレータに提供できる能力を持っている。

3.2 画面の制御

前節で述べたように多くの機能を持っているが、これらの機能を DU は部品と画面という形で表現している。ここでは特長的な部品、画面及び画面切換えについて説明する。

部品とは、画面上に配置される最小の機能単位のことである。例えば、画面に表示する文字やバーグラフの一つ一つが部品である。機能の違いによって他にも様々な部品が用意されている。部品を機能させるための設定はすべてパラメータに集約されており、パラメータの変更によって目的の働きに合わせることができる。例えば、数値は表示位置やシーケンサのデータの指定、けた数などがパラメータとして用意されている。

ユーザは、部品を配置した画面を幾つも作成する。これとは別に画面レイアウトやキー操作が固定になっているシステム画面があり、サンプリングの結果を表示する画面などがシステム画面として用意されている。ユーザ画面とシステム画

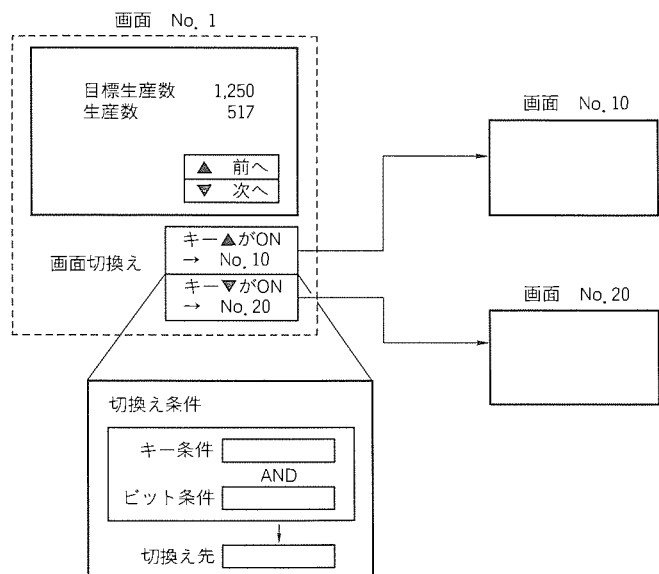


図 7. DUの画面切換えの制御

面すべてには番号が一意的に割り付けられ、個々の画面を識別するために使われる。

さて、DUを思うように機能させるためには表示する画面を適当に切り換えていく必要がある。つまりユーザは、複数の画面の中からどのタイミングでどの画面を表示させるか決めなければならない。図7でこの画面切換えの制御方法について説明する。

一般的にはシーケンサのデータレジスタに表示させたい画面番号を格納する方法が使われる。しかし、この方法は画面切換えの制御をすべてシーケンサが行うことになり、本来の制御とは別のシーケンスプログラムが増えるので好ましくない。これに対してDUでは「切換え条件」と「切換え先」の項目から成る画面切換え設定を個々の画面に必要分登録していく方法を採用している。

簡単に言えばそれぞれの設定は、「切換え条件」が成立すればその設定の「切換え先」で決まる画面に表示が切り換わることを意味する。細かくみると「切換え条件」は、キー条件とビット条件の二つから成り、単独又はそれらの論理積で結果が決まる。例えば、「DUのキーを押した」、「シーケンサのビットがONに変わった」といったことが指定できる。

また、「切換え先」には画面番号を直接指定する場合と、データレジスタの内容で画面番号を間接指定する場合の2通りがある。この設定によればキー操作主導の画面切換えも、シーケンサ主導の画面切換えも、またそれらが混在する複雑な場合も簡単に実現できる。シーケンスプログラムは必要最低限の追加で済む。

以上述べてきたように部品、画面や画面切換えの考え方が高性能と簡易さの両立というDUの特長を生み出している。

4. む す び

操作表示器は、導入期を過ぎ、生産状態や設備稼働状況を監視・制御する用途に本格的に使われ始めている。要求される機能も、操作盤の置き換え用途に絞った簡単・低コストの方向や、いままでパソコン等で行っていた内容を取り込んだり、シーケンサのプログラミング機能を盛り込んだりする高性能の方向へと多様化している。

また、応答速度の向上、描画方法の改善、標準化されたネットワークとのリンク、さらにはシーケンサの内部処理の軽減を目的として故障診断・検出、ネットワークのモニタ、特殊機能モジュールの設定・モニタ等、機能・性能面の向上に対して多くの要求が出てきている。

当社としては、前記のニーズにこたえる一方、シーケンサメーカーとしての特色を盛り込んだ製品作りをし、ユーザメリットを追及していく考えである。

シーケンサ用ソフトウェア 開発サポート製品

尼崎新一* 二瓶貴行*
岩田恭伸*
須田英一*

1. ま え が き

シーケンサは、FA (Factory Automation) システムの中核コンポーネントとして重要性をますます増してきている。また、ユーザシステムの大規模化・複雑化に伴い、シーケンサの適用範囲は拡大の一途をたどり、その制御プログラムは、急速に肥大化している。

それに伴い、シーケンサによる制御システム開発において、ソフトウェア開発の占めるコストが急増してきている。さらに、制御プログラムを開発するソフトウェア技術者不足も進んでいる。こうした背景の中、ソフトウェア開発の占めるコストをいかに減らすかが重要な課題になってきている。そのため、肥大化するプログラムを効率良く開発、デバッグできるとともに、マンマシンインタフェースの充実した周辺機器という要望が非常に高まってきている。

本稿では、上記の問題を解決すべく開発した、新シリーズ

である“QnA シリーズ”用のソフトウェア開発サポート製品群について、特長・仕様を紹介する。

2. ソフトウェアサポート製品群の 基本コンセプトとレパートリ

この製品群の基本コンセプトは、以下のとおりである。

- (1) プログラムの構造化ができ、複数の設計者で分担して開発ができること。
- (2) プログラムを標準化でき、手軽に、かつ自由に標準プログラムを活用できること。
- (3) 市販ソフトウェアのように、親しみやすく、スピーディな操作性を持つこと。
- (4) だれが見ても分かりやすいプログラムであること。

以上のことを実現し、さらに、シーケンサのユーザ開発フェーズ (図1) を、設計から保守まで総合的に開発するソフトウェアパッケージ群を構築し、工期短縮、ソフトウェア開

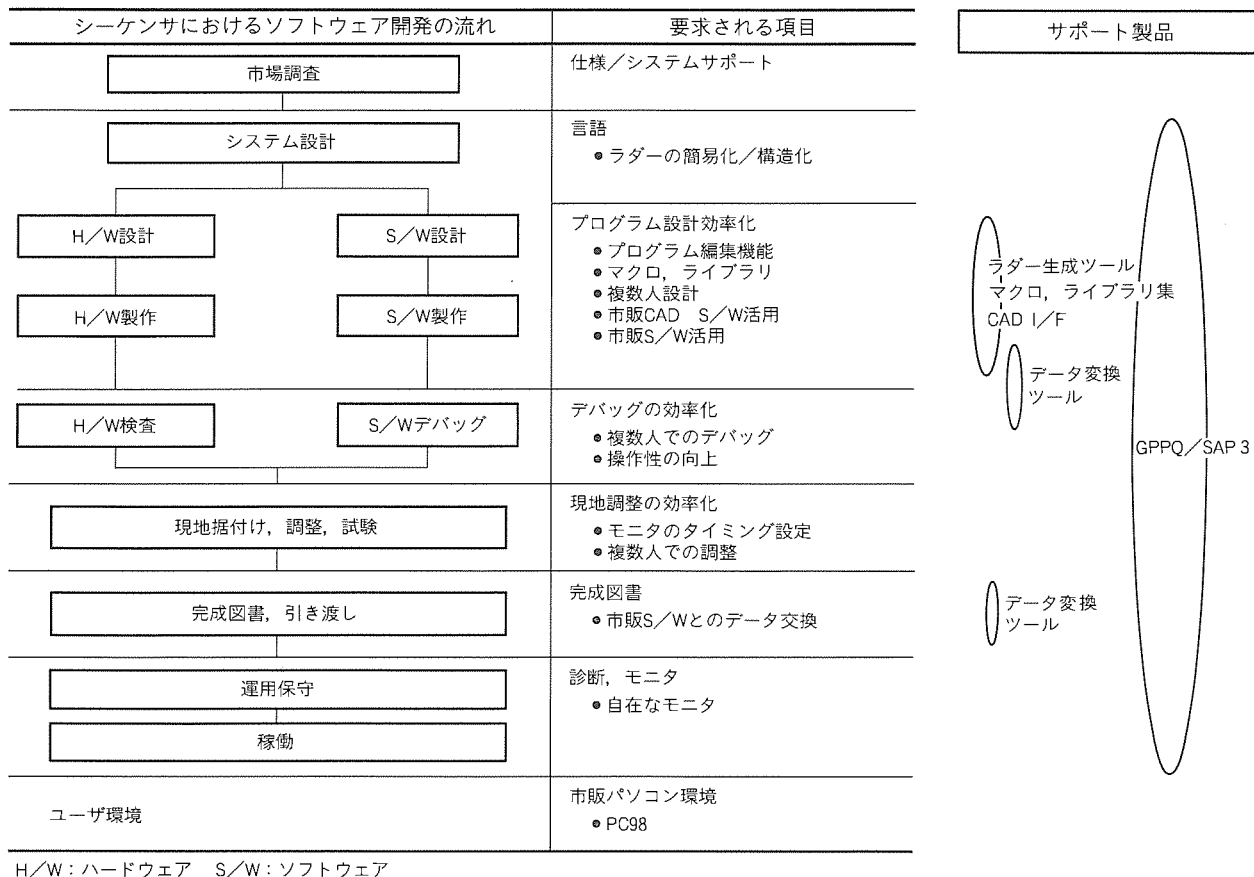


図1. シーケンサのユーザ開発フェーズと対応製品

開発費用削減を図ることができる、ユーザに最適なプログラム開発環境を提供することを基本コンセプトとしている。

このような、コンセプトの下、表1の製品群を開発した。

3. 各製品の共通化

これらの製品の開発に当たって、各製品が共通な操作性を持ち、またデータを共用できるよう、ソフトウェア内部の共通部分を定義した。大きくは、画面、キーボードなどマンマシンインタフェース部分の共通関数化と、シーケンスプログラムの中間コード化である。

(1) マンマシンインタフェース部分の共通関数化

当社の周辺機器である、“A7 PHP”やNEC製パソコンPC9801など、パソコンの機種に依存する部分は共通関数化しておき、機種依存する部分を意識しなくても開発ができるようにした。

また、操作部分については、ダイアログ、アラート、メニューなどの画面作成ツールを開発し、製品による画面表示、操作の違いが発生しないように共通化を図った(図2)。

(2) シーケンスプログラムの中間コード化

各製品の共通データになるシーケンスプログラムをソフトウェア開発サポート製品内では中間コードとして持つことにした。これは、シーケンサの機種依存による部分を無くすことと、ソフトウェア開発サポート製品としての機能の拡張が行いやすいようにするためである。

そのため、コードには命令やデバイスだけでなく、ラベル、

ステートメントなどのシーケンサの実行には関係ないものも含めている。これにより、ラベル、ステートメントなどを、シーケンスプログラムと一体管理でき、各製品からのシーケンスプログラムの読み書きの共通化を実現した。

4. “GPPQ/SAP 3”の概要

GPPQ / SAP 3は、QnA シリーズシーケンサ用のプログラム開発、テスト、モニタなどをサポートする周辺ソフトウェアパッケージである。QnA シーケンサで可能となったシーケンスプログラムの大容量化、シーケンスプログラムの分割化などに対応し、ソフトウェア開発効率の向上のための中心になるソフトウェアパッケージである(図3)。

4.1 特 長

4.1.1 操作性向上

プルダウンメニューによる各種機能のサポートと、編集時の記号、基本機能をファンクションキーにまとめることで操作性を向上させた。また、メッセージ、ガイダンス、アラート、ヘルプを充実させ、市販ソフトウェア感覚の分かりやすい操作性を持たせた(図4)。

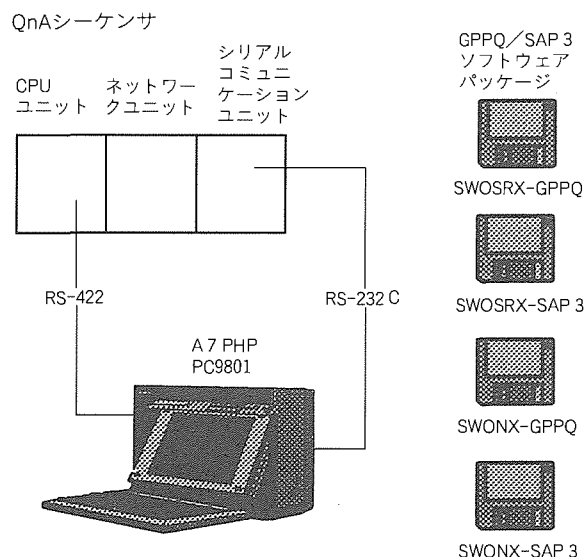


図3. GPPQ/SAP 3の全体構成

表1. シーケンサ開発サポート製品

製品形名	機能概要
SWOSRX/NX-GPPQ	GPP機能（設計から保守まで幅広くサポート）
SWOSRX/NX-SAP 3	SFC機能（GPP機能をすべて包含）
SWORX/NX-LNKQ	ラダーシーケンスの生成結合
SWORX/NX-CNVQ	各種データの変換機能
SWORX/NX-CADQ	CADIF機能
SWORX/NX-MSPQ	マクロ、ライブラリ集（特殊機能ユニット用）
SWORX/NX-MSDQ	マクロ、ライブラリ集（標準回路用）

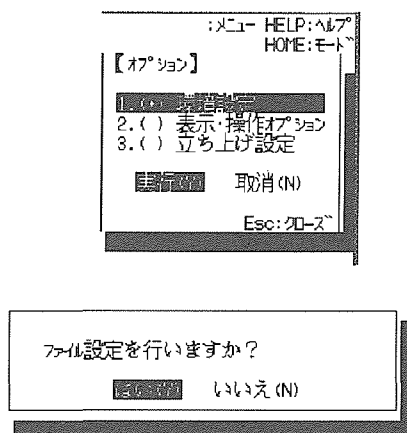


図2. ダイアログ、アラート例

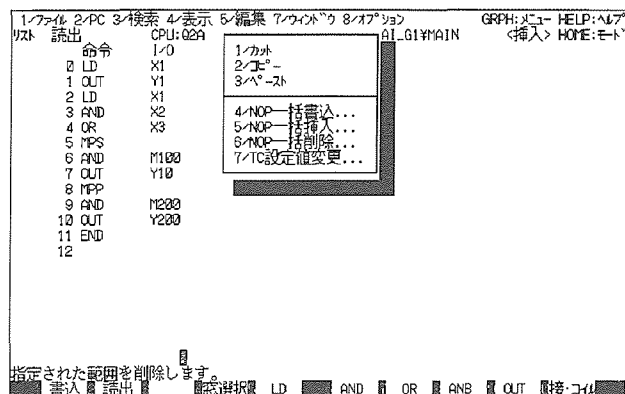


図4. GPPQ/SAP 3の画面例

また、四つのシーケンスプログラム、データを同時編集して編集対象間でのカット&ペーストを可能とすることで、プログラムの流用を容易にした(図5)。

さらに、縦横棒のけい(罫)線接続、並列コイルの挿入など、ラダー回路をより少ないキー入力回数で作成できる特有の工夫も施した。

4.1.2 プログラムの標準化サポート

(1) ラベルのサポート

デバイス名によるシーケンスプログラムの作成だけでなく、ラベル名でのプログラムを可能とした。ラベルは、入出力番号をあらかじめ決めておかなくてもよいため、流用のしやすい標準的なシーケンスプログラムの作成が可能となる。

また、ラベルにより、プログラムの可読性も向上する。

(2) マクロ、ライブラリのサポート

引数を5個まで持たせることができるユーザ定義可能なマクロ命令をサポートした(図6)。

これにより、必要に応じて自由に命令を作成、使用することができ、シーケンスプログラムの標準化、簡素化を図るこ

とができる。また、ユーザ独自のノウハウをマクロ命令化することで、ユーザによる独自仕様の命令が簡単に作成できる。

このほか、シーケンスプログラムの登録、流用が可能なライブラリ機能も用意した。

(3) プログラム展開、結合機能のサポート

ラベルやマクロで作成したシーケンスプログラムに、入出力番号やマクロの実体を割り付け、実システムのシーケンスプログラムに展開する機能、及び複数の分割されたプログラムをまとめ、一つのシーケンスプログラムに結合する機能をサポートした。プログラムを標準化でき、複数設計者で分担してプログラムの設計が行えるため、開発効率の向上に役立つ(図7)。

4.1.3 オンライン機能の充実

(1) きめ細かなモニタ

従来、モニタはシーケンサのEND処理で一括して行っていた。これでは、タイミングによるずれのため、正確なモニタが行えなかった。

このためGPPQ / SAP3では、調べたいタイミングで正確にモニタできるように指定ステップでの演算結果、デバイス状態をトリガとしてのモニタ、モニタ停止を可能とした。機械の調整時などにおける微妙な動きにも十分対応できるようになる。

(2) トレース設定の簡易化

トレースの条件は、ステップ、デバイス状態の指定を可能とし、様々な条件でトレースができるようにした。

また、設定においても、モニタ中のラダー回路中のデバイスを対象としたサンプリングトレースを可能とし、トレースするデバイスを自動設定できるようにした。さらに、トレー

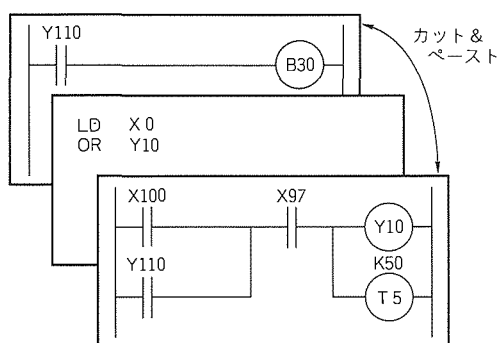


図5. 複数シーケンスプログラムの編集

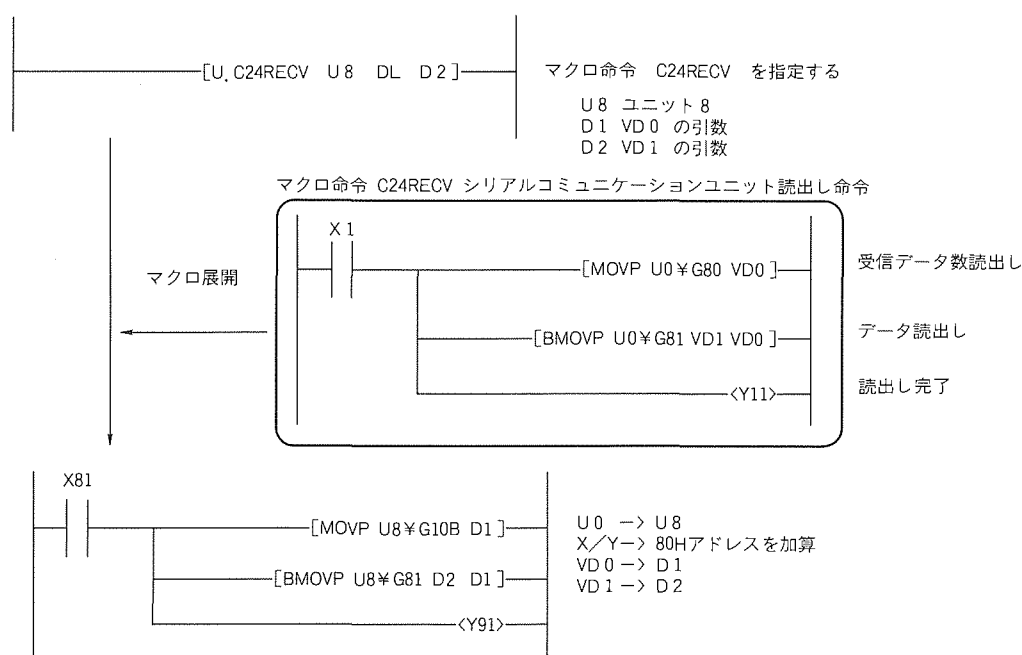


図6. マクロ命令

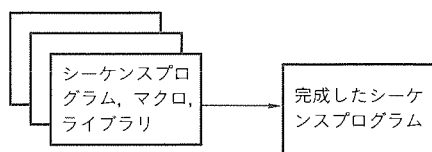


図7. プログラム展開, 結合

ス結果を回路上で確認できるようにし、操作を容易にした。

4.1.4 複数の設計者での同時デバッグのサポート

複数の設計者が同時にデバッグできる環境を提供することにより、デバッグ段階での省時間化を目指した。

そのため、シーケンサ本体の通信ポートだけでなく、リアルコミュニケーションユニットやネットワーク経由でも周辺装置をつなぐことができるようにした。

4.1.5 保守機能の充実

シーケンサシステム全体の動作状況、エラー状態、診断結果を周辺装置の画面に表示することで、保守時の操作性を向上させた。

また、機械の故障時などに、故障の原因となる接点を簡単に調べることができるよう、指定した接点又はコイルが、ON/OFFしない原因となるデバイスを検索する機能を設けた。

5. ラダーシーケンス生成結合ツール

このツールは、複数のシーケンスプログラムを結合し、1台のシーケンサ上で動作するプログラムを生成するものである。

従来は、あらかじめ各制御対象の入出力番号を決定した上でプログラムを作成していた。このため、作成されたシーケンスプログラムは特定のシステムに依存し、他のシステムへの流用が困難であった。また、プログラムにおいて、ローカルデバイスと外部インタフェースの考えがないため、デバッグ時など、データの関連を調べるのが困難であった。

このツールでは、入出力番号を意識することなく作成した複数の標準プログラムをモジュール化し、各モジュールに対し、特定のシステムに対応した入出力番号の設定、外部インタフェースの接続の設定を行うことでシーケンスプログラムを生成することができる。その手順は、以下のとおりである(図8)。

(1) モジュール化

各標準シーケンスプログラムに対し、その外部インタフェースとなるデバイスを指定する。この関係を明確にした標準シーケンスをモジュールと称し、登録する。そのため、各モジュールは、他のモジュールとのデータ変換を行うデバイスが明確となり、モジュールの独立性が高まる(図9)。

(2) デバイス自動割付け

上記インタフェースとして指定されなかったデバイスは、他のデバイスと重複しないようにデバイスメモリの未使用領

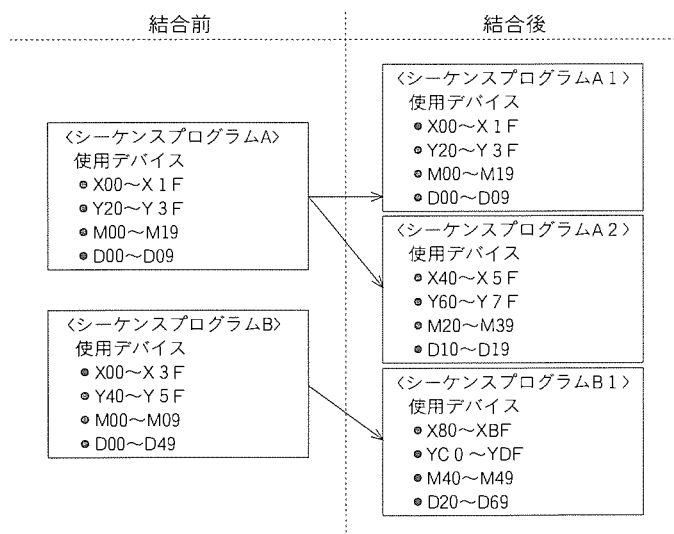


図8. シーケンスプログラムの結合

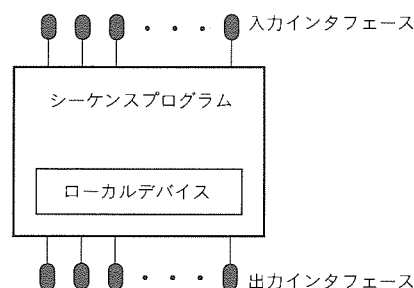


図9. モジュール化の概念

域に割り付ける。

そのため、個々のモジュールの内部で扱うデータ、他のモジュールと共通で扱うデータの区別がつき、デバッグ時などの効率化に役立つ。

(3) シーケンスプログラムの生成

制御システムに応じ、各モジュールのインタフェースの接続を設定することにより、各モジュールを自動的に結合し、プログラムを生成する。

6. データ変換ツール

シーケンスプログラムの開発では、入出力番号表、デバイスの設定値などの資料は欠かせないものである。これらのデータを、あらかじめ表計算ソフトウェアなど市販のソフトウェアで作成し、そのデータを資料として利用するユーザも多い。このため、表計算など市販のソフトウェアで作成したデータをシーケンサ用のデータに変換できるようにデータ変換ツールを開発した。

6.1 特長

(1) Excel^(注1), Lotus 1-2-3^(注2), Multiplan^(注1) など一般的

(注1) “Excel”“Multiplan”は、米国Microsoft Corp.の商標である。

(注2) “Lotus 1-2-3”は、米国Lotus Development Corp.の商標である。

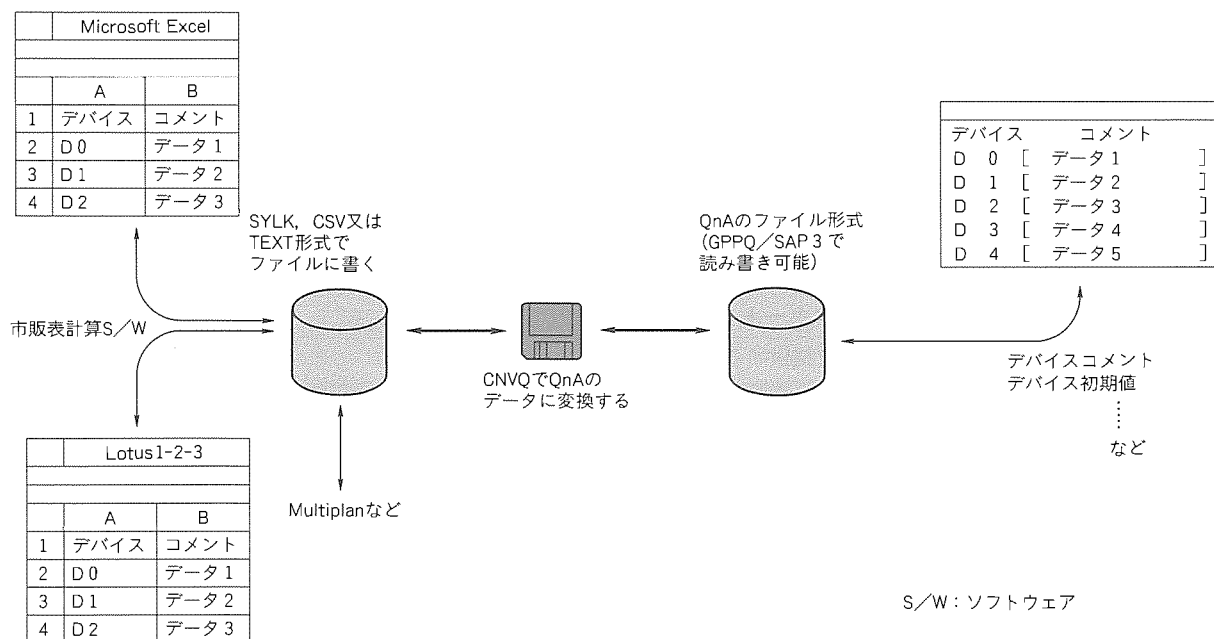


図10. データの変換例(デバイスコメント, 初期値)

な表計算ソフトウェアのデータを変換可とした。

(2) 他のエディタや、ワープロのデータにも対応できるように、テキスト形式のデータの変換も可能とした。

(3) 逆変換も可とした。GPPQ / SAP 3での、モニターデータや故障データなどを変換し、ユーザの管理データとして利用できるようにした。

6.2 データのインタフェース

SYLK, CSV, 又はTEXT形式のデータを変換可能とした。これにより、ほとんどの市販ソフトウェアとの変換が可能である(図10)。

7. マクロ, ライブラリ集

標準的なプログラム, 特殊機能ユニットに対する処理を, マクロ, ライブラリ集として用意した。マクロ, ライブラリ集のデータを流用することで, ユーザにおけるシーケンスプログラムの開発の効率化を助けるようにした。

7.1 特 長

(1) 特殊機能ユニットに対する処理をマクロ, ライブラリとして用意し, 新たに特殊機能ユニットを導入する際, 処理を新たに作る必要がなく導入を容易とした。

(2) 標準的なプログラムをマクロ, ライブラリとして用意し, 初めてシーケンスを使用するユーザの手助けとなるようにした。

7.2 ユーザプログラムへの組み込み

GPPQ / SAP 3機能にあるマクロ流用, ライブラリ流用機能を利用して組み込む。ユーザで作成したマクロ, ライブラリの組み込みと手順は同じである。

シーケンスプログラムに, あらかじめマクロ命令を指定しておくことで実際のシーケンスプログラムに展開する。

8. む す び

以上, シーケンス用ソフトウェア開発サポート製品群について紹介してきた。しかし, これらは初めに述べた基本コンセプトの実現に向かう第一歩を踏み出したものに過ぎず, 十分と言えるものではない。

今後とも, 第二歩, 第三歩と開発を進め, ユーザに最適な“プログラム開発環境”を提供していくという“基本コンセプト”の完成を目指し, シーケンス用ソフトウェア開発サポート製品群を拡大・強化していく所存である。

シーケンサシステムの現場保守・故障診断対応機器

倉島達洋*
神谷善栄**
葛西由夫***

1. ま え が き

シーケンサの用途拡大とともに、近年、シーケンサシステムの据付け期間の短縮と稼働中の故障の早期発見・短期復旧の要求が高まってきている。この要求にこたえるために各種製品を品ぞろえしてきた。本稿では主な製品である下記の機器、システムについて、特長と仕様及び実現のための技術などを述べる。

- (1) 据付け時の試験と調整に用いる現場向き周辺機器
- (2) 設備稼働中の遠隔からの故障診断と復旧に用いる遠隔保守システム
- (3) 外部の故障要因の早期発見と予防保全を目的とした外部故障診断システム

2. システム構成

上記製品群のシステム構成例を図1に示す。また、ユーザ開発フェーズに対応する適応機器、システムと作業内容を図2に示す。これら機器、システムを組み合わせることにより、据付けから保守に対してより良い環境を実現する。

3. “A7 HGP”形ハンディグラフィックプログラマ

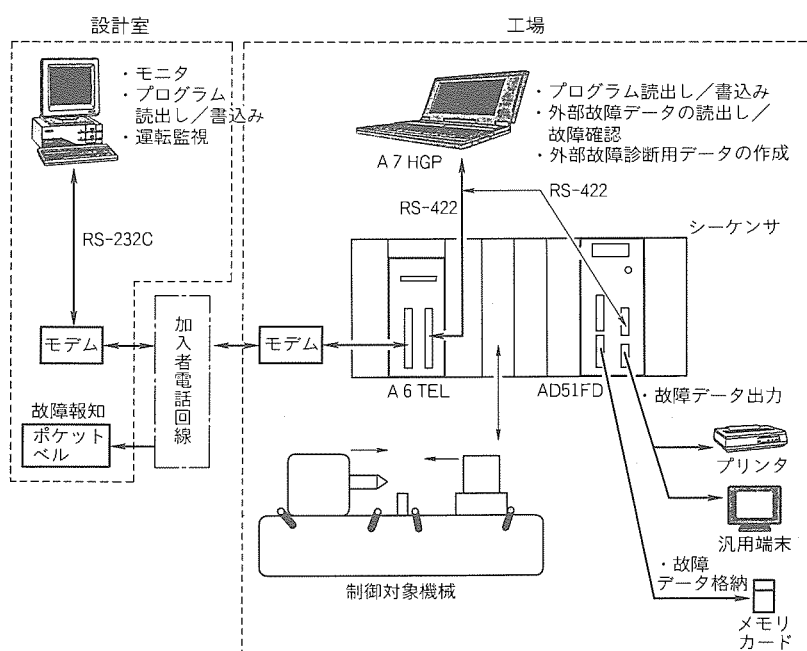


図1. 遠隔保守システム, A7 HGP, 外部故障診断システムの構成

この章では、シーケンサシステムの据付けと稼働中の保守に用いる現場向き高機能周辺機器 A7 HGP (図3) について概要を述べる。

3.1 製品化のねらい

1985年発売の A6 GPP と 1986年発売の A6 PHP は、現場向きとして高い評価を得てきたが、ハードウェアの制約（漢字サポートなし、フロッピーディスクのみの補助記憶装置等）によって高機能化に限界が生じた。1990年発売の高機能化を追求し、JIS キーを装備した A7 PHP は、設計室の使用では評価が得られたものの、現場での使用に関しては可搬性、操作性等に課題を残した。このために、A7 HGP は従来機器の操作性を継承し、小型化・軽量化を徹底追求した現場向き高機能版を開発した。

3.2 概 要

(1) 小型・軽量化を実現

小型化については、JIS 事務機の引出しに入る寸法（高さ 60mm × 幅 315mm × 奥行き 255mm）とし、軽量化は従来機の 1/2 (3.3 kg) を目標値とした。次の方法で目標寸法と質量を達成した。

(a) 目標の外形寸法の条件において、空間体積を極力少なくするように部品の配置を決定

(b) 特に、ハードディスクは 2.5 インチの小型品とフロッピーディスクドライブは 12.7 mm の薄形品を選定

(c) 面実装部品の多数採用と高密度実装・高密度パターン設計によるプリント基板の小型化

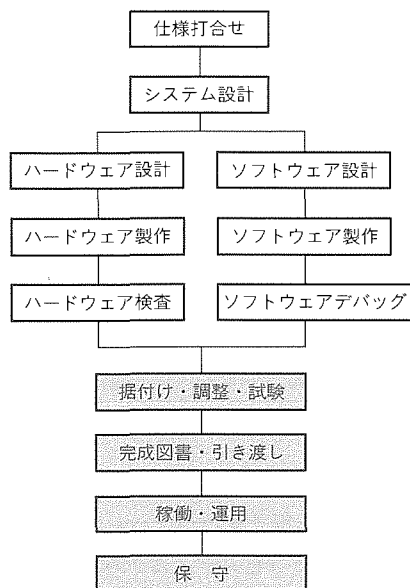
(d) ノイズ対策と温度対策を徹底追求した高ノイズ耐量・高効率電源ユニットの設計

(e) 部品・構造部材ごとに目標質量を設定し、選定と設計

(2) GPP 操作キーによる使い慣れた操作性を継承

従来機器の GPP 操作キーと JIS キーとの配置により、A7 HGP 専用のアプリケーションソフトウェアと既存の A7 PHP 用のアプリケーションソフトウェアとが操作可能である。

(3) メモ리카ードインタフェースを装備



ユーザ開発フェーズ	適応機器、システム	作業内容
据付け・調整・試験	A7 HGP	機械の動作を確認しながら調整を行う。
	外部故障診断システム + A7 HGP	学習機能によって故障診断用データの作成を行う。
完成図書・引き渡し	遠隔保守システム	完成図書のエンドユーザへの引き渡しをファイル転送機能で行う。
稼働・運用	遠隔保守システム	管制室、電機室など離れた場所でのモニタ・プログラム変更を行う。 生産状況、故障などの運転監視を行う。
	外部故障診断システム + 遠隔保守システム	機械の故障の報知を、端末への表示、プリンタへの印字で行う。 外部故障診断システムで検出した故障の報知をポケットベルで行う。
保守	外部故障診断システム + A7 HGP	故障発生前後の機械の動作を確認して原因を究明する。
	A7 HGP	機械の動作を確認しながら現場で復旧操作を行う。
	A7 HGP + 遠隔保守システム	現場で故障箇所のプログラム修正を行い修正ファイルを電機室へ転送する。

図2. ユーザ開発フェーズに対応する適応機器、システムと作業内容

シーケンサシステムのトラブルシューティングを目的とした保守専用のオンライン機能のみを格納し、立ち上げ操作を高速にするため自動的にシーケンサからの読み出し、モニタを行うようにした簡易 GPP 機能ソフトウェアが使用できる。

このインタフェースは、日本電子工業振興会 (JEIDA) の IC メモリカードガイドライン Ver. 4.0 の規格に準拠させ、将来機能拡大ができるように考慮している。

3.3 システム構成

ハードウェア概略ブロック図を図4に示す。このハードウェアは、キーボードに装備した JIS キー、外付け JIS キーにより、既存の A7 PHP 用各種アプリケーションソフトウェアと市販の AX パソコン用アプリケーションソフトウェアが動作する構成である。

3.4 今後の展開

今後更に、オプションユニットの品ぞろえと、各種アプリケーションソフトウェアの充実を図り、セットメーカ・エンドユーザの設計者・保全者の幅広い層から利用されるよう“MELSEC”シーケンサ用の専用周辺機器として製品力強化に注力する所存である。

4. 遠隔保守システム

この章では遠隔保守システムとして、遠隔 GPP 機能とポケットベル^(注1)報知機能について述べる。

(1) 遠隔 GPP 機能の特長と仕様

遠隔 GPP 機能は、現在出荷中の“MELSEC”A シリーズの GPP 用周辺機器とシーケンサ本体との間に、今回開発の“A6 TEL”及び市販のモデムと加入回線を接続することにより、遠隔地からシーケンサの保守及びファイルの転送を可能とした機能である。初めに回線接続操作を行った後の基本

(注1) ポケットベルは、NTT 移動通信網^(株)の登録商標である。



図3. A7 HGP 形ハンディグラフィックプログラマ

的な操作方法は、現行の GPP 機能及び SFC 機能と全く同様である。

遠隔 GPP システム (図5) で利用する加入回線は日本電信電話^(株) (NTT) としており、NTT 準拠であれば内線からの接続も可能である。また、接続するモデムについては市販品を使用することを前提としている。ここで使用可能なモデムは、シーケンサ及び周辺機器の RS-232C 側は 9,600 bps, 加入回線の LINE 側は 2,400 bps に設定可能なモデムが必ず (須) である。以上の理由及び伝送の信頼性と効率を上げるため、このシステムで使用するモデムの仕様を以下とした。

- (a) 通信規格 : ITU-T V. 22bis (2,400 bps)
- (b) エラー訂正機能 : MNP^(注2) クラス 4 以上又は ITU-T V. 42

(注2) MNP (Microcom Networking Protocol) は、米国 Microcom 社の登録商標である。

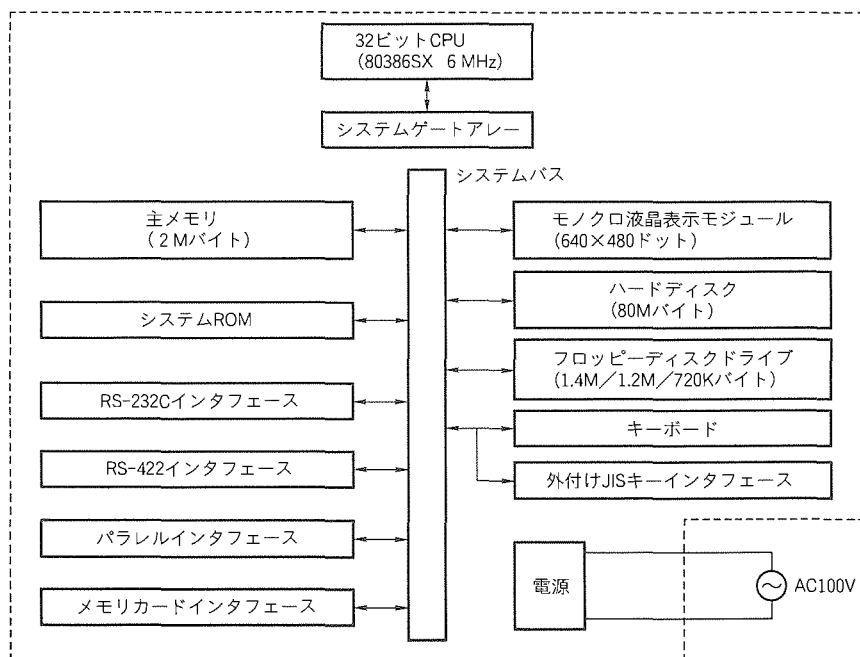


図4. ハードウェア概略ブロック図

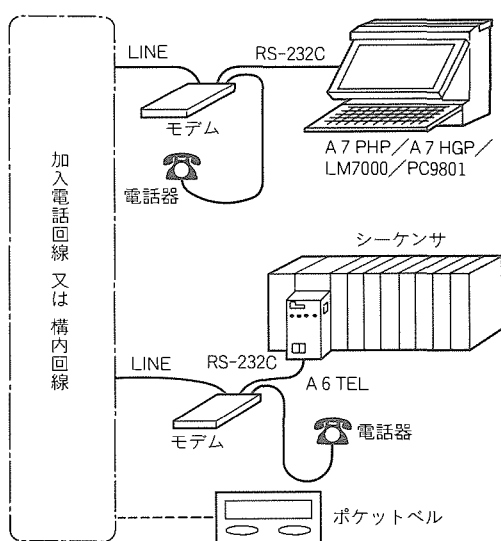


図5. 遠隔GPP機能

(c) データ圧縮機能：MNP クラス5 又は ITU-T V. 42 bis

また、シーケンサ本体に取り付けるモデムインタフェースユニットの仕様については表1に示す。

表2は、GPP機能の代表的な操作についてMNPクラス5のモデムを使用したこのシステムによるアクセス時間と従来の周辺機器によるシーケンサ本体の直結アクセス時間とを比較したデータである。アクセス時間については、通信速度の関係で遠隔時は直結時の約4倍となるが実用上大きな問題となる値ではない。また、このデータでは、転送速度比の4倍に対して若干速くなっているが、これはMNPによるデータ圧縮の効果によるものである。

(2) ポケットベル報知機能の特長と仕様

前節の遠隔GPP機能ではシーケンサ側のトラブルに関しては、保全者からシーケンサを定期的にチェックする方向であるが、ポケットベル報知機能では逆にA6TELにより、稼働中のシーケンサ本体側から保全者に異常等を報知するものである。したがって、このポケットベル報知機能と遠隔GPP機能を組み合わせることにより、異常発生からシーケンスの調査までを遠隔地で速やかに行うことが可能である。基本的な仕様は、シーケンサの自己診断エラー発生時とあらかじめA6TELに設定された最大5点の内部デバイスの条件成立(ビットデバイスであればON/OFF、ワードデバイスであれば大/小/=/≠を判定)により、自動的に登録されている電話番号先に電話を掛け

るものである。登録は、一つのデバイスに対して正/副2回線可能である。また、電話番号先をポケットベルに指定することにより、ポケットベル呼出し及び登録メッセージの送出を実現することができる。呼出しパターンとしては、次の二通りがある。第一に正、副ともに設定した場合、まず正側の電話を呼び出す。もし受話器が取られない場合は副側を呼び出すことになる。また、第二として副側の設定をしない場合は、正側に対して受話器が取られるか又はデバイス判定条件が不成立になるまで一定時間ごとに呼出しを行い続ける。

5. 外部故障診断システム

外部故障診断システムは、外部故障診断ユニット“AD51FD”とその他の周辺機器によって構成される。この章ではAD51FDの仕様(表3)のうち、故障診断機能、故障データ表示機能、学習機能の特長と仕様について述べる。

(1) 故障診断機能の特長と仕様

故障診断機能はあらかじめ設定したデータと機械の動作を比較して、故障検出をプログラムレスで簡単に実現するための機能である。AD51FDは、定期的にシーケンサCPUからデバイスの状態を読み出して、指定された故障診断開始デバイスの条件(ON/OFF)が成立したときに故障診断を開始する。読み出したビットデバイスの状態と設定データとを比較してON/OFFする順序、パターン、回数等が一致しない場合や、ON/OFFするまでの時間が設定時間を越えた場合に故障と判断する。また、ON/OFFの変化以外にワードデバイスのデータ値が上下限値を超えた場合も故障と判断する。図6に設定時間を越えた場合の故障検出例を示す。

シーケンサCPUから読み出したデータは、故障サンプリングデータとして故障発生前後のデバイスのON/OFF変

化、変化時間を主メモリ又はメモリカードへ一時保存する。ただし、メモリを効率的に使用するために故障サンプリングデータとして保存されるのは、デバイスの状態が変化した場合 (ON→OFF, OFF→ON, データ値の変化) のみとする。

故障が発生すると、故障データとして故障発生時間、故障発生デバイス、故障サンプリングデータをプリンタ、メモリカード、バッファメモリへ出力して故障診断を終了する。この後、故障診断開始デバイスの条件が成立すると故障診断を再開する。

さらに、警告時間、警告回数を指定することにより、故障

表 1. A6 TEL仕様

項 目	仕 様
形状寸法 (mm)	(H)188×(W)78×(D)23
質 量 (g)	250
電 源	シーケンサから受電/DC 5 V 200mA
セキュリティ	パスワード設定可能
インタフェース	RS-232C 1ch内蔵(モデム接続用, EEPROM切り用)
	RS-422 1ch内蔵(PC接続用)
	RS-422 1ch内蔵(PC用周辺機器接続用)
電話番号登録	10回線分可能(ポケットベル報知用)

発生前に機械の動作異常を検出することが可能である。この機能も故障検出と同様に警告時間、警告回数を越えても機械が正常に動作しない場合に警告データを出力して、故障が発生するまで故障診断を続ける。この機能により、故障を未然に防ぐことが可能となる。

(2) 故障データ表示機能の特長と仕様

故障データ表示機能は、故障発生原因の早期究明を実現するための機能である。故障データの詳細内容の確認は、周辺機器で行う。デバイスの ON/OFF する順序の故障診断を行った場合の故障データの表示例を図 7, 図 8 に示す。

図 7 の画面では設定したデータに対してどのデバイスの動作が不正であったかを確認できる。例では、反転表示されて

表 2. 処理時間比較

処 理 内 容	遠隔GPP	直結GPP
回線接続時間	43s	—
シーケンサプログラム読出し時間 (パラメータ+メインP 30kステップ)	331s	95s
シーケンサプログラム書き込み時間 (パラメータ+メインP 30kステップ)	318s	89s
回路モニタ画面リフレッシュ時間 (ビット20点, ワード6点)	500~ 600ms	100~ 200ms

表 3. 外部故障診断ユニット仕様

項 目			仕 様
故障検出方法	検出項目数		メモリ容量範囲内で設定した検出種別の合計数 (1 検出項目 = 1 検出種別)
	順序・時間 チェック	デバイス点数	1～128点／1 項目……………(開始, 終了デバイスは含まない。)
		変 化 数	1～255
		変 化 時 間	0～65,535 (0：無限)……(単位10ms, 100ms, s)
		警 告 値	1～65,535 (h) (0：警告値なし)……………(変化ごとに設定可能)
			－1～－100% (時間の割合)……………(全変化時間に対して一定の割合で設定)
	回数チェック	デバイス点数	1～128点／1 項目……………(開始, 終了デバイスは含まない。)
		回 数	1～2,147,483,647回
		条 件	～以上 (<), ～以下 (>), 等しい (=) ～以上～以下 (<□<)
		警 告 値	1～2,147,483,647
			－1～－100%……………(全回数に対して一定の割合で設定)
	累積回数	検出項目：最大36項目 デバイス点数：最大4,608点……………(ユニット電源断時の回数保持)	
		正常パターン チェック	正常パターン 登録数
	デバイス点数		1～128点……………(各パターン共通, 開始デバイスは含まない。)
	不正パターン チェック	不正パターン 登録数	1パターン／1 項目
		デバイス点数	1～128点
	上下限值 チェック	デバイス点数	1 点／1 項目 (ワードデバイスのみ使用可。開始, 終了デバイスは含まない。)
		条 件	～以上～以下
		警 告 値	－32,768～32,767
	往復動作 チェック	デバイス点数	起動2 点, リミット2 点／1 項目
		変 化 時 間	0～65,535 (0：無限)……(単位10ms, 100ms, s)
警 告 値		1～65,535 (h) (0：警告値なし)……………(変化ごとに設定可能)	
学 習 機 能			順序時間チェック, 回数チェック, 正常パターンチェック, 上下限值チェック, 往復動作チェック
故障データ出力先			メモリカード, バッファメモリ, プリンタ, 汎用端末, 周辺機器

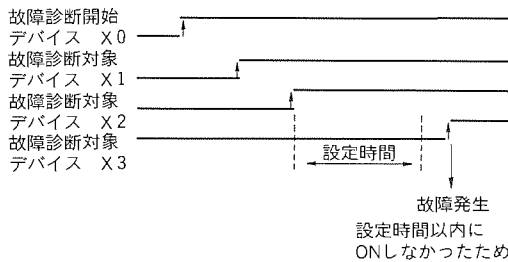


図 6. 故障診断例

いるビットデバイス X 5 が OFF しなかったことにより、故障が発生したことが分かる。また、図 8 のサンプリングデータの画面では、故障発生前後のデバイスの変化が確認できる。例では、X 5 が OFF せずに X 4 が先に OFF したことによって(図中、破線のだ(楕)円の箇所)故障したことが分かる。この 2 種類の表示機能により、故障発生箇所、故障原因が分かり、復旧作業の短縮が図られる。

(3) 学習機能の特長と仕様

学習機能は、機械の入出力番号(デバイス)を設定するのみで、プログラムレスで簡単に故障診断用データの設定を行う機能である。学習機能も故障診断と同様に定期的にシーケンサ CPU からデバイスの状態を読み出して学習を行う。

学習開始のビットデバイスが ON/OFF すると学習を開始し、あらかじめ設定してあるビットデバイスの ON/OFF 変化、変化するまでの時間、ワードデバイスのデータ値の変化をサンプリングして学習データとして保存する。

故障診断と同様に学習データとして保存するのは、デバイスの状態が変化した場合のみとする。変化するまでの時間は、機械の動作のばらつきを考慮して、数サイクル間サンプリングした変化時間の平均値又は最大値を設定する。学習は学習終了のビットデバイスが ON/OFF 又は指定した時間が経過すると完了し、学習データを故障診断用データとして設定する。

6. 据付けから保守までを総合サポート

以上それぞれの製品に対しての機能を述べたが、これら製品群を有効に組み合わせることにより、より保全作業の効率的運用を図ることが可能である。以下にその具体例について遠隔地から稼働ラインを保全する例を紹介する。

- (1) 外部故障診断システムによって稼働ラインの診断を行い、異常発生時、シーケンサ CPU に情報を伝える。
- (2) その情報を基に遠隔保守システムのポケットベル報知機能によって保全者へ報知し、遠隔 GPP 機能によってトラブルのあるシーケンサをモニタすることにより、トラブル内容を調査し対策を立てる。
- (3) シーケンサの外部要因であればオペレータ等を通じて外

【詳細】		項目NO	1	順序・時間チャート	シーケンサ			シ'ン'シ'タ'イ
開始デ'バイ'ス	↑	終了デ'バイ'ス	↓	↑	終了時間	時間単位	変化数	警告
[X][0020]	[↑]	[X][0020]	[↓]	[]	[]	[]	[30]	-(10)%
検出デ'バイ'ス		13*	14*	15*	16*	17*	18*	19*
[X][0002]:								↓
[X][0003]:								
[X][0004]:	↑							↓
[X][0005]:					↓			
[X][0006]:			↑					
[] []:				↑				
[] []:				↓				
[] []:								
[] []:								
[] []:								
[] []:								
[] []:								
[] []:								
[] []:								
変化時間	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]
警告	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]
時間単位	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]	[]

図 7. 故障デバイス表示画面

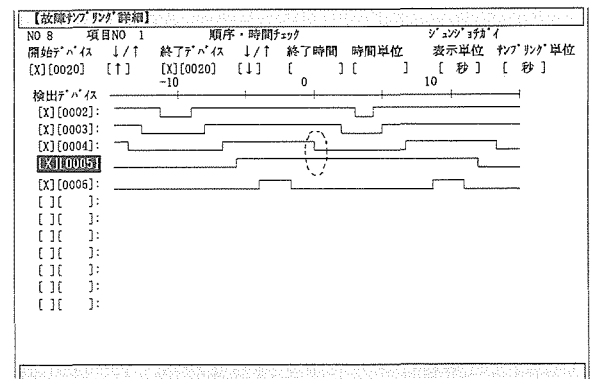


図 8. 故障サンプリングデータ表示画面

部回路又は機械系の復旧を指示する。また、制御シーケンスに不備が発見された場合は、シーケンスの修正を遠隔地からアップロード及び修正、ダウンロードによって行う。

このように、外部故障診断システムと遠隔保守システムを組み合わせることで、故障時に出張することなく、迅速に遠隔地からラインを復旧することが可能である。

なお、(2)(3)については、近接設備であれば小型軽量の A 7 HGP を現場に持ち込み、処理を行うこともできる。

7. む す び

今までシーケンサは比較的、高機能・高性能、高プログラミング性について主眼をおいていろいろな制御対象の制御を実現してきたが、本稿で取り上げた 3 機種は、これらシーケンサの稼働システムにおける保全性の向上を目指した製品であり、ユーザにおけるトラブル発生時のロスタイムを大幅に削減することや、単なる MTTR (Mean Time To Repair) の短縮のみならずサービス部門の出張費など経費削減をねらった製品である。今後とも、これら稼働システムをよりシンプルに保守していくための製品群の拡充と、より使いやすいものを目指して改良を進めていく所存である。

小型ビルディングブロック形 FAコントローラ“LM610”

片桐正夫*
三浦邦治*
新藤研二*

1. ま え が き

1990年代におけるFA (Factory Automation) 化, CIM (Computer Integrated Manufacturing) 化の流れの中で, FA コントローラにはシステム全体を見た統合化 (インテグレーション) とセル/ラインの高機能化・高性能化の実現が求められている。すなわち, 個々のセル/ラインをいかに使いやすいものとし, 生産性の向上を図るかという点と全体をいかに有機的につなぎ, 情報のタイムラグが生じないようにするかの2点にある。

本稿で紹介するFA コントローラ“MELSEC-LM 610” (以下“LM 610”という) は, 優れた耐環境性及び三菱汎用シーケンサ“MELSEC-Aシリーズ”との親和性を実現し, 加えてユニットの操作・着脱が前面から行えるなど現場のニーズに即した多彩なメリットを持ちながら, トータルFA, CIM 構築のために求められる要件を具体化し, システム構築のための強力なツールをサポートしている。

CPUとしてi386SL^(注1)を搭載した機種に加え, このたび, 高性能版としてi486SX^(注1), i486DX2を搭載した2機種を開発したので, 以下に, 開発のねらい, システムの特長などについて述べる。

2. 開発のねらい

LM 610は, 従来からのデスクトップタイプの“LM 7000シリーズ”とは異なり, 盤内組込みを前提として次のコンセプトで開発した。

(1) コンパクト化と操作性・拡張性

制御盤, 監視盤などへの組込みに最適なビルディングブロック方式を採用し, シーケンサと同一の環境で使用でき, 前面操作を基本とした, 操作性・保守性の良い形状とする。

また, ユーザのシステム規模に合わせ, 各種オプションユニットを自由に選択, 組み合わせることにより, システムアップ可能とする。

(2) ネットワーク化

図1に示すようにLM 610は, 特にMELSEC-Aシリーズシーケンサとの親和性を強化し, ネットワーク接続に加え, バス接続による高速なデータ転送を可能としている。また, 上位ホストコンピュータとは, 汎用ネットワークであるEthernet^(注2)を介しての接続も可能としている。

(3) コストパフォーマンス

最新のCPUを搭載することにより, 高速処理を低コストで実現し, 多彩なアプリケーションソフトウェア, ライブラリの提供により, リアルタイムなデータ収集, ビジュアルなモニタリングなどをマルチタスク環境で実現する。

(4) 信頼性

FAの生産現場の厳しい環境に耐える構造設計や, 異常時のトラブルシューティングに有効な各種エラー検出などにより, 信頼性の高いシステム構築を可能とする。

3. システムの特長

3.1 拡張性の高いシステム構成

LM 610は, 機能別ユニットをベースに組み込むビルディングブロック方式を採用し, MELSEC-Aシリーズシーケンサと同一のコンパクトで, かつ外部とのインタフェースをすべて前面から保守のできる操作性に優れた構造としている。構成を大別すると, 電源ユニット, ベースユニット, CPUユニット及びオプションユニットに分類され, その外観を図2に示す。

(1) CPUユニット

(注1) “i386”“i486”は, 米国Intel Corp.の商標である。

(注2) “Ethernet”は, 米国Xerox Corp.の商標である。

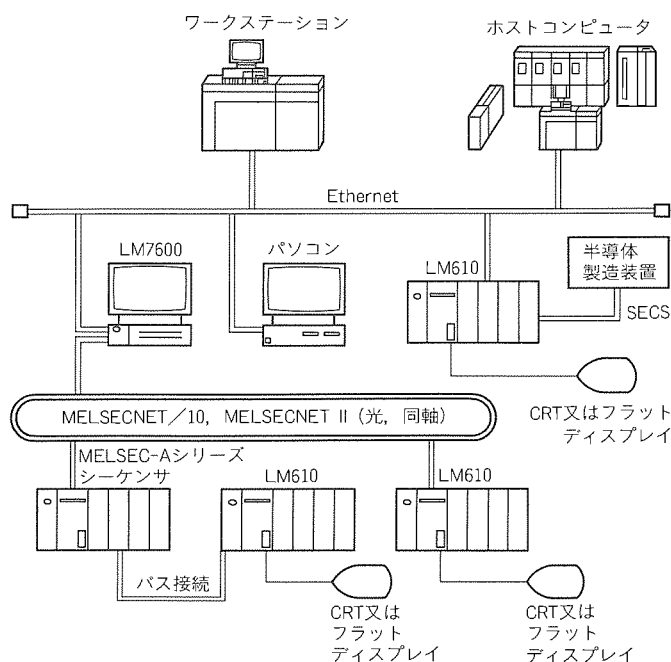


図1. ネットワーク構成とLM610の位置付け

CPUユニットには、表1に示す3タイプがあり、i386SL使用の“L61CPU”に加え、i486SX及びi486DX2使用の高性能タイプとして“L61CPUH”、及び“L61CPUH2”をシリーズ化した。これにより、従来のL61CPUに比べ、約2～4倍の高速処理を実現している。

(2) オプションユニット

オプションユニットには、補助記憶装置関連のユニット及び通信機能関連ユニットがある。ユーザが、システム規模に合わせて自由に選択、拡張することができるよう、表2に示す各種機能対応のユニットを品ぞろえしている。ちなみに、補助記憶装置としては、FD (Floppy Disk)、HD (Hard Disk) 及びCPUユニットに装着するICメモ리카ードの3種類が使用でき、小さなプログラムであればICメモ리카ードのみでも運転可能である。

また、通信機能ユニットでは、ホストコンピュータとEthernetを介して接続できるEthernetインタフェースユニット及びBSC^(注3)手順により、データ通信を行うBSCインタフェースユニット、半導体製造装置との通信手順であるSECS-I^(注4)を内蔵したSECSインタフェースユニット、さらに、MELSEC-Aシリーズシーケンサとの親和性を追求したユニットなどを充実させ、ネットワークを介したより高速なデータ通信を実現している。

3.2 シーケンサとの親和性の強化

MELSEC-Aシリーズシーケンサとの接続は、従来から“MELSECNET II” (通信速度1.25Mbps) 経由で行っていたが、より高速で、高機能な伝送をねらった“MELSECNET/10”インタフェースユニットによって通信速度10Mbps (多重伝送の場合は20Mbps) の高速通信を実現するとともに、管理局ダウンによるネットワークダウン防止を可能とした。また、MELSEC-Aシリーズシーケンサとのバス接続による高速通信を可能とするACPUインタフェースユニット (以下“L6AF-S2”という。) を新たにラインアップした。LM610は、L6AF-S2を介すことにより、MELSEC-Aシリーズシーケンサの特殊機能ユニットとみなされ、シーケンサとのバス接続が可能となる。

市販パソコンによるRS-232C経由 (計算機リンク接続)、及びMELSECNET/10経由MELSEC-Aシリーズシーケンサとデータ通信した場合との性能比較を表3に示す。この表から、バス接続によってシーケンサのデータレジスタ(D) 2,048点を一括転送する時間は60msであり、市販パソコンによる計算機リンク接続の場合と比べて約100倍、MELSECNET/10経由の場合と比べて約13倍速いことが分かる。

また、リンクレジスタ(W) 2,048点を一括転送する時間は、MELSECNET/10経由の場合は8msで、市販パソコンによる計算機リンク接続の場合に比べて約800倍速いが、バス接続の場合は、一般データ処理となるためデータレジスタ(D) 2,048点一括転送と同じで約100倍の速さとなる。

また、リンクレジスタ(W) 2,048点を一括転送する時間は、MELSECNET/10経由の場合は8msで、市販パソコンによる計算機リンク接続の場合に比べて約800倍速いが、バス接続の場合は、一般データ処理となるためデータレジスタ(D) 2,048点一括転送と同じで約100倍の速さとなる。

3.3 耐環境性の向上

FAの生産現場は、温度・湿度・振動・

(注3) “BSC”は、米国IBM社のコンピュータ接続回線用プロトコルであり、Binary Synchronous Communicationの略称である。

(注4) “SECS”は、SEMI (Semiconductor Equipment and Materials Institute) Equipment Communications Standardの略称である。

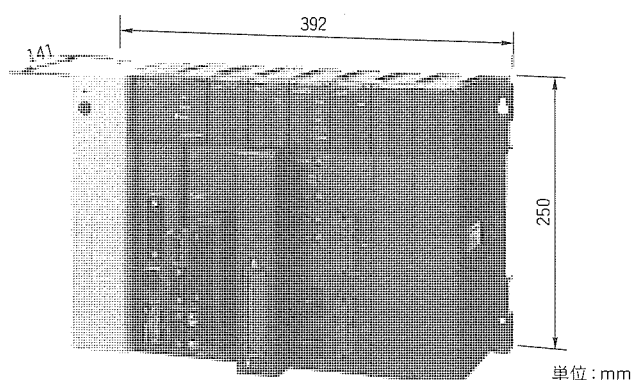


図2. FAコントローラLM610の外観

表1. CPUユニット仕様

項 目		仕 様		
形 名		L61CPU	L61CPUH	L61CPUH 2
電源電圧変動範囲		AC85～132V／AC170～264V, 50/60± 3 Hz		
C P U		i386SL (25MHz)	i486SX (25MHz)	i486DX 2 (66MHz)
キャッシュ メモリ	内蔵	なし		
	外付け	8 Kバイト		
主 メ モ リ	標準	64Kバイト	256Kバイト (オプション)	
	拡張	2 Mバイト	なし (オプション)	
		～12Mバイト	～32Mバイト	
ICメモ리카ード インタフェース		ICメモ리카ード (JEIDA規格)× 1 枚装着可能		
表示準拠規格		日本語VGA (AX-VGA／H) SVGA (オプション)		
解 像 度		640×480ドット	640×480ドット 1,024×768ドット (オプション)	
外部インタフェース		・アナログ／デジタルVGA (各 1 ch) ・RS-232C (2 ch) ・セントロニクス (1 ch) ・キーボード (1 ch)		
RAS機能		・自己診断 ・ウォッチドグタイマ ・バッテリーエラー検出 ・電源ON時起動チェック ・パリティチェック (主メモリ) ・温度上昇エラー検出 ・AC断検出 ・オプションユニットエラー検出 ・ハードウェアステータス表示LED ・外部入出力		

表 2. オプションユニット

形 名	仕 様
補助記憶装置	L 6 FD フロッピーディスクユニット (3.5インチ×1基内蔵)
	L 6 HD ハードディスクインタフェースユニット (カートリッジ式HD×1基装着可能)
	L 6 HDM ミラーハードディスクインタフェースユニット (開発中) (カートリッジ式HD×2基装着可能)
通信機能関連	L 6 J71AP21 MELSECNET II (光) インタフェースユニット
	L 6 J71AR21 MELSECNET II (同軸) インタフェースユニット
	L 6 J71LP21 MELSECNET/10 (光) インタフェースユニット
	L 6 J71BR11 MELSECNET/10 (同軸) インタフェースユニット
	L 6 AF-S 2 シーケンサMELSEC-Aバスインタフェースユニット
	L 6 RS 2 RS-232C (2ch) インタフェースユニット
	L 6 SEC SECSインタフェースユニット
	L 6 BSC BSCインタフェースユニット
	L 6 J71E71 Ethernetインタフェースユニット
	L 6 X40Y40 デジタル入出力ユニット (DC入出力各16点)

表 3. MELSEC-A 2Uシーケンサとの
データ交信時間の性能比較

単位: ms		
転送データ	データレジスタ (D) 2,048点 一括転送	リンクレジスタ (W) 2,048点 一括転送
接 続 方 法		
バス 接 続 (L 6 AF-S 2)	60	60
MELSECNET/10に よる接続	751	8
市販パソコンによる 計算機リンク接続	6,370	6,365

電源変動など厳しい環境にあり、また LM610は、図 3 に示すようにシーケンサと同一盤内に設置されるため MELSEC-A シリーズシーケンサで培ってきたノウハウを盛り込み、十分な対策を施している。

例えば、耐振動について考えた場合、特に注意を要するのが HD である。一般的に HD を搭載した市販パソコンの許容加速度は、 2.0m/s^2 {0.2G} 程度以下であるが、FA の生産現場用としては、 4.9m/s^2 {0.5G} の加速度に耐えられることが要求される。しかしながら、LM610のベースユニットに HD ユニットの装着し、ベースユニットを 4.9m/s^2 の加速度で加振した場合、振動対策の HD 本体には共振点でその 2～5 倍の加速度が加わるので、カートリッジ式 HD を挿入するケースを防振ゴムで支持する構造とし、防振ゴムの弾性率、形状を数種選定・評価を行うことにより、共振点での加速度を大幅に下げることができた。

3.4 信頼性の向上

FA では、長時間安定して稼働させること、また、故障しても短時間で復旧できることが重要であるため、LM610 では次の点に配慮している。

(1) RAS 機能

LM610 は、表 1 に示す RAS 機能 (Reliability: 信頼性、

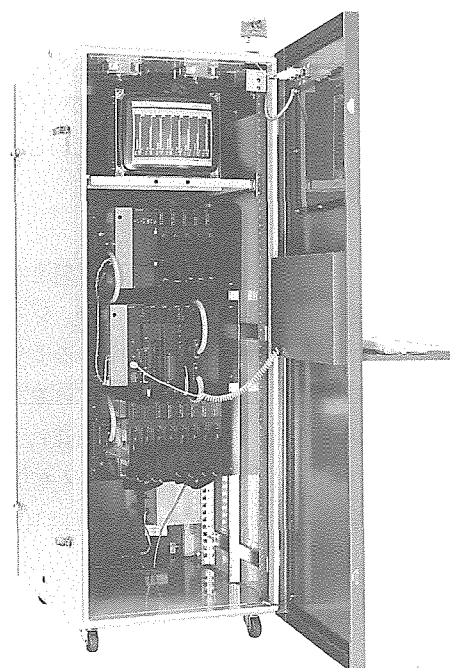


図 3. 盤内に収納された LM610

Availability: 可用性, Serviceability: 保守性) を標準で装備している。特に、“L61CPUH” 及び“L61CPUH 2” では、この RAS 機能を専用のゲートアレーで 1 チップ化し、ソフトウェアで検出不可能なエラーをハードウェアでロジカルに検出して前面の LED でエラー表示するとともに、外部に対して警報出力できるため、非常時のトラブルシューティングが容易となる。例えば、ソフトウェアの暴走などによるシステムダウンを検知するウォッチドグタイマ、メモリバックアップ用バッテリーの電圧低下を検出するバッテリーエラー、システムの立ち上がり異常をチェックする電源 ON 時起動チェック、主メモリ DRAM の動作を確認するパリティチェック、本体内部の温度上昇を監視する温度上昇エラー検出、外部供給電源の瞬断を検出する AC 断検出、装着されているオプションユニットのエラーを検出する機能など、10 数項目にわたる RAS 機能を装備している。

(2) HD の信頼性

HD にはカートリッジタイプを採用し、故障時の交換などを迅速に行え、保守性を向上させている。また、24 時間稼働のシステムに対応するために、ミラー HD インタフェースユニットも開発中である。これは、2 台の HD に同一のデータを書き込み、片側の HD が故障しても、もう一方の HD で継続運転を可能にするもので、システムの運転中に HD の交換が可能であり、また故障した HD を自動認識し、正常な HD のデータ消去の防止を管理する“マスタ HD 管理方式”を採用し、信頼性を高めている。

3.5 ソフトウェアの充実

LM610 のソフトウェアは、デスクトップタイプの“LM7000 シリーズ”と同一であり、ユーザでのソフトウェア開発

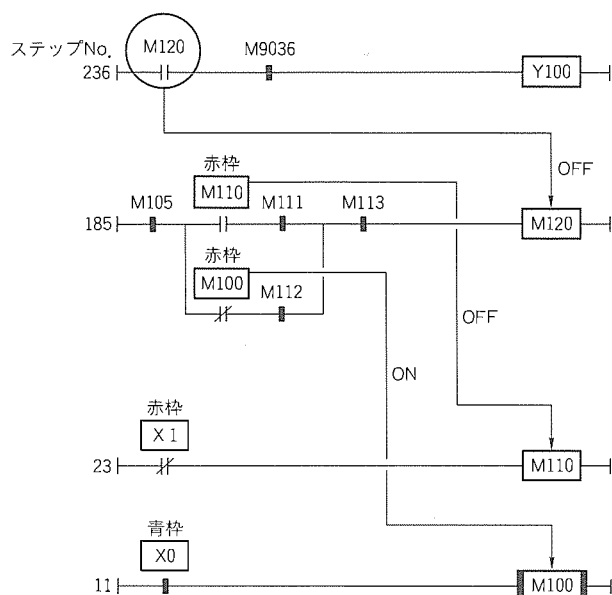


図4．故障要因検索画面
(コイル自動さかのぼり)

環境の向上を図るため、各種アプリケーションソフトウェアパッケージを品ぞろえしている。ソフトウェアパッケージの一例として、故障サーチ機能ソフトウェアパッケージについて概要を述べる。

このパッケージのねらいは、故障復旧時間の短縮による生産ラインの稼働率を向上させるため、シーケンス回路における回路やデバイスのモニタ及びデバイスへの強制書き込み機能(テスト)に特化し、故障要因の検出、デバッグなどの作業をより短時間でできるようにしたことにより、その主な機能は次のとおりである。

(1) 故障要因検索機能

故障発生機器に対応する出力デバイスを回路モニタで表示

させ、そのコイルのON/OFFする要因を次々と自動的にさかのぼってコイル検索を実行することにより、故障要因を見付けることができる。図4に故障要因検索を実行した例を示す。

(2) 回路読出し機能

指定デバイスの0ステップ方向、END方向への回路読出し及び指定デバイスの含まれる全回路の読出しと検索バッファへの格納(最大100回路ブロック)、カーソルによるスクロール表示をすることにより、回路の再表示が可能であるため、モニタ/デバッグが容易に行える。

(3) デバイスのカーソル指定による各機能の実行

回路読出し/テスト/登録モニタ実行時、回路表示画面上的のカーソルを実行したいデバイスの位置に移動させるだけで、各機能を実行することができる。

(4) 表示回路行数、登録モニタ点数

グラフィック表示により、1画面当たりの回路表示行数を20行、また回路モニタ時の登録モニタ点数を最大22点とし、見やすくしている。

(5) 二つのシーケンスプログラムのロードと画面表示

L61CPUのメモリ上に、二つのシーケンスプログラムを同時に読み出し、両者の画面表示を瞬時に切り換えることができる。

4. む す び

以上、トータルFA、CIM構築のため幅広く使われている盤内収納ビルディングブロック形FAコントローラ“LM610”について紹介したが、今後は更に高機能化・高性能化、使いやすさの向上を目指し、表示器との一体化、Windows^(注5)システムの搭載、機能別ソフトウェアパッケージの拡充に向けまい(邁)進していく所存である。

(注5) “Windows”は、米国Microsoft Corp.の商標である。

2 CPU・2 OS構成のFAコントローラ “LM8000”とその応用

茅野眞一郎* 八尾尚志**
大淵啓史** 西出 聡**
大西作幸** 神谷 茂**

1. ま え が き

バブルの崩壊、円高の進行など正に製造業の存在価値が問われているといっても過言ではない。このような状況を打開すべく、製造業では納期短縮、多品種適量生産の拡大、高付加価値製品の開発といった市場ニーズへの対応や労働時間短縮、労働環境改善、自然環境保護などの社会的要求に対応するため、あらゆる経営革新に取り組んでいる。

この経営革新の具体的手段のうち、製造現場の革新を実現するのがFA (Factory Automation) システムである。FA システムは従来、安く早く大量に生産することに主眼がおかれるケースが大半であったが、最近は品質の安定化や仕掛りの削減、労働環境の改善など、そのねらいも非常に多様化してきている。多様化したFA システム化ニーズにいかに対応するかで製造業の競争力が決まる時代を迎えているといえる。

このような環境において、FA システムを構築する技術はクライアント・サーバ技術の出現により、急激な変革を遂げようとしている。すなわち、OA (Office Automation) の分野で普及しつつあるクライアント・サーバ技術をFA システムの分野に応用することにより、

- (a) 小規模から大規模システムまで柔軟にシステムを構成できる。
- (b) オープン化により、先進技術が自由に活用できる。
- (c) システム開発の生産性が向上し、変化へも容易に追従できる。

などの多くのメリットを創出することが可能となり、製造業のFA システム導入が一層加速すると考えられる。

当社では、FA システム構築の中核となるFA コントローラとして、かねてから“LM600/LM7000シリーズ”を市場に供給してきたが、このたびクライアント・サーバ技術を先取りし、FA 用に機能を強化した新しいアーキテクチャのFA コントローラ“LM8000”を開発したので紹介する。

2. FAシステムのコンセプト

2.1 FAシステムの定義

当社が事業展開するFA システムは、上位の情報システム (Strategic Information System : SIS : 戦略的情報システム) と連携した製造現場の問題解決手段である。具体的には経営戦略の下、製造現場の課題である生産遂行、設備管

理、品質管理などを効率的かつバランス良く実施するため、人間と機械設備、更には地球環境との調和を図り生産効率の向上を目指す方法論の提供である。図1に示すように、FA システムとして取り組む領域はISO (International Organization for Standardization) が定義するCIM (Computer Integrated Manufacturing) 階層のレベル4、すなわちショップレベル以下が対象である。

2.2 FAシステム事業の展開方針

(1) FA システム事業の確立

当社では従来からモータ、トランス、マグネットスイッチといったFA 基幹機器、FA コントローラ、シーケンサ、インバータ、サーボといったFA 制御機器、NC、放電加工機、レーザ加工機、ロボットといった加工組立機械 (以上を総称してFA コンポーネントという。) を供給しており、市場から高い評価を得ている。

FA システムを市場に供給する観点からは、これらのFA コンポーネントをより付加価値を付けてユーザに利用いただくためであり、その対象はCIM 階層のレベル3、すなわちセル/ラインレベルが主体であった。

しかしながら、市場からは製造現場の問題解決として、さらに上位のレベル4、すなわちショップレベルまでを対象にしたFA システムへの対応が求められており、FA コントローラの強化とFA システム構築ノウハウの体系化・製品化を前提にFA システムを本格的に事業化する。

(2) FA コンポーネントの整合性と強化

各ビジネスごとにFA コンポーネントの製品戦略を立案し、開発を進めているが、FA システムの高度化に伴い、それらのネットワーク化・複合化・融合化が重要なテーマとなっている。このため、各FA コンポーネントの固有の技術を深掘りするとともに、FA システムを求心力として技術を重複することなく水平展開し、FA システムとFA コンポーネントとの整合性と強化を図る。

(3) 新事業の開拓と育成

FA システムを構築するには、ユーザの問題解決に最も適したFA コンポーネントを採用して構築する必要がある。当社では、多くのFA コンポーネントを市場に供給しているが、すべてをそろえているわけではない。このため、FA システムを供給するに当たって当社が保有しないFA コンポーネントが必要になる場合は、新規に開発するか、他社製品を活用するかのいずれかを選択することになる。いずれに

しても付加価値の高いFAコンポーネントを品ぞろえする
必要があり、FAシステムを新事業開拓のアンテナと位置付
けて、FAコンポーネントの充実を図る。

3. LM8000の特長

3.1 2 CPU・2 OS構成の採用

CIM階層のショップレベルまでを統括するFAコント
ローラとしては、対オペレータの機能としてのGUI (Graph
ical User Interface) やクライアント・サーバ技術及びネッ
トワークなどを含めた情報処理と、シーケンサを始めとする
FA用の機械設備を管理・運用するためのリアルタイム処理

の両立が重要である。LM8000ではこれを実現するために、
情報処理とリアルタイム処理のそれぞれに専用のCPU
(Central Processing Unit) と専用のOS (Operating Sys
tem) を搭載する2CPU・2OS構成を採用した。

情報処理用CPU (メインCPU) としてi486 DX 2 (66M
Hz)^(注1)を、そのOSとしてGUIによるヒューマンイン
タフェース機能やネットワーク機能を重視した次世代
OSであり、24時間運転にも耐えられるWindows NT
^(注2)を搭載している。また、リアルタイム処理用CPU
(サブCPU) としてi486 SX (25 MHz) を、そのOSと

(注1) “i486”は、米国Intel Corp.の商標である。

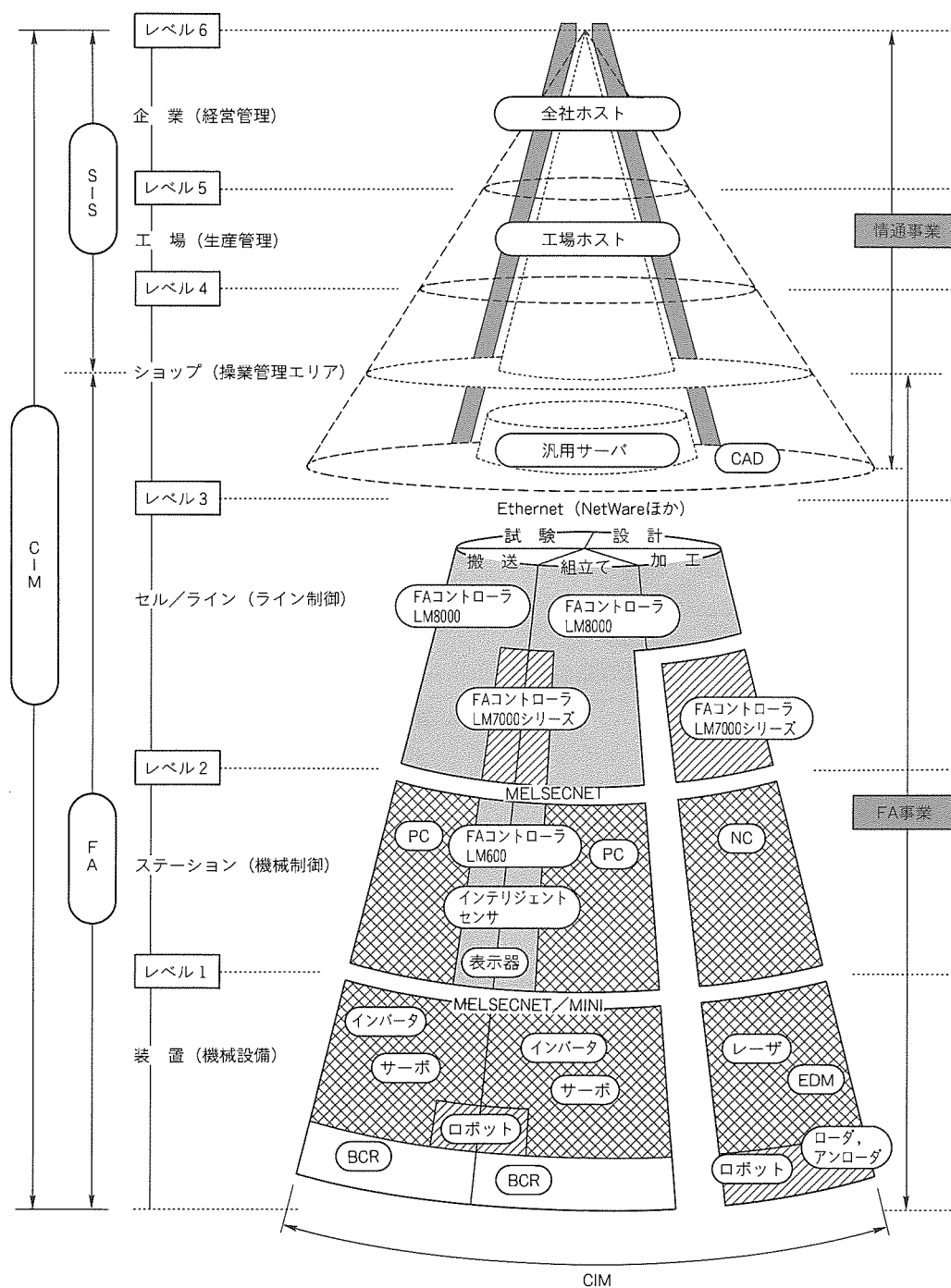


図1. CIMの階層とFAシステム事業範囲

表 1. LM8000のハードウェア概略仕様

項 目		メインCPU	サブCPU
CPU／メモリ	OS	Windows NT	VxWorks
	CPU	i486DX 2 (66MHz) 数値演算プロセッサ内蔵	i486SX (25MHz)
	キャッシュメモリ	8 Kバイト (CPU内蔵) +128Kバイト (外部キャッシュ)	8 Kバイト (CPU内蔵) +64Kバイト (外部キャッシュ)
	主メモリ	標準16Mバイト, 最大64Mバイト, 増設単位16Mバイト	標準 4 Mバイト, 最大16Mバイト, 増設単位 4 Mバイト
外 部 記 憶	FDD (内蔵)	3.5インチ1.44Mバイト×1	なし
	HD (内蔵)	340Mバイト (ミラーリングはオプション)	なし
	HD (外付け)	1 Gバイト: 最大 2 基 (オプション)	なし
	ICメモリカード	なし	1 CH標準
CRT／ キーボード	ディスプレイ	SVGA1,024×768ドット, 256色	なし
	キーボード	JIS配列標準106キー	なし
	マウス	2 ボタンPS/2 マウス	なし
外部I/F	RS-232C	2 CH標準 (Dサブ9 ピン)	1 CH標準
	プリンタI/F	1 CH標準 (セントロニクスI/F)	なし
	拡張スロット	3 スロット (ISAバス)	6 スロット (専用スロット)
	MELSECNET	なし	MELSECNET/10×4枚 MELSECNET (II)×2枚
RAS機能	—	近接I/O, 本体内温度の監視	WDT, AC監視, メモリカード エラー情報バックアップ



図 2. LM8000の外観

して高性能なりアルタイム機能を持つ VxWorks^(注3)を搭載した。表 1 に LM 8000 のハードウェア概略仕様を、図 2 に外観を示す。

3.2 2種類のCPU間通信方式の採用

“MELSECNET/10”又は“MELSECNET (II)”を紹介して収集したシーケンサのデバイス情報をリアルタイム処理用CPUから情報処理用CPUへ高速に受け渡すなど、複数のCPUが協調して処理を行う場合、CPU間での処理の連携、特に通信のパフォーマンスがシステム性能に大きな影響を与える。CPU間の割り込み機能と大容量デュアルポートメモリ制御機能を持ったCPU間通信用の専用のゲートアレー^(注2)“Windows NT”“EXCEL”“Visual Basic”“Microsoft Access”は、米国Microsoft Corp.の商標である。
(注3) “VxWorks”は、米国Wind River Systems社の商標である。

の開発により、両CPUが32ビットデータ幅で高速にデュアルポートメモリをアクセスでき、最高24Mバイト/秒のデータ転送を実現している。

CPU間通信の転送プロトコルとしては、ネットワーク通信方式と共有メモリ方式の2種類を採用した。

ネットワーク通信方式では、Ethernet^(注4)等で広く使用されているTCP/IP (Transmission Control Protocol / Internet Protocol)を採用している。Windows NTのNDIS (Network Driver Interface Specification) 3.0ドライバとVxWorksのネットワークドライバ (netif)を開発し、デュアルポートメモリを一つのネットワークに見立てて通信を行うことにより、サーバ間と同一環境での通信及び運用管理が可能となる。

共有メモリ方式では、ユーザのアプリケーションソフトウェアからデュアルポートメモリを直接アクセスするためのWindows NT用のドライバ及びVxWorks用のライブラリを実装することにより、両CPUのアプリケーションソフトウェアベースでの大容量データの共有及び高速転送を実現した。図3にLM8000のCPU間通信系構成を示す。

3.3 機能対応ソフトウェアパッケージの充実

LM8000ではシステムの生産性と保守性の向上をねらい、図4に示すように、FAシステム構築に必要なソフトウェアを階層化している。ドライバ、OSの上に用途や機能に依存しない画面制御・帳票出力・データベースインタフェースなどのベーシックソフトウェアモジュールを構築し、このベーシックソフトウェアモジュールを利用し工程管理・稼働監視・
(注4) “Ethernet”は、米国Xerox Corp.の商標である。

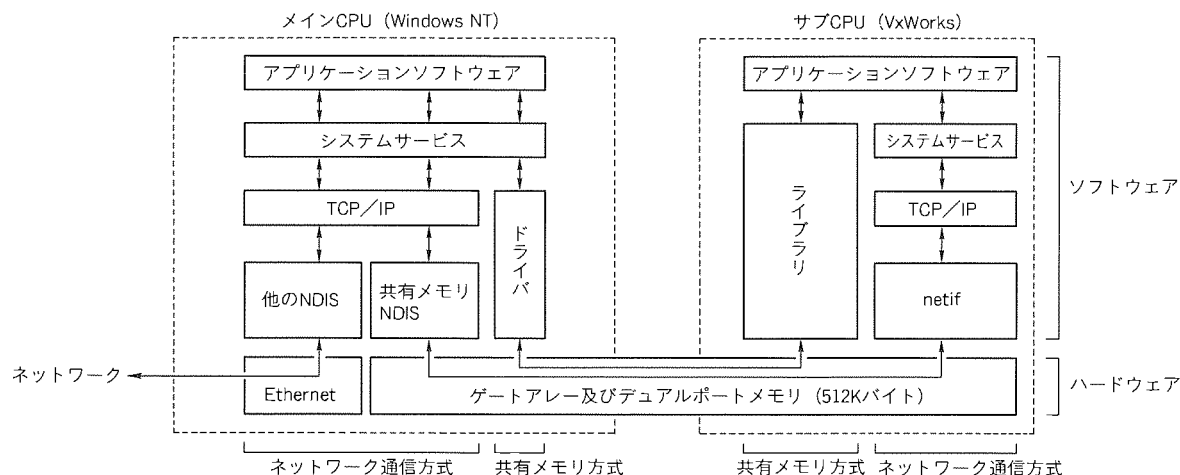


図3. LM8000のCPU間通信系構成

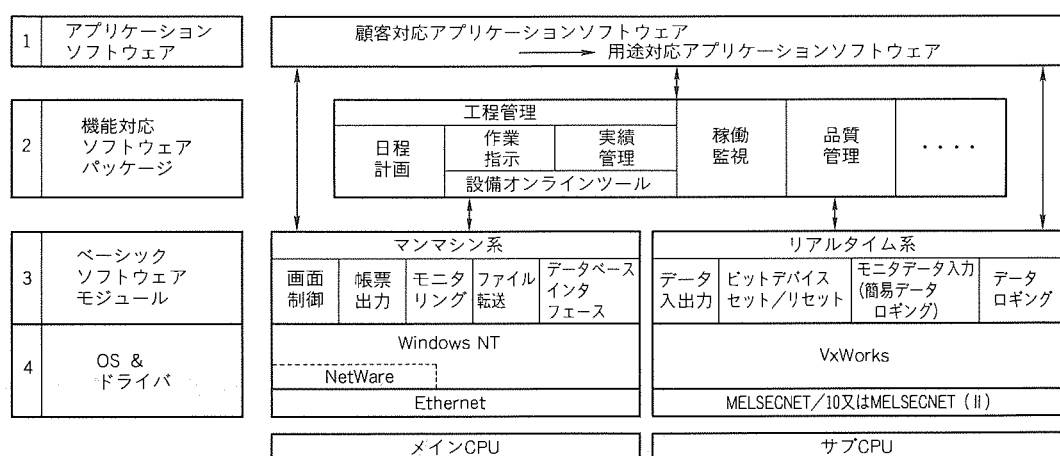


図4. LM8000のソフトウェア構成

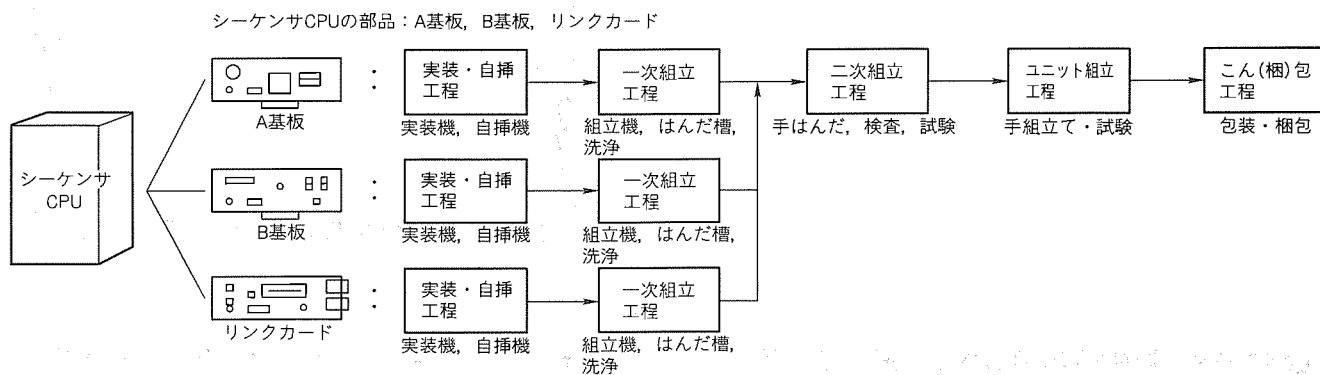


図5. プロセスチャートの例

品質管理などの機能対応ソフトウェアパッケージを品ぞろえした。これらのベーシックソフトウェアモジュール及び機能対応ソフトウェアパッケージを用いることにより、顧客対応のアプリケーションソフトウェアが容易に構築できる構成としている。

3.3.1 工程管理ソフトウェアパッケージ

日程計画・作業指示・実績管理の三つのサブシステム及び設備オンラインツールで構成しており、クライアント・サーバ環境ではそれぞれのサブシステムが別々のクライアントL

M8000で動作可能としている。

(1) 日程計画

生産計画と工程能力に基づいて、機械設備の稼働率を最適にするように、工程を多重 PERT (Program Evaluation and Review Technique) 手法によってスケジューリングし、作業指示データを作成する。PERT 手法は、経験や勘に頼らない極めて理論的な計画手法の一つであり、このサブシステムでは、一つのオーダに対して全体的な見地から計画を立て、複数オーダの管理に対応できるよう PERT 手法を多重

化している。また、製品の加工・組立プロセスを表現する方法として図5に示すようなプロセスチャートを採用した。工程管理ソフトウェアパッケージでは、製品の加工・組立プロセスを表現する情報を部品・工程情報と呼ぶが、この情報を一目で分かりやすく表現したのがプロセスチャートである。

(2) 作業指示

日程計画によって作成された作業指示データを基に、作業業者や機械設備に対して作業指示を与える。作業業者に対しては現品票(作業指示表)などの帳票を出力し、機械設備に対してはシーケンサを経由して作業指示データを送信する。機械設備とのデータの送受信に設備オンラインツールを提供し、サブCPUを意識しない通信を可能とした。また、現品票などの帳票はすべてEXCEL^(注2)を使用して出力しているため、ソフトウェアパッケージ本体を修正することなく帳票の変更・修正が可能である。

(3) 実績管理

機械設備からシーケンサ経由でのオンライン処理、又は画面からの手入力によって実績データを収集し、工程ごとの進捗(捗)・生産実績集計・工数実績集計など実績を管理する。図6にプロセスチャートによるオーダごとの進捗を見る画面サンプル(オーダ別進捗検索)を示す。この画面では三つの色(赤:未着手, 黄:着手中, 緑:完了)を使い分け、オーダごとの進捗状況が一目で分かるようにしている。

3.3.2 稼働監視ソフトウェアパッケージ

機械設備の運転状況を監視(モニタ)するため、市販のソフトウェアパッケージであるFIX DMACS^(注5)を活用している。FIX DMACSは、プログラムレスで監視画面を容易に作成できるばかりでなく、

- (a) EXCELとのリンクにより、帳票出力を容易に行うことができる。
- (b) アラーム処理機能により、アラームの発生をイベントとして機械設備の異常状況を画面に表示することが容易にできる。

(注5) "FIX DMACS"は、米国Intellution社の商標である。



図6. 画面サンプル(オーダ別進捗検索)

(c) FIX DMACSのリアルタイムプロセスデータベース(PDB)をC又はVisual Basic^(注2)からアクセスでき、アプリケーションソフトウェアとの融合が容易に実現できる。などの優れた機能を持っている。図7にモニタリングサンプルを示す。

3.3.3 品質管理ソフトウェアパッケージ

製造現場及び工場出荷後の不具合を対象に、その品質管理を全面的に支援し、受入検査・製造実績・検査・設備条件・クレーム・修理などに関する各種データをデータベース化し、定型的に帳票出力したり、非定型で製造履歴検索や統計解析を行うことができる。

また、製造現場の品質データの記録・管理に特化して、ISO9000シリーズの要求事項を意識した設計としている。開発ツール(言語)としてMicrosoft Access^(注2)を採用しソフトウェアの生産性向上を図り、かつデータベース構築支援機能によって顧客対応アプリケーションソフトウェア作成時の追加・変更を容易にした。図8に入力画面サンプル(ラインアウト情報入力)を示す。

4. LM8000のシステム構成

LM8000のシステムは、図9に示すようにシステムの規模・用途に応じて三つのタイプに分けられる。

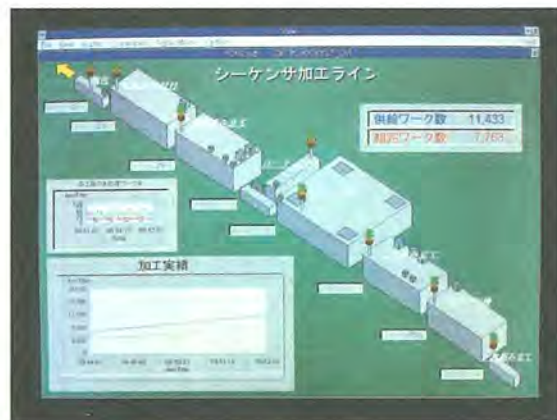


図7. 画面サンプル(FIX DMACSによるモニタリング)



図8. 画面サンプル(ラインアウト情報入力)

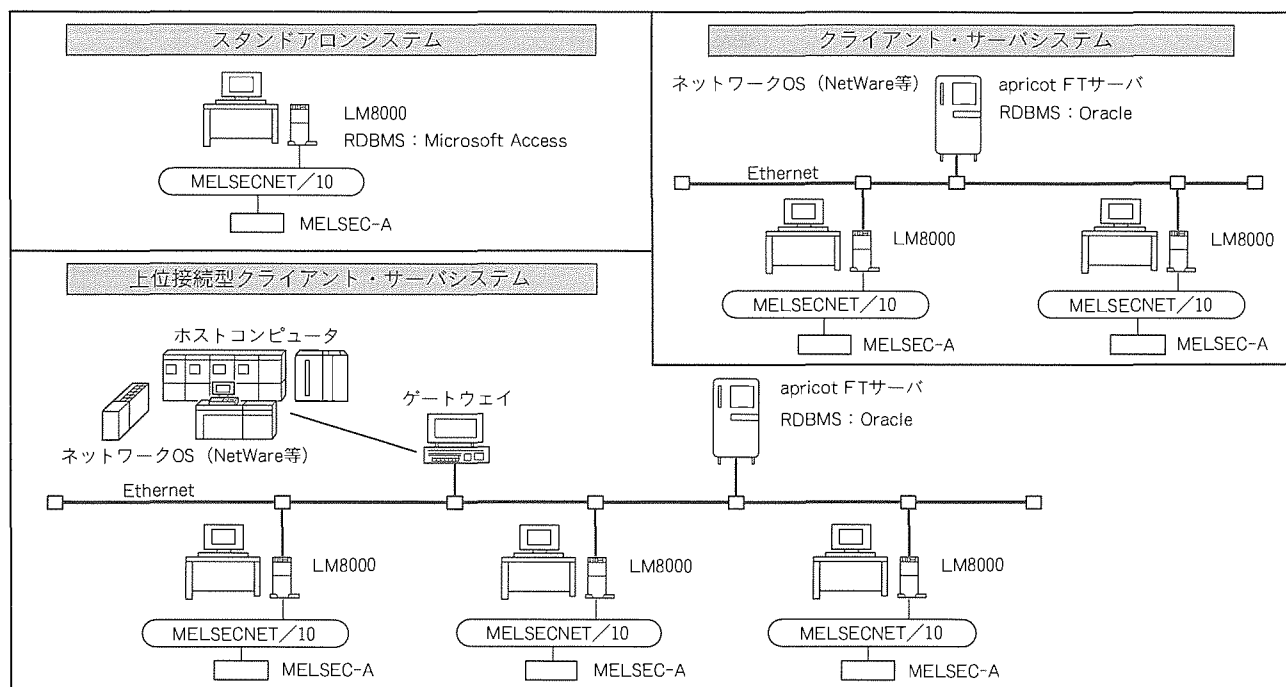


図9. LM8000のシステム構成

(1) スタンドアロンシステム

Ethernetなどの上位ネットワーク環境を必要としない小規模な製造ラインを対象とする場合、LM8000単独でシステムを構築する。リレーショナルデータベース管理システム(RDBMS)としてMicrosoft Accessを採用しているため、ODBC (Open Database Connectivity) インタフェースにより、クライアント・サーバシステムへの拡張がスムーズに行える。

(2) クライアント・サーバシステム

大規模な製造ラインや複数の製造ラインを対象とする場合には、複数のLM8000を連携させながら稼働させる必要がある。LM8000と当社apricotFTサーバをEthernetによってネットワーク接続しクライアント・サーバシステムを構築する。ネットワークOSとしてはNetWare^(注6)を、RDBMSとしては実績があり将来性もあるORACLE^(注7)を標準採用している。

(3) 上位接続型クライアント・サーバシステム

クライアント・サーバシステムに加え、メインフレームやオフコンなどのホストコンピュータと生産計画データや生産実績データなどのやりとりを行い、トータルなCIMとしてシステム構築する場合であり、ホストコンピュータとはゲートウェイを介して接続する。

5. FAシステムでの適用例

5.1 システム概要

(注6) “NetWare”は、米国Novell, Inc. の米国における登録商標である。

(注7) “ORACLE”は、米国Oracle Corp. の商標である。

LM8000をFAシステムとして適用した場合の例を、某自動車メーカ向けに納入したシステムを参考にモデル化し、図10に示す。このシステムは、自動車のユニット組立ラインに対する生産・組付け指示及び実績収集を行うシステムである。ルータを使用することにより、クライアントとサーバ間のネットワーク通信トラフィックの低減を図ると同時にネットワークダウンを回避できる構成としている。また、他社シーケンサとミニMAP通信で接続し、マルチベンダによるオープンなシステムとしている。

(1) 生産データ受信

ホストコンピュータから1回/1日翌日分の生産・組付け指示データを組付け指示LM8000が受信し、ラインの設備のスケジューリングを行い、各設備に指示可能な形に変換後2台のデータ管理サーバに格納する。

(2) 生産指示

各ラインのクライアントLM8000及びLM7600は生産・組付け指示データを各データ管理サーバから読み出し、ラインの先頭設備に書き込む。

(3) 生産実績

各ラインのクライアントLM8000及びLM7600は、設備の組付け実績(サイクルタイム・停止時間・各測定データなど)をラインの末尾の設備から読み出し、データ加工後各データサーバに書き込む。

(4) 品質管理

品質管理LM8000が直生産完了後に2台のデータ管理サーバに書き込まれた実績を読み出し、ソート・集計処理後品質データとしてデータ管理サーバに格納することにより、品質管理LM8000、各ラインのクライアントLM8000及びL

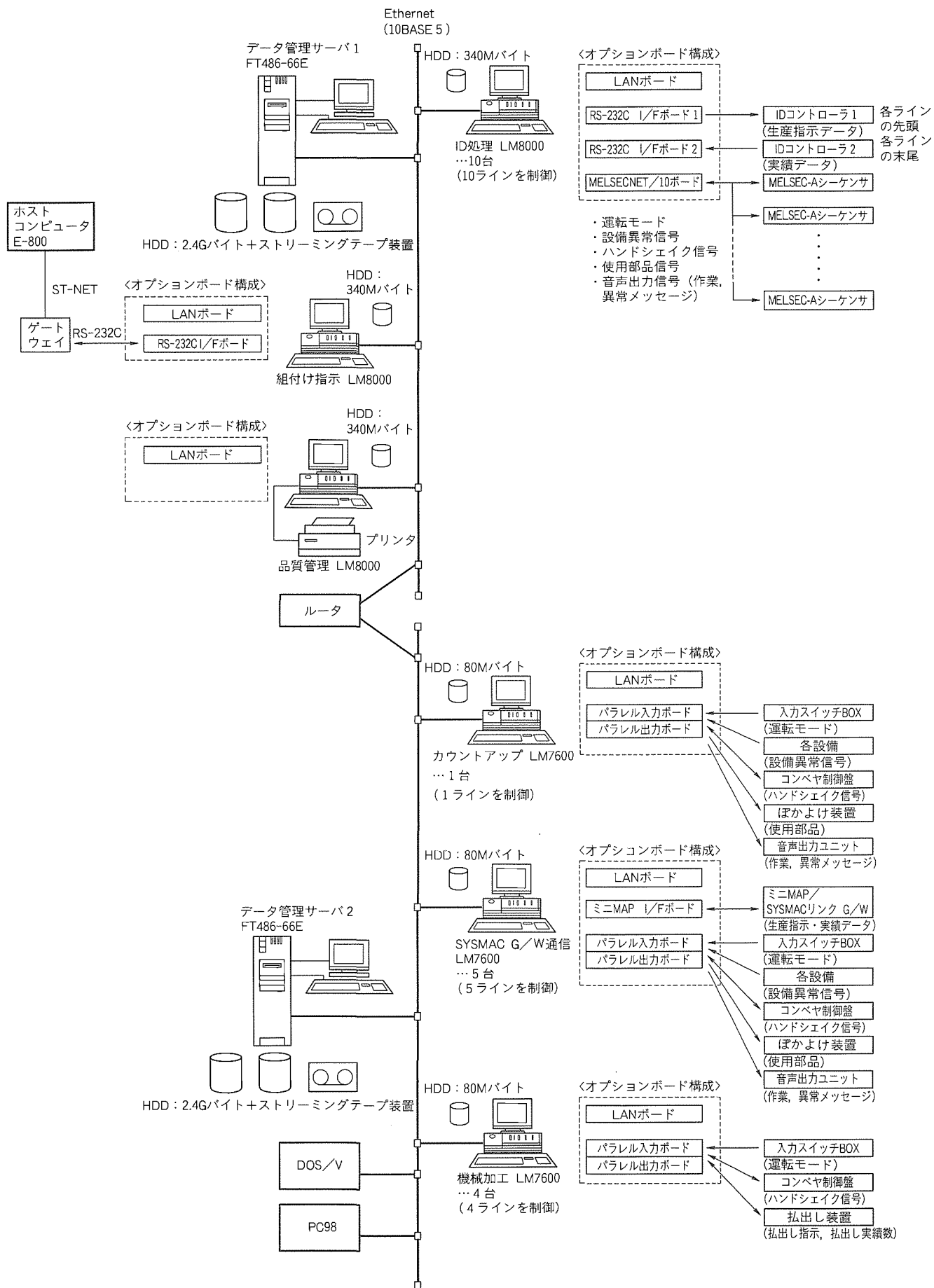


図10. システム構成例

M7600での品質データの参照を可能とする。

5.2 システムの特長

(1) 稼働率の向上と不良率の低減

無人ラインに対しては、自動で生産・組付け指示を、有人ラインに対してはクライアント LM8000 及び LM7600 の CRT 画面上に組み付けべき車種・部品などの作業指示を表示(部品の絵も表示)することにより、作業者のミスを削減し、稼働率の向上を図っている。

また、全ライン分の生産・組付け指示データが2台のデータ管理サーバに格納されているため、データ管理サーバが1台ダウンした場合でも、もう1台のデータ管理サーバから生産・組付け指示データを読み出すことができ、設備停止時間の低減を図ることが可能である。

毎日の直生産終了後に、その直の全ラインの実績データを2台のデータ管理サーバから読み出し、品質データ(サイクルタイム・停止時間・停止回数・停止率・異常コード・各測定値など)として把握し、フィードバックをかけることによって不良率の低減を図っている。

(2) 設備異常のモニタ表示

各設備の電気系統異常や部品不足などを MELSECNET/10 経由で検出して異常モニタに表示し、異常の発生を作業者に迅速に通知することにより、設備停止時間の低減を図ることができる。

(3) ID タグによる物と情報の一致

ラインの先頭でワーク1台ごとの作業指示をクライアント LM8000 により、パレットに装着された ID タグに書き込み、ラインの末尾でワーク1台ごとの実績データを ID タグから読み出すことにより、物(ワーク)と情報(指示・実績データ)の一致を図ることができる。

5.3 LM8000採用の効果

生産情報のスケジューリング及び各設備への指示については“工程管理パッケージ”の一部を、品質管理には“品質管理パッケージ”を、稼働率・異常モニタには“稼働監視パッケージ”を活用し、システム設計及びソフトウェア製作工数の大幅な短縮を図ることができる。

また、サブ CPU にリアルタイム OS を搭載しているため、メイン CPU の負荷を増大させることなく生産タクトに追従した各設備からの実績データ収集を行うことができる。

6. む す び

FA コントローラ LM8000 は、多様化する FA システムニーズをいかに満足させるかという視点に立って開発した。このため、基本アーキテクチャである 2 CPU・2 OS のシステム構成もさることながら、システム開発の生産性を向上させる仕組みに一番の特長があると考えている。

FA 用の機能対応ソフトウェアパッケージとして工程管理・稼働監視・品質管理の各ソフトウェアパッケージを開発したが、引き続き在庫管理・トラッキングなどのソフトウェアパッケージについても開発する予定である。さらに、アプリケーションソフトウェア開発のなお一層の生産性向上を目指し、OA との相違点を整理しながら、FA 用ミドルウェアを是非とも完成させたいと考えている。

いずれにしても、FA コントローラ LM8000 をいろいろな業種・分野の FA システムに適用していく中で、FA システム構築のノウハウを吸収しながら機能対応ソフトウェアパッケージを拡充し、付加価値の高い FA コントローラとして完成させていく所存である。

パソコン通信・ファックスを 使用した技術情報サービス

原田昭男* 松島正弘+
久米由将**
石川 徹***

1. ま え が き

シーケンサ関連製品の性能や機能の高度化が進んだ結果、ユーザからの電話による技術相談は増大し、内容は複雑かつ多岐にわたるようになってきた。また、他社製品との競合も年々激しさを増してきており、製品情報/技術情報の宣伝は一刻を争うまでになってきている。

一方近年は、電話回線やファックスなどの媒体を使用した新しい情報サービスが注目を浴びてきており、パソコン通信も一般に知れ渡るようになってきた。パソコンは、高機能ながら安価なものが年を追うごとに登場し、モデムなどの周辺機器の価格低下とあいまってパソコン通信が一般に受け入れられる環境が整いつつある。

このような状況の中、三菱電機(株)ではシーケンサ“MELSEC-A”シリーズ関連としてパソコン通信を使用した技術情報サービスシステム“MELFANS”を開発し、新製品情報などのタイムリな提供を実現した。

また、マイクロシーケンサ“MELSEC-F/FX”シリーズ関連については、ファックスによる技術情報サービスシステムを開発した。本稿では、ワークステーション上で稼働している技術情報サービスシステム MELFANS を前半で概説し、ファックスによる技術情報サービスシステムを後半で紹介する。

2. MELFANSシステムの概要

2.1 実 現 方 法

製品情報や技術情報にとって大切なことは、新鮮味と概観などの特色を崩さずに顧客へ届けることである。一方、顧客にとって大切なことは、情報が欲しいと思ったときにいつでもタイムリに入手できることである。

今回 MELFANS の開発に必要な要素は、以下のものである。

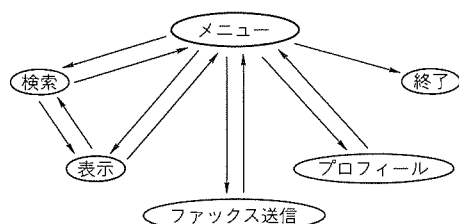


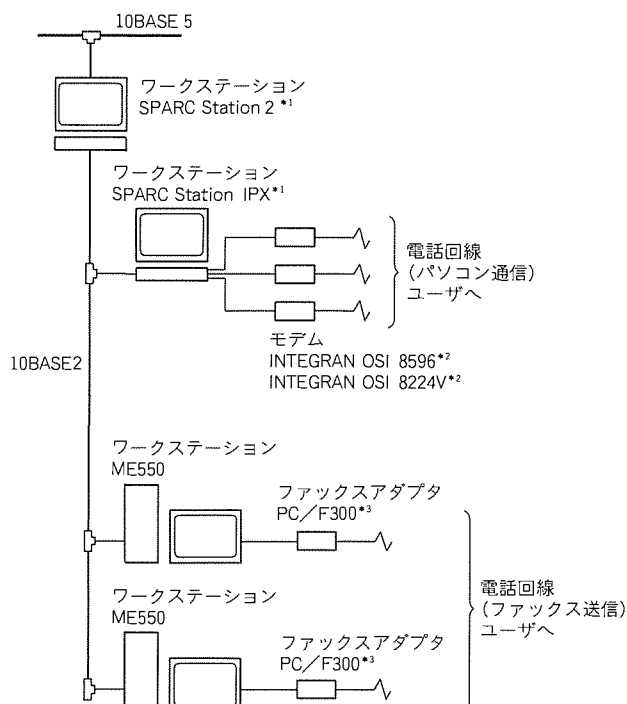
図1. 機能遷移概略

- 製品情報は、視覚に訴える。
- 技術情報は、検索方法を充実する。
- 情報は、タイムリに提供する。
- 利用するための機材は、身近又は比較的安価なものとする。
- 利用方法は、簡単なものとする。

この結果から、MELFANSの開発基盤は以下のように決した。

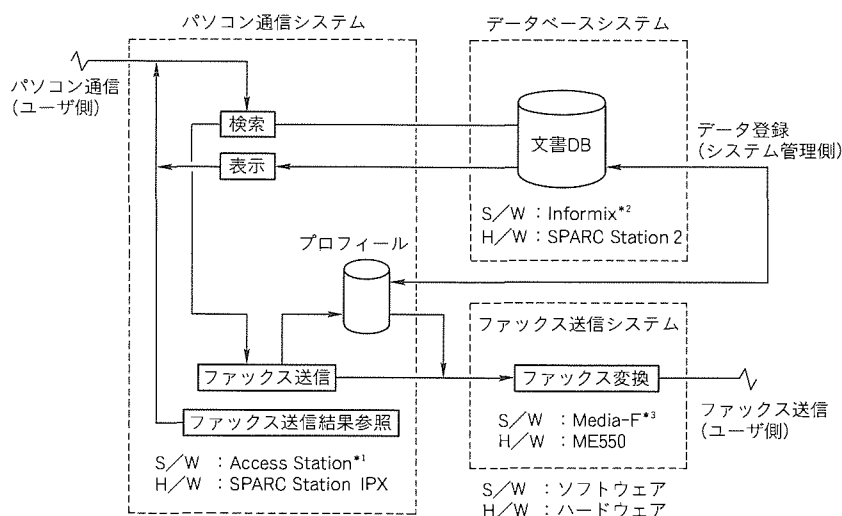
- 媒体は、パソコン通信とする。
- 情報は、検索手段を多くそろえたデータベースに蓄積する。
- 写真/図形データは、ファックス送信も可能とする。

一般にパソコン通信は、テキストベースの情報をディスプレイに表示することは可能だが、製品情報や技術情報に含まれる写真及び図形は、ディスプレイに表示することは不可能である。しかし、これらの写真及び図形は情報のかなめになることがあるため、ファックス送信機能を付加して確実な情報の提供ができるようにした。これらをまとめて機能遷移概



注 *1 SPARC Stationは、米国Sun Microsystems Inc.の商標である。
*2 INTEGRANは、インテグラン(株)の商標である。
*3 PC/F300は、(株)リコーの商標である。

図2. MELFANSシステムのハードウェア構成



注 * 1 Access Stationは、アスキーネット㈱の登録商標である。
 * 2 Informixは、米国Informix Software Inc.の登録商標である。
 * 3 Media-Fは、千代田電機㈱の登録商標である。

図3. 処理フロー概略

要を図1に示す。

2.2 MELFANSシステムの構成

パソコン通信システムやデータベースの処理は、多数ユーザによる複数処理を安定に行うため、ワークステーション上で稼働している。MELFANSシステムのハードウェア構成を図2に示し、ハードウェアプラットフォームと絡めた処理フロー概略を図3に示す。また、使用したパソコン通信システムの仕様は表1に示す。

提供する製品/技術/教育情報は、写真/図形がないものについては2種類のワードプロセッサ（ワープロ）のいずれか一方で作成し、写真/図形があるものについてはイメージデータが扱えるDTP（Desk Top Publishing）で作成している（図4）。今回使用している2種類のワープロは、一太郎^(注1)及びA1 MARK IIIであり、DTPは、PageMaker^(注2)である。

2.3 MELFANSシステムの特長

今回のMELFANSシステムの特長を以下に示す。

- (1) ユーザは、情報が欲しいときに24時間いつでも利用することができる。
- (2) パソコン通信画面で扱えない写真/図形情報は、ファックス送信を利用して入手することができる。
- (3) 会社名/氏名/ファックス番号などのプロフィール情報が登録され、ファックス送信に自動的に反映されるため、ユーザはファックス番号をいちいち指定しなくてもファックス送信ができる。
- (4) 製品/技術/教育情報のデータベース（文書DB）は、5種類の検索手段を用意しているので、ユーザのニーズに合わせてスピーディに情報を探することができる。

(注1) “一太郎”は、㈱ジャストシステムの商標である。

(注2) “PageMaker”は、㈱サムシンググッドの商標である。

表1. パソコン通信システムの仕様

通信速度 (bps)	300~38,400
通信方式	全二重通信方式
同期方式	非同期方式
登録ユーザ数	最大100,000ID

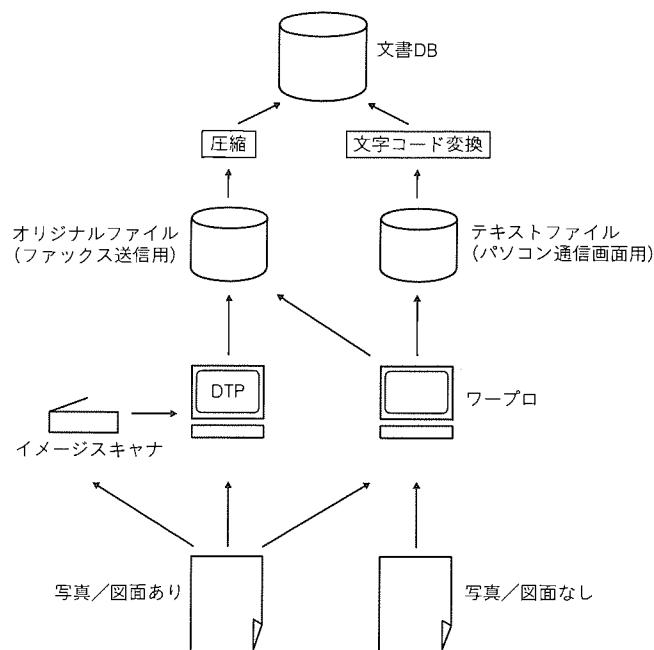


図4. 製品/技術/教育情報の作成と登録のフロー

- (5) 文書DBの検索処理は、データベースのスキーマ構成の最適化や検索後の不要なデータのメモリコピーの禁止、さらにインデックス検索法を実施しているので、10,000件から1件を検索する時間は数十秒である。
- (6) 製品/技術/教育情報は、データファイルを圧縮して文書DBに登録するため、効率良く保存できる。
- (7) 利用できる情報は、MELSEC-Aシリーズ関連の新製品ニュース、テクニカルニュース、MELSEC Q & A集、ソフトウェアレター、マニュアル情報、基本/応用プログラム例集、スクール関連情報、イベント情報、ホットニュースである。これらのほか、社内ユーザは更に品質関連情報が利用できる（表2）。
- (8) システムの利用は、ID登録者であり無料である。

表2. 製品/技術/教育情報一覧

製品情報	技術情報	教育情報
新製品ニュース	テクニカルニュース	基本/応用プログラム例集
マニュアル情報	ソフトウェアレター	スクール申込み状況
ホットニュース	MELSEC Q&A集	スクール案内
	品質関連情報	イベント情報
	ホットニュース	ホットニュース

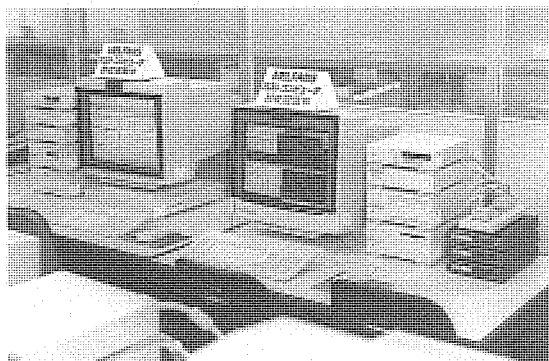


図5. MELFANSシステムの全貌

(9) 通信費は、ユーザ負担である。

2.4 今後の課題

MELFANSが稼働を始めた後、競合他社がファックスなどを使用した技術情報サービスの展開を始めるようになってきた。現在、MELFANSシステム(図5)は三菱電機名古屋製作所で稼働しており、今後は前述した開発要素のほかに以下に示したようなユーザのニーズを一層反映して、パソコン通信の特長である双方向のアクセスや検索機能を生かしたシステムに機能アップしていく必要がある。

- (1) 顧客と双方向にアクセスするサービスを実施し、より細かなユーザのニーズを反映する。
- (2) 製品/技術/教育情報は、未読/既読の区別を行い、スムーズに情報の検索を行えるようにする。
- (3) アクセスポイントを設置して、遠方ユーザの負荷を軽減する。
- (4) シーケンスフローなどのプログラムファイルを転送するような新しいサービスを追加する。

これらは、今後の重点課題として取り組んでいきたい。

3. MELSEC-FXファックス情報サービスの開設

MITSUBISHI
三菱マイクロシーケンサ
MELSEC-F

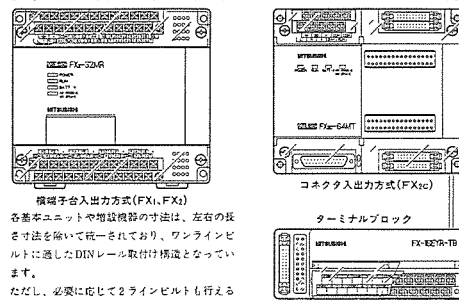
SOGO-TECH
【FAX情報サービス】
BOX No.11040
24時間1日
FX0 FX1 FX2 FX2C

FX2cシリーズシーケンサ仕様<新発売>

- 基本命令、応用命令については、各解説BOXを参照ください。
- 入力仕様はBOX.No.11050、出力仕様はBOX.No.11051にあります。
- 24V電源容量と出力増設点数はBOX.No.11072にあります。
- 特殊要素はBOX.No.11070、エラーコードはBOX.No.11071にあります。

製品のあらまし

このシーケンサは、基本ユニット(電源+CPU+入出力)と増設ユニット(電源+入出力、増設ブロック(入出力)、特殊増設機器(特殊アダプタ、特殊増設ユニット、特殊増設ブロック)で構成されます。基本ユニットは下図のとおり、概略的な方式のFX1、FX2シリーズとコネクタ入出力方式のFX2cシリーズに大別され、単品または各種増設機器や設定表示ユニットとの組み合わせで用いられます。また、コネクタ入出力方式のものには、必要に応じてターミナルブロックが外付けされます。



- 基本ユニットは、RAMメモリとリチウムバッテリを内蔵していますが、次のようなメモリカードセットを併用し、容量の拡張やプログラムの停電保持(EEPROM、EPROM)を行うことができます。
- FX-16E-TB (入力または出力16点用)
- FX-16EYR-TB (リレー出力16点)
- FX-16EYS-TB (トライアック出力16点)
- FX-16EYT-TB (トランジスタ出力16点)

1.5m、3m、5mのオプションケーブルもあります。

図6. FAXサービス出力例

MELSEC-FXシリーズは“手軽で便利なマイクロシーケンサ”として、発売以来幅広いユーザに受け入れられ、その市場を拡大してきた。近年、マイクロシーケンサも高性能化・多機能化が進み、各種の資料提供や技術サポートが行われている。一方、ユーザは機種選定や実使用段階において最新情報や機種個別の技術情報をすぐに入手したい場合がある。問い合わせ時間にとらわれず、ユーザが身近な機器で有益な情報を得ることができることを目的として、このサービスを開設した(図6)。

3.1 ファックス情報サービスの概要

この情報サービスからは、マイクロシーケンサFXシリーズの新製品情報、製品仕様又は技術情報などを一般的なファックス装置さえあれば24時間いつでも取り出すことができる。以下にこのサービスの特長を示す。

- (1) 利用者はファックス装置(G III規格・ダイヤル回線の場合はトーン信号切換え機能を持ったもの)があれば情報を取り出すことができる。利用者の登録手続は一切不要。
- (2) 年中無休で1日24時間、サービスを提供できる。
- (3) 利用者は、音声ガイダンスに従って簡単に操作できる。
- (4) 情報内容は、逐次更新された新鮮な情報である。利用者はファックス装置から“総合メニュー”を取り出すことで常に最新の情報サービスを受けることができる。
- (5) 情報は無料で提供する(通話料金は利用者負担)。
- (6) 情報サービスの原稿はイメージスキャナで入力しており、文字情報はもちろん、図や写真も提供できる。
- (7) 図7のシステム構成に示すハードウェアを三菱電機の設備として設置し、回線がつながりさえすれば即座に情報を送

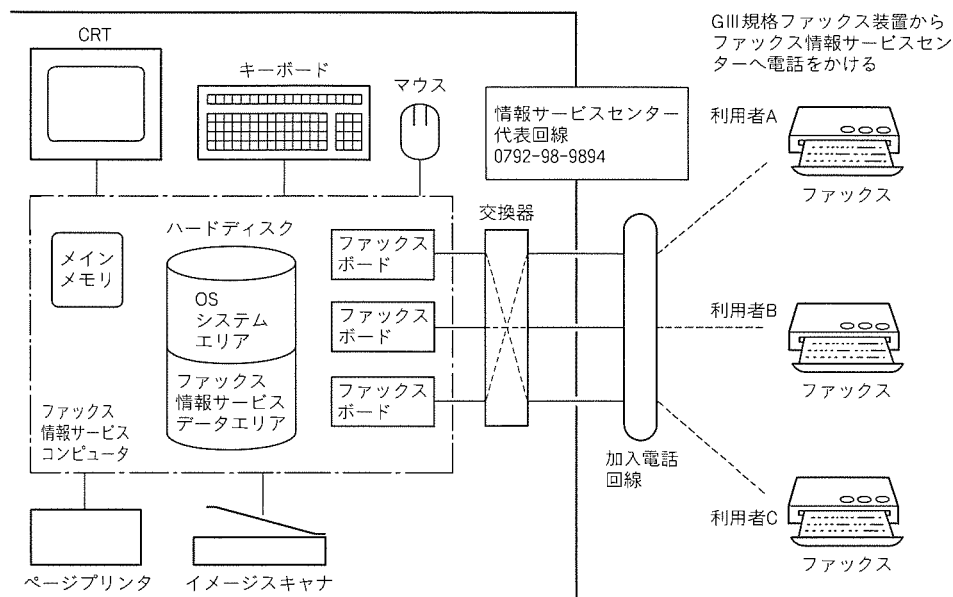


図7. ファックス情報サービスのシステム構成

信する。また、電話回線は3回線開設し(1994年10月現在)、複数のサービス要求も同時に処理することができる。

3.2 提供する情報内容

ユーザは、ファックス装置から“総合メニュー”を取り出し、情報項目を確認した後、必要な情報を選択する。情報は、次に示す内容で構成され利用しやすい項目で分類されている。

- (1) 新製品を集約して一括で紹介する新製品情報
- (2) 製品体系・全機種一覧、標準価格一覧などの機種選定用情報
- (3) カタログ、マニュアルの最新バージョン番号情報
- (4) シーケンサ基本のユニット、各種増設ユニット、ブロック及び周辺機器など機種別の製品仕様
- (5) 機種選定や設計図作成時に必要な寸法図と割付図、外形寸法図、取付寸法図、パネル加工寸法図、入出力端子台の入出力番号割付図
- (6) マイクロシーケンサ FX シリーズが持つ基本命令、応用命令ごとの基本機能と動作内容の解説
- (7) あれば便利な種々の情報の提供

3.3 ファックス情報サービスの課題

ファックス情報サービスは、既存の印刷物に比べ、速やかにバージョンアップなどの最新情報が提供できることと、販売ルートを経由しないで直ちに最新情報が得られることが特長である。これらの特長を最大限に生かすためには、次のよ

うな努力が必要である。

- (1) このシステムでしか伝えることのできない新鮮な情報を充実させる。
- (2) 情報項目の検索が容易に行える“総合メニュー”作りを進める。
- (3) 利用状況によって適切な電話回線数を準備し、また全国各地からのアクセス距離を短縮するために、アクセスポイントの増設を進める。
- (4) 情報提供の結果得られた利用状況を分析し、今後の資料作成や技術サポートに反映させていく必要がある。

4. む す び

情報化社会が進み、技術情報サービスは今後ますます重要なものとなり期待されていくと考える。一方で、製品の高付加価値化は各社きつ(拮)抗し、ダウンサイジングや機能の簡素化が重要視されていく中、技術情報サービスが製品の付加価値の位置付けを高めていくことは確かである。

本稿では、パソコン通信を媒体としてワークステーションで稼働している MELFANS システムの概要と、ファックスを媒体としたファックス情報システムについて報告した。今後は、当社とユーザの橋渡し役としての充実を図っていきたいと考える。

スポットライト 移動体通信用簡易光基地局

移動体通信が普及するにつれて、ビル内やトンネル内等の電波が届かない、いわゆる不感地帯でも通話できないか、という要望が増えてきています。三菱電機㈱は、既存の基地局と不感地帯とを光ファイバで接続し、今まで通話できなかった場所での通話を可能にする移動体通信用簡易光基地局を開発しました。

簡易光基地局は、既存の基地局の無線信号と光信号との接続を行う光インタフェース装置(OIU)、と不感地帯に設置されアンテナとの接続を行う光RF送受信装置(TRU)からなり、移動体通信の無線信号で光信号を直接変調しているためアナログ方式でもデジタル方式でも移動体通信の変調方式によらず伝送することが可能です。

特 長

1. 高性能でコンパクト

低ひずみのアナログ用DFBレーザ及びフォトダイオードを使用しています。また、共通増幅器として、フィードフォワード方式のパワーアンプを使用しているため、低ひずみ・小型・低消費電力を同時に実現しています。

2. 各種方式に対応

アンテナ共用器及びフィルタを選択することにより、GSM、NMT-900、AMPS、TACS等、アナログ方式、デジタル方式にかかわらず各種方式に対応することができます。

3. 長距離伝送が可能

低損失の1,300nmシングルモード光ファイバを使用するため、10km離れた不感地帯まで無線信号を伝送することができます。

4. バッテリバックアップが可能

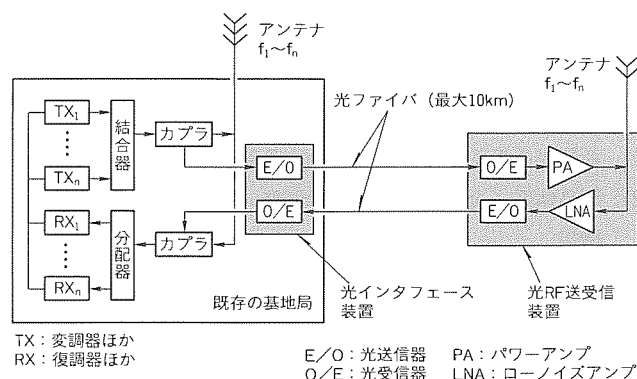
光RF送受信装置(TRU)は停電時のためのバッテリーを装着することができます、約1時間のバッテリバックアップが可能です。

5. アラームモニタ機能を所有

異常時にはLEDによりアラームを表示します。また、光インタフェース装置(OIU)のRS-232Cインタフェースにより、アラーム信号をモニタすることができます。

簡易光基地局の仕様

項 目	仕 様
ダウンリンク	RFキャリア数
	最大12
	パワーアンプ出力
	10mW×12キャリア
ダウンリンク	C/N(BW=30kHz)
	60dB以上
	相互変調ひずみ
アップリンク	RFキャリア数
	最大12
	信号入力レベル
	-90~-35dBm
アップリンク	C/N(BW=30kHz)
	12dB以上
アップリンク	相互変調ひずみ
	-60dBc以下
光ファイバ	1,300nmシングルモードファイバ
光許容損失	最大10dB
光ファイバ長	0~10km



システム構成例



簡易光基地局外観



特許と新案***

三菱電機は全ての特許及び新案を有償開放しております

有償開放についてのお問合せは
三菱電機株式会社 知的財産渉外部
総合グループ Tel(03)3218-2137

プログラマブルコントローラ (特許 第1513409号)

発明者 高橋 昇

この発明はプログラマブルコントローラ(PC), 特に制御対象機器の制御を中央処理ユニットによって行うものに関するものである。

従来の PC でのコモンモードノイズに対する減衰回路には、漏れ電流対策を考慮したり、外部接続ケーブルの信号ラインごとに減衰回路が必要であるなどの問題点があった。

この発明はこのような従来の問題にかんがみてなされたもので、図1に実施例の回路図、図2にその主要部の回路図を示す。制御対象機器(12)側に発生したコモンモードノイズ(14)は、外部ケーブル(34)に乗って直流電源のプラス側供給線(22)に伝わり、さらにCPU(20)に侵入しようとするが、チョークコイル(36)とコンデンサ(38, 40)からなるフィルタ回路が設けられているため、そのチョークコイル(36)で侵入を妨げられるとともにコ

ンデンサ(38, 40)を通してフレームグランド線(32)にバイパスされ、箱体(10)に逃がされ、アースに落とされる。ここで、チョークコイル(36)とコンデンサ(38, 40)によるフィルタ回路は、従来のように外部ケーブル(34)の個々の信号ラインにそれぞれ設けなくても、一つのユニットに一つの回路を設ければよい。この発明による PC は、制御対象機器から侵入するコモンモードノイズによる影響を、比較的簡単かつ低コストな構成で効果的に防止することができる。

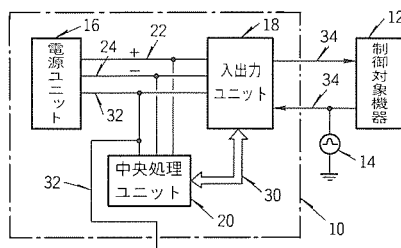


図1

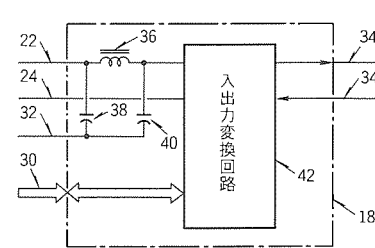


図2

パルスアーク溶接装置 (特許 第1603407号)

発明者 殖栗成夫, 田畑要一郎, 小林宏次, 伊藤利朗

この発明は、ワイヤ電極と被溶接物との間に供給する直流のアーク電流(ベース電流)に周期的にパルス状のアーク電流を重畳させ、パルス電流の電磁収縮力で溶融したワイヤ電極を細粒化移行(スプレー移行)させて溶接するパルスアーク溶接に関するものである。

従来のパルスアーク溶接装置は、パルス数を商用周波数と同じかその整数倍に固定して、溶接条件が変われば、ベース電流値又はパルスの大きさを変えて溶接をしていたため、最良の溶接ビードで溶接することができない場合があった。

この発明はこのような欠点を除去するためになされたもので、パルス電流のピーク値をワイヤ電極の径、材質及びシールドガス種によって決まるスプレー移行できる臨界電流値 I_C 以上に設定し、単位時間当たりのパルス個数 N を、ワイヤ電極の送給速度を V (cm/s)、ワイヤ径を d (mm)、スプレー移行する溶滴径を a (mm) とした場合、

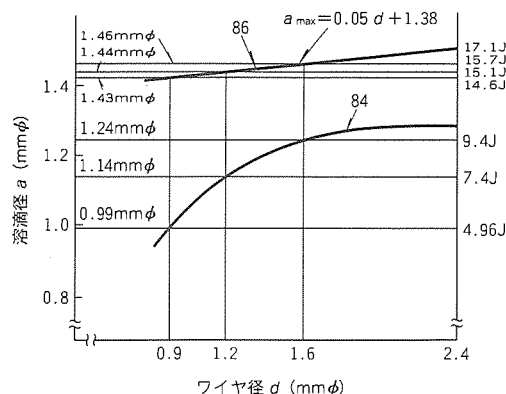
$$N = (15 \times V \times d^2) / a^3$$

を満足するように設定した。

以上のように、ワイヤ送給速度 V に比例するように、パルス周波数を変化させたので、常にスプレー移行する溶滴径 a

が一定で、1パルス1溶滴で適性な溶滴移行ができ、良好な溶接が行える装置を提供できる。

図の曲線(84)は、種々のワイヤ径に対する溶滴径 a をプロットしたもので、突出し長が5mmの場合の実測値である。また、図の右側の値は、各溶滴径に対する室温(0℃)から融点(1,535℃)まで温度を上昇させるのに必要なエネルギーである。曲線(86)は、1溶滴を溶かすのに必要な熱量の測定結果である。





特許と新案 ＊ ＊ ＊

三菱電機は全ての特許及び新案を有償開放しております

有償開放についてのお問合せは
三菱電機株式会社 知的財産渉外部
総合グループ Tel(03) 3218-2137

ユニットの取付装置 (実用新案登録 第1951666号)

考案者 大沢 修, 永橋太吉

この考案は、プログラムコントローラのモジュールユニットをベースユニットに固定するための、ユニットの取付装置に関するものである。

従来の取付装置は、ねじ止めのため取付けに多くの部品と工数を要していた。この考案は、取付けのための部品が少なくてすみ、しかも、ワンタッチで取付けできる装置を目的としたものである。

考案の実施例の縦断面図を図1に、主要部の斜視図を図2に示す。ベースユニット(4)の下部抜き穴(31)にモジュールユニット(2)のガイド(26)を挿入して、係止部(28)を引掛け、これを支点としてモジュールユニット(2)を矢印a方向に倒す。このとき、ばねの弾性によって上下スライド可能なスライド板(40)が下方に押し下げられ、係止部(50)がベースユニット(4)の上部抜き穴(30)に侵入し、同時にスライド板(40)はばねの弾性によって上方向dへ復元し、係止部(50)は自動的に上部抜き穴(30)の上方縁部(4)に係合する。したがって、モジュールユニット(2)はベースユニット(4)に確実に結合される。取り外す場合は、指先でスライド板(40)の押圧部(47)

を下方bに押し下げ、モジュールユニット(2)をc方向に倒し、係止部(50)を上部抜き穴(30)から外す。次にモジュールユニット(2)をわずかに上方に上げ、ガイド(26)を係止部(28)から外して、モジュールユニット(2)をベースユニット(4)から取り外す。

以上のようにこの考案によれば、ユニットの取付けが短時間で可能で、また、部品点数も少ない取付装置が提供できる。

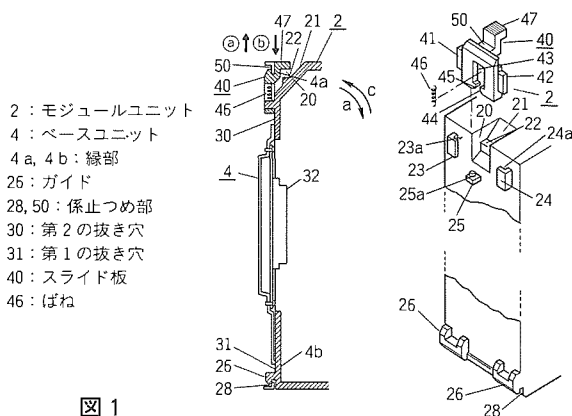


図 1

図 2

- 2 : モジュールユニット
- 4 : ベースユニット
- 4 a, 4 b : 縁部
- 26 : ガイド
- 28, 50 : 係止つめ部
- 30 : 第2の抜き穴
- 31 : 第1の抜き穴
- 40 : スライド板
- 46 : ばね

<次号予定> 三菱電機技報 Vol.69 No.1 技術の進歩特集

- 研究・開発
- 電力及びエネルギー関連機器・システム
- 産業及びFA 関連機器・システム
- ビル／公共関連機器・システム
- 交通

- 半導体と電子デバイス
- 宇宙開発と衛星通信
- 情報と通信
- 映像情報関連機器・システム
- 家電機器・住宅システム

三菱電機技報編集委員

委員長 田岡恒雄
委員 永田譲蔵 鈴木幹雄
都築 鎮 大井房武
尾関龍夫 江頭英隆
水野久隆 東條孝雄
畑谷正雄 才田敏和
中井良雄 鳥取 浩
幹事 長崎忠一
12月号特集担当 上田勝彦
松本圭二

三菱電機技報68巻12号

(無断転載を禁ず)

1994年12月22日 印刷
1994年12月25日 発行

編集兼発行人 長崎 忠一
印刷所 千葉県市川市塩浜三丁目12番地 (〒272-01)
菱電印刷株式会社
発行所 東京都港区新橋六丁目4番地9号
北海ビル新橋 (〒105)
三菱電機エンジニアリング株式会社内
「三菱電機技報社」 Tel.(03) 3437局2692
発売元 東京都千代田区神田錦町三丁目1番地 (〒101)
株式会社 オーム社
Tel.(03) 3233局0641(代), 振替口座東京6-20018
定 価 1部721円(本体700円) 送料別

三菱電機技報 (1994年 第68巻) 総目次

1号 技術の進歩特集	5号 特集“冷凍・空調—よりよい環境をめざして—”	9号 特集“無停電電源装置:UPS”
2号 特集“荷電ビーム機器とシミュレーション”	6号 特集“発展する光通信”	10号 特集“空港関連設備”
3号 特集“先端半導体”—半導体事業35周年記念—	7号 特集“飛躍する宇宙開発”	11号 特集“映像情報機器”
4号 特集“工業プラント情報制御システム”	8号 特集“ニューラルネットワーク応用技術”	12号 特集“移動体通信”“汎用シーケンサ”

技術の進歩特集

号	ページ	号	ページ
1. 研究・開発	1…25	6. 半導体と電子デバイス	1…77
2. 電力及びエネルギー関連機器・システム	1…42	7. 宇宙開発と衛星通信	1…93
3. 産業及びFA関連機器・システム	1…51	8. 情報と通信	1…98
4. ビル/公共関連機器・システム	1…60	9. 映像情報関連機器・システム	1…110
5. 交通	1…70	10. 家電関連機器・システム	1…115

特集論文

特集“荷電ビーム機器とシミュレーション”

1. 荷電ビーム機器とシミュレーション	岩本雅民・森川鐵也・奥田莊一郎	2…132
2. シンクロトロン放射光装置	田中博文・中西哲也・松田哲也・竹内敏恵・奥田莊一郎	2…136
3. 日本電信電話(株) LSI 研究所納め放射光装置用電子線形加速器	太田完治・木村勝一・福本信太郎・小野寺俊男	2…141
4. 線形電子加速器	西原 進・花川和之・木村勝一・森口勇介・田中常稔	2…147
5. 大電力クライストロン	林 和孝・家喜洋司・菊永敏之	2…152
6. 大電力ミリ波ジャイロトロン	菊永敏之・下妻 隆・浅野啓行・八十島義行・塚本忠則	2…158
7. 重イオンビームモニタ	取越正己・溝端正隆・三田村正則・上田孝寿・小川博嗣・山田 聡	2…163
8. 高解像度ブラウン管	中田修平・伊藤英也・中村隆文・林 圭一・伊藤順子・奥田莊一郎	2…168
9. 電子・イオンビーム加工装置	庄野一弘・尾崎敏之・久岡 靖・石見泰造・村上英信・荒川及蔵	2…172
10. クラストイオンビームによる高カバレッジバリヤ膜形成	石井宏之・橋本陽一・山西健一郎	2…177

特集“先端半導体”—半導体事業35周年記念—

1. 半導体の技術動向と展望	坂根英生	3…205
2. 64M ビット DRAM	諸岡毅一・宮本博司・古谷清広・岡本龍郎・須賀原和之	3…209
3. ブロック消去可能な16M ビットフラッシュメモリ	中山武志・三原雅章・宮脇好和・大井 誠・新井 肇	3…213
4. 高速 QuadCAS 付き第三世代 4 MDRAM	吹上貴彦・豆谷智治	3…217
5. 高速 1M ビット CMOS スタティック RAM	榎原洋次・坂口定則・秋山義雄・田原良昭・南 ふゆみ	3…221
6. 超薄形パッケージ IC を搭載した大容量 IC メモリカード	郷地英伸・越智克則・寺岡康宏	3…226
7. 高性能新16ビット マイクロコントローラ“M16シリーズ”	中尾裕一・北上尚一・清水 徹・三輪久晴・水垣重生	3…231
8. データリンク層通信プロトコルコントローラ内蔵 MCU	長 芳樹・山ノ井悟郎・林 良紀・田代 哲・藤沢行雄	3…236
9. システム提案型マイコン応用技術	樋口敬三・山田園裕・杉本正樹	3…241
10. 12ビット100kFLIPS ファジ推論プロセッサ	下邨研一・新田泰彦・坂下徳美・中村和夫・徳田 健	3…247
11. 0.5μm CMOS セミカスタム IC	真田邦彦・青木一夫・前野秀史・松本 尚・笹田真喜子	3…251
12. 国際標準 JPEG 準拠のカラー画像圧縮・伸長 LSI	小川文伸・井田静男・今中良史・杉野博之・寺根秀幸	3…256
13. VTR 用ワンチップカラオケプロセッサ LSI	安達靖史・山田友右	3…261
14. 3V 動作10ビット50M サンプル/秒 CMOS D/A コンバータ	中村泰之・三木隆博・西川毅一・岡田圭介	3…265
15. トレンチ MOS ゲート構造の600V 絶縁ゲートバイポーラトランジスタ	原田眞名・湊 忠玄・高橋英樹・西原秀典・井上敬二・高田育紀	3…270
16. 溶融再結晶化法を用いた新型高効率薄膜多結晶シリコン太陽電池	森川浩昭・有本 智・石原 隆・隈部久雄・室谷利夫	3…275
17. 小型・高機能エアバッグ用半導体加速度センサ	荒木 達・山本雅裕・瀬々倉 孝	3…279
18. CMOS ゲートアレー用自動レイアウト技術	中尾博臣・高橋一浩・定兼利行・奥田亮輔・寺井正幸・佐藤興二	3…284
19. VLSI マスクデータ照査システム	菅野 誠・濱本末雄・田中健一・宗像恒任・森泉幸一	3…288
20. 高誘電率薄膜技術	佐藤一直・三上 登・川原孝昭・楠見嘉宏・伊藤博巳	3…292

21. X線リソグラフィ技術	幸丸正樹・丸本健二・尾崎禎彦・島野裕樹・中西哲也・吉岡信行	3	296
22. ハーフミクロン対応ロジック用 CMOS LSI ウェーハプロセス	野崎雅彦・越久和俊・原田 繁・東谷恵市・高田佳史	3	301
23. ノンバイアス ECR プラズマによる微細加工技術	丸山隆弘・藤原伸夫・米田昌弘・塚本克博・大森達夫・番條敏信	3	305
24. 高性能・高信頼性パッケージ	佐々木育夫・樋口徳昌・森賀南木・木村通孝	3	309
特集 “工業プラント情報制御システム”			
1. 工業プラント情報制御システムの現状と展望	新野修平・櫛原潤一	4	318
2. 統合情報制御システム “MELTAS450/650”	中村修一・高橋裕司・一枝圭祐・中原敏明	4	323
3. IA ソリューションウェア	成松明俊・札木淳司・巻田幸司	4	328
4. 反応プロセスにおける今後の制御システム	清宮忠昭・竹垣盛一・長田典子・仲矢秀雄	4	334
5. 食品工場のトータル情報制御システム	小谷 彰・阿部恭久・中井洋之・平林恵司	4	339
6. 紙パルプ工場向けトータル情報制御システム	中道章三・椎木靖雄	4	345
7. ユーティリティ用情報制御システム	伊藤信之・安東安隆	4	350
8. 自動車工場における生産システム	白倉忠晴・東 順一・高畑浩史・柳 一也・小林博文	4	355
9. 個産型加工組立産業向け IA システム	安居院憲彰・深田浩一・阿部恭久・吉村友剛・木戸規昭	4	360
特集 “冷凍・空調—よりよい環境をめざして—”			
1. 冷凍・空調の現状と展望	山中晤郎	5	404
2. 空冷式氷蓄熱ユニット	富田 健・大塚 修	5	409
3. 液冷媒噴射式シングルスクリュウ圧縮機のシミュレーション技術	下地美保子・幸田利秀・平井哲夫・辻 清春	5	414
4. ビル用エアコン “シティマルチ” PLHY-LK シリーズの低騒音化	倉地光教・岡部順二・亀山純一・山中宗弘	5	419
5. マルチ型パッケージエアコンにおける高効率自律分散制御	四十宮正人・山下浩司・松岡文雄・榎本寿彦・柴田裕司・吉田孝行	5	424
6. 分流コントローラのアルミニウム製プレート型熱交換器	久森洋一・尾方善通・倉地光教・谷口雅昭・孝橋政雄	5	429
7. 床置ビルトイン形ロスナイ	和木勝彦・南 牧安	5	434
8. 都市型住宅用サニタリー・リビング換気システム	佐藤成人・大嶋兼芳・原 茂夫	5	440
9. “パノラマアイ” を搭載したルームエアコン	鈴木仁一・日高 彰・吉田孝行・福田正彦・尾熊智子	4	447
10. HFC-134a 対応ロータリ圧縮機及び搭載冷蔵庫	川口 進・清水辰秋・小西広繁・増田 昇・隅田嘉裕	5	453
11. HCFC-141b 発泡冷蔵庫用断熱材/内箱材料	山田 祥・安部千佐・西本芳夫・横山淳一・鏡園 弘	5	458
12. 大型冷蔵庫用ツインメカ横置ロータリ圧縮機	川口 進・酒井正敏・前山英明	5	464
特集 “発展する光通信”			
1. 三菱電機における光通信システムの歩み	伊東克能	6	494
2. 三菱電機における光通信用部品の歩み	陶山昌雄・三宅良雄	6	500
3. 三菱電機における光通信用半導体デバイスの歩み	三井 茂・池田健志	6	504
4. 光増幅中継器回路	北山忠善・松下 究・本島邦明・山下純一郎・仲川栄一・井田幸彦	6	508
5. SDH600Mbps 多重端局終端装置	溝口隆宏・大槻幸子・内山律浩・高橋 章・笈川 浩・見目一男	6	512
6. 大容量 CT/RT 光加入者線多重伝送装置	手島邦夫・藤田夏男・西尾 猛・片山政利・井手正樹・小浜茂樹	6	516
7. ATM 加入者線伝送装置	鈴木孝昌・本島史門之・土田 充・矢野雅嗣・野上正道・上田広之	6	520
8. 高速デジタル光加入者伝送装置	鹿野朝生・西尾利香・一番ヶ瀬 広・小須田伸一・高橋 章・吉田俊和	6	524
9. FV-600M-H 1 形 HDTV 映像伝送装置	中澤宣彦・島羽浩史・長野宣行・高群智樹・丹治秋人・菅野典夫	6	528
10. 1.5/6.3Mbps 専用線用 I インタフェース DSU	原尾 敦・原田 博・佐野利文・吉田利弘・岩元隆治	6	532
11. ATM 特性測定装置	羽根稔尚・上田広之・木田等理・土田 充・鈴木孝昌・福田雅裕	6	536
12. 622Mbps-16ch コヒーレント光伝送装置	水落隆司・清水克宏・下村健吉・石村栄太郎・北山忠善	6	541
13. サブキャリア多重光伝送技術とその応用	松下 究・佐藤 晋・北山忠善・手島邦夫・竹内宗昭	6	545
14. 2.5Gbps 長距離伝送用 DFB レーザとそのモジュール	平野良一・青柳利隆・宮崎泰典・後藤勝彦・南原成二・増田健之	6	550
15. CATV 用低ひずみ DFB レーザとそのモジュール	山下光二・武本 彰・八田竜夫・足立明宏	6	554
16. 光 FDM 用レーザアレーモジュール	金子進一・足立明宏・山下純一郎・石村栄太郎	6	559
17. 光インタコネクション用半導体レーザアレー	松本啓資・西口晴美・吉田一臣・芝 哲夫・大村悦司	6	563
18. ATM システム用 LSI	山中秀昭・大久保啓示・青柳秀典・佐藤浩之・近藤晴房・沢田圭一	6	568
19. SDH インタフェース用 LSI	久保和夫・東坂範雄・植田昌弘・岡田克也・武内良祐	6	573

特集 “飛躍する宇宙開発”

1. 21世紀に向けての宇宙開発	藤田康毅	7	584
2. 地球観測衛星	表野正樹・井村信義・江角 清・笠波孝幸	7	598
3. リモートセンシングシステム	岩橋 努・上杉利明・門脇 隆	7	604
4. 衛星搭載大型展開アンテナ	高野 忠・名取通弘・三好一雄・井上登志夫・野口龍宏	7	610
5. 衛星間通信機器	堀田成章・市野裕行・沢田 久・長瀬勝照	7	615
6. 商用衛星搭載機器	風神 裕・広瀬晴三	7	620
7. 宇宙機システム系の現状と展望	山口哲郎・中村太一・小山 浩・功刀 信・塚原克己・松英稔久	7	624
8. 宇宙用次世代のデータハンドリングシステム	姉川 弘・古島重幸	7	629
9. 宇宙ステーション取付け型実験モジュール用無容器イメージ炉	吉沢憲治・築島千尋・依田真一・山脇敏彦	7	637
10. 宇宙開発事業団納め小笠原精測レーダ設備測距装置	森永幸平・佐藤長未・広瀬健一・佐藤 巧・村瀬文義・北野勝巳	7	644
11. 郵政省通信総合研究所納め ETS-VI 用フィーダリンク地球局	木村 繁・若菜弘充・鈴木良昭・藤原知博・永岡正志	7	649

特集 “ニューラルネットワーク応用技術”

1. ニューロ応用技術の現状と展望	久間和生	8	690
2. VLSI ニューロチップ	有馬 裕・近藤由和・小柴優一・森 伯郎・久間和生	8	696
3. 光ニューロデバイス	田井修市・太田 淳・新田嘉一・久間和生	8	702
4. 半導体欠陥検査システム	清水優子・田中健一・大窪静孝	8	707
5. ニューロ応用の真珠品質評価装置	長田典子・宇佐美照夫・井田芳明・赤根正樹・中嶋紘之	8	712
6. ニューロ応用の文字認識技術	宮原景泰・依田文夫	8	718
7. ニューロ応用の画像領域分離	井上義夫・永田良浩・佐藤恒夫	8	723
8. 視覚情報処理システム	岩本貴司・フランシス ゴダイ・エバハード ランゲ・久間和生・大津展之	8	728
9. 自己組織型情報ベースの要素技術	有田英一・豊浦 潤・安井照昌・津高新一郎・平山正治	8	732
10. 大型望遠鏡“すばる”の主鏡鏡材最適配置設計	西口憲一・下山典子・市川 晃・三神 泉・佐々木亜紀・家 正則	8	737
11. プリント基板電子部品最適配置用 CAD	高橋正信・森 伯郎・久間和生	8	742
12. ニューロ応用生産スケジューリングシステム	青山 功・石塚裕一・中島克人・根岸道郎	8	746
13. リカレントニューラルネットワークによる電力系統制御	小島康弘・泉井良夫・京本寿美恵・合田忠弘	8	750
14. 産業用ロボットの高精度制御	宮崎友宏・前川清石・馬場孝夫	8	755

特集 “無停電電源装置：UPS”

1. UPS の現状と展望	速水と夫・鹿野義郎・桑原秀夫	9	764
2. 大規模 UPS システム	榎井実好・黒田義隆・竹内三郎・中村英雄	9	768
3. 中小規模 UPS システム	守川哲郎・小笠原康司・中出哲也	9	774
4. フル IGBT 大容量 UPS システム “MELUPS9200”	森 治義・押切恵一・山本融真・池田勝己	9	779
5. 中容量コンパクト高性能 UPS “MELUPS8400V”	真田和法・島津 昇・嘉陽 覚・東 聖	9	784
6. コンピュータネットワーク対応小容量 UPS “MELUPS8400N”	柳原康慈・佐志田伸夫・児嶋昭人・井川松雄・近野恭弘	9	789
7. 計装用 UPS	中村 透・池内謙二・野川智章	9	794
8. UPS 用大容量 IGBT と IPM	由宇義珍・森 敏・ゴープ マジュームダール・村本雅博	9	799
9. UPS の保全とリニューアル	本城健二・飯田恒司・橋本秀一	9	804

特集 “空港関連設備”

1. 空港関連設備の現状と展望	木村功一・羽子岡 蕃	10	842
2. ターミナルレーダ情報処理システム “ARTS”	青野正宏・田中康幸・徳丸芳孝・楠本一秀	10	847
3. 空港面探知レーダ “ASDE”	富田 純・山下祐司・若林 勝・浜津享助	10	852
4. 空港気象ドップラーレーダシステム	畑 清之・平島弘一・浜津享助	10	856
5. 航空機駐機位置表示装置—航空機地上誘導表示システム—	芹沢一彦・加藤寿伸・長島孝司	10	860
6. 運輸省東京航空局納め東京国際空港ランプパス管理システム	早川裕治・穂本正晴・古殿 嵐・若宮正洋・浅沼裕司・大草雅彦	10	864
7. 航空機用静止形 400Hz 電源装置	門谷良己・佐志田伸夫・村本雅博・掛戸好宏	10	870
8. 関西国際空港納め旅客案内情報システム	金田敬一・河野 晃・上原 薫・林 博之・菊竹秀夫・松井稔樹	10	875

9. 空港映像情報システム	三田村真次・石本正明・小村 尚・津久井敏己・橋本孝治	10.....881
10. 旅客ターミナルビル昇降機設備	野村之三・橋本和仁・水谷範美・村田 茂・加藤弘文	10.....887
11. 日本航空(株)納めチェックインシステム“JALPAS/D-II”	太田芳弘・野津工ア・青木隆之・柳田尚徳	10.....892
12. 全日本空輸(株)納め気象画像システム“MAGICS”	滝澤信也・小沢裕之・西ノ宮弘一・熊谷秀光・赤塚佳隆・吉村 功	10.....898
13. 全日本空輸(株)納め空港系端末“ASCOT”	矢野孝典・重野俊浩・中島研一・浴町 栄	10.....903
14. 全日本空輸(株)納め飛行監視システム“ATRAS”	林 勝美・福地陽一・長浜隆次・島田隆二	10.....909
15. 全日本空輸(株)納めスケジュールモニタリングシステム“SMS”	新沼茂樹・山上純美・井上悦次・永島洋太	10.....913
16. 全日本空輸(株)納め整備作業管理システム“ADM”	鈴木正樹・浴町 栄・横田広由・平田直宏・川上講明・妻夫木政年	10.....918

特集“映像情報機器”

1. 映像情報機器・システムの現状と展望	大西良一・岡田克巳	11.....928
2. ハイビジョンデジタル衛星伝送システム	中井隆洋・加瀬沢 正・幡野喜子・伊藤 浩・西田正実	11.....934
3. 次世代テレビシステム	山口典之・中山裕之・美濃部 正	11.....940
4. デスクトップテレビ会議システム	大和真二・松崎一博・原田亞矢子・鈴木光義・高野広志	11.....945
5. 光磁気ディスクビデオサーバシステム	川畑 優・地村一男・清瀬泰広・岩永勝嗣・児玉昌文・土屋雅人	11.....950
6. M-N コンバータ内蔵ワイドテレビ“32W-CZ 6”	有田栄治・小笠道夫・林 智之・石井良典	11.....954
7. テーブルトッププロジェクションテレビ	藤村 諒・高橋知恵・都出英一・油利 享・塚越和夫	11.....959
8. 100型高精細ビデオプロジェクタ	和田 明・都出英一・寺本浩平	11.....964
9. 赤外線カメラ“サーマルイメージャ”	三好哲夫	11.....969
10. パソコン用ディスプレイモニタ	原 謙・櫻井治夫・谷添秀樹	11.....974
11. 29型インテリジェントディスプレイモニタ	竹原忠実・坂東孝浩・立花みゆき・中川智洋・松永明義	11.....979
12. 高輝度プロジェクションディスプレイ用 Poly-SiTFT 液晶パネル	小林和弘・中野雅章・増見達生・鹿間信介・石谷善朗	11.....983
13. グローバル生産構造に対応した J デッキとシャーシ	宮後俊春・赤羽正光	11.....989
14. カラービデオコピープロセッサ“SCT-CP2000”	尾崎安彦・真野 豊・加納公生・梶野一樹・山田 寿	11.....995
15. 昇華形フルカラープリンタ	小田啓介・岡 賢一郎・三好温子・田中直也	11... 1001
16. カラーページプリンタ“G2700-10”	高桑 聖・古賀英敏・林 正一郎・吉本康浩・成木研一・尾台佳明	11... 1006
17. アフタマーケット対応カーナビゲーション	三次達也	11... 1011
18. 車載用ミニディスクオートチェンジャ	戸沢 稔・中西康之・加藤博明・中川邦彦・石田禎宣	11... 1017

特集“移動体通信”

1. 移動体通信の現状と展望	白幡邦彦	12... 1028
2. 携帯電話の小型化と“ムーバDII”	栗生和宏・前村公正・藤本孝信・石田修己・小坂益規	12... 1032
3. 国内向けデジタル携帯電話機	佐藤一美・入野悦郎・吉田和幸・村上 治	12... 1036
4. 欧米におけるデジタル携帯電話	加藤 進・野並隆之・福田富実代・樋口晃二	12... 1040
5. デジタル自動車・携帯電話用基地局変復調装置	原 泰司・三宅 真・田中 茂・松本真二・柏木 孝・浅野永資	12... 1045
6. 自動車・携帯電話基地局アンテナシステム	奥山 明・茶谷嘉之・板橋康弘・宮下和仁・青木博之・宮下裕章	12... 1049
7. 米国におけるマイクロセルシステム	松本真二・藤生裕幸・松延健司・原田永康	12... 1053
8. 公衆用 PHS 基地局装置	三井和夫・森谷陽一・横井雄二・木村信博・永村 清・中野 栄	12... 1057
9. 家庭用 PHS 端末装置	小野木幹夫・石倉政美・近藤泰弘・松本 渉・高橋郁夫	12... 1061
10. デジタル MCA システム	中野龍也・田近寿夫・大谷一浩・青柳孝寿・池田 正・三瀬敏生	12... 1065
11. MCA のゾーン間接続システム	川幡 孝・関 直樹・小野英世	12... 1071
12. 広域デジタル移動無線システム	大竹康友・木村和夫・大塚 晃	12... 1075
13. 移動体衛星通信システム	青木克比古	12... 1079
14. 移動体通信を支える要素技術 その1—小型携帯電話用アンテナ技術—	吉川幸広・遠藤 勉・砂原米彦	12... 1084
15. 移動体通信を支える要素技術 その2—デジタル音声符号化技術—	高橋真哉	12... 1088
16. 移動体通信を支える要素技術 その3—デジタル信号処理技術：適応等化器—	村上圭司・上田幸治・久保博嗣	12... 1092
17. 移動体通信の周波数を巡る国際的な動き	室谷正芳	12... 1097

特集 “汎用シーケンサ”

1. 汎用シーケンサ “MELSEC” の現状と展望……………松本圭二・杉山 彰 12… 1102
2. ダウンサイジングシーケンサ “FX₀/FX_{0N}/AnS” シリーズ
……………安藤高彦・奥村良之・小林 裕・横川伸介・高橋 昇・可知祐紀 12… 1107
3. 高機能・高性能シーケンサ “QnA シリーズ” ……………伊藤龍男・太田 俊・森田英昭・坂本 昇 12… 1114
4. シーケンサ機能付きモーションコントローラ “A171S” “A273U” シリーズ
……………滝沢義知・戸祭和彦・斎藤公美雄・岡田美佐子 12… 1119
5. FA 用ネットワーク “MELSECNET/10” 及び各種オープンネットワーク
……………杉山 彰・高橋俊哉・深津法保・伊藤龍男・渡辺 孝・可部明克 12… 1124
6. FA 用多機能電子操作盤 “GOT” シリーズとデータアクセスユニット “DU” シリーズ
……………丹羽正美・鈴木康之・赤塚成啓・磯部倫明 12… 1131
7. シーケンサ用ソフトウェア開発サポート製品 ……………尾崎新一・岩田恭伸・須田英一・二瓶貴行 12… 1136
8. シーケンサシステムの現場保守・故障診断対応機器 ……………倉島達洋・神谷善栄・葛西由夫 12… 1141
9. 小型ビルディングブロック形 FA コントローラ “LM610” ……………片桐正夫・三浦邦治・新藤研二 12… 1146
10. 2 CPU・2 OS 構成の FA コントローラ “LM8000” とその応用
……………茅野真一郎・大瀧啓史・大西作幸・八尾尚志・西出 聡・神谷 茂 12… 1150
11. パソコン通信・ファックスを使用した技術情報サービス ……………原田昭男・久米由将・石川 徹・松島正弘 12… 1158

普通論文

1. “MELFANET1000” による商品受注自動化システム ……渋谷一衛・朝倉耕一・栗生田悦子・岡田康裕・只野裕次 2 ……182
2. 鉄道用車両の車軸超音波自動探傷装置 ……………森田徳孝・今井幸夫・安原託男・海江田俊昭・植田可教 2 ……187
3. オフィスコンピュータ “MELCOM80” ネットワークシステム
……………本田和人・渡辺 浩・桜田 博・桂嶋由彦・三島康德 2 ……192
4. オフィスコンピュータ “MELCOM80” CAFIS システム ……宮崎茂雄・茂木武士・中川智明・神戸 健・長井秀憲 2 ……196
5. 定期券発行機 “MELPAS-G” ……………筒井英市・畠中富美男・貝賀俊之 4 ……368
6. 東京電力(株)新榛名変電所実証試験設備用1,050kV3,000/3 MVA 変圧器(UHV 変圧器)
……………山形芳文・三浦良和・玉置栄一・富永雅久・岸 章夫・新海 拓 4 ……373
7. GM 式 4 K 冷凍機付き MRI 用超電導マグネット ……………松本隆博・中川修一・吉村秀人・長尾政志・稲口 隆 4 ……379
8. ファイル転送自動管理システム ……………二階堂秀治・富川哲司・吉崎正幸・吉田 稔 4 ……384
9. フレームリレー交換装置 “MELPAX6000” ……………菊地信夫・長谷川勝也・谷口 順・吉良廣文・西門 裕 4 ……389
10. 156Mbps 光映像伝送装置 ……………小猿康敬・菅野裕子・丹治秋人・菅野典夫 4 ……394
11. データ構造変換クラスライブラリ生成ツール ……………熱田ミハル・黒田清隆・高野 彰 5 ……469
12. 情報通信システム分野におけるサービスの体系化 ……………稲本 惇 5 ……474
13. 広域監視制御システム “MELFLEXIII” シリーズ……………田中英和・岡村 博・犀川真一・居安正勝・秋富利伸 5 ……480
14. 中部電力(株)松ヶ枝変電所納め超高压地下変電所用変圧器設備
……………竹本和雄・宮本憲繁・工藤 淳・中塚昭治・近藤克三 7 ……654
15. 三菱高速データ検索システム ……………松本利夫・小川 晃・吉田 学・川口正高・瀬川泰生 7 ……660
16. フラッシュメモリ内蔵16ビットマイクロコンピュータ ……植木 浩・黒田幸枝・樋口光誠・池口浩之・安本信行 7 ……666
17. I²C バスインタフェース対応16ビットマイクロコンピュータ “M37709M4LXXXHP”
……………大西賢治・小浦正人・古田幸司 7 ……672
18. インテリジェント監視装置 “MELSIM” ……………江上憲位・一枝圭祐・中原敏明 7 ……677
19. (株)ソルテック 1 GeV 放射光装置の大電流化改造と現状
……………岸本 健・原口正文・飯田利昭・来島裕子・松井重明・阿刀田伸史 9 ……809
20. GM 冷凍機を用いた伝導冷却方式超電導マグネット
……………湊 恒明・今井良夫・横山彰一・稲口 隆・金 太炫・梅村敏夫 9 ……813
21. 大容量 IGBT 応用アクティブフィルタ “MELACT-1100” シリーズ……………守川哲郎・小林義幸・神山 功・杉山 隆 9 ……817
22. 量産用エキシマレーザ加工システム ……………江浦 隆・八木俊憲・出雲正雄・中谷 元・田中正明 9 ……821
23. ファンモータ用チョッパ式可変速制御 ……………岸添義彦・西尾直樹・春日井 誠・中込 靖・今城昭彦 9 ……828
24. 有機分子線蒸着法による薄膜の作製と高次構造 ……………藏田哲之・瀬上宏幸・濱野浩司・久保田 繁 9 ……833

デジタルリレー搭載三菱低圧気中遮断器“Super AEシリーズ”

情報化の進展，アメニティ意識の高揚により電気の連続給電性はますます重要度を増し，省エネルギーを目的とした電力負荷の平準化施策は配電系統の末端にまで及ぼうとしています。また，電気設備の安定性の要求が強まる一方で，その維持管理は省力化が望まれています。こうした社会環境の変化に対応して今回，ネットワーク化を指向して保護計測機能を充実したディジタルリレーを開発し，低圧気中遮断器“SuperAEシリーズ”に搭載しました。

特 長

(1) 広範囲高精度保護特性実現による選択協調性の向上

●空芯電流センサとワイドレンジ電流検出回路により検出電流範囲を拡大し、瞬時引外し特性の設定電流値上限を定格遮断電流値相当にまで高めました。また、過電流保護特性の動作時間も広く(従来比20倍)設定できますので、電流、動作時間の両面に広範囲で高精度な特性が設定でき選択協調性が高まります。

●過電流保護には実効値検出方式を採用していますので、高調波を含んだひずみ電流でも適切に保護します。

●地絡・漏電保護では、事故を検出すると上位の遮断器にロック信号を送るゾーンインタロック機能により多段選択協調が図れます。

(2) 多機能プレアラーム特性

●過電流プリアラームは2段とし、遮断器トリップ動作を事前に防止するための緊急度に応じた連動制御が可能です。また、プリアラーム特性は遠隔から適宜変更設定できます。

●漏電保護範囲を拡大し、さらにプリアラーム特性を持たせました。

●相電流、地絡・漏電電流の上下限アラーム通報により電流の変化を細かく把握でき、電路状態の変化や負荷変化を検知できます。

(3) 計測情報の充実

●各相電流，最大相電流，地絡・漏電電流を実効値計測表示します。電路の状況を容易に確認できます。

(4) 事故情報の充実

●事故時の各相電流を計測表示します。また、事故原因、事故電流を不揮発性メモリに保存しますので、制御電源が停電しても事故状況を把握できます。

●事故電流レベル履歴により過去の事故状況を把握することで、遮断器のストレスレベルや電路の事故傾向がつかめます。

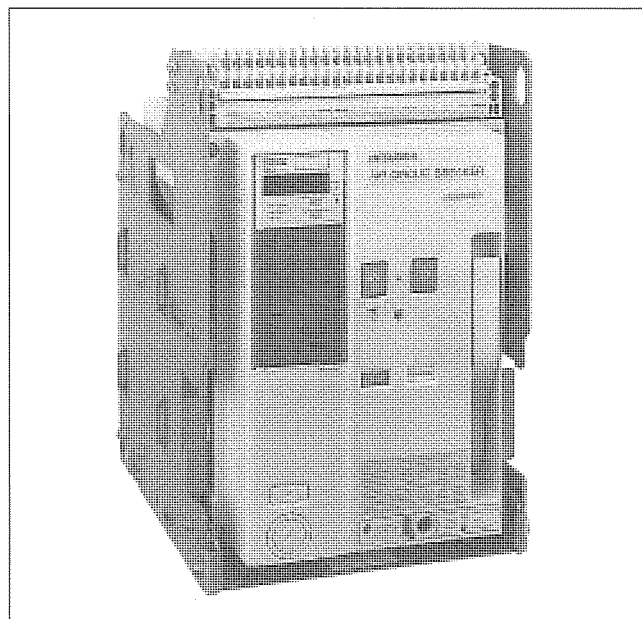
(5) 自己診断機能の充実

●トリップ、遠隔開閉指令から遮断器本体動作に至る流れを監視します。また、接点部の温度により多回数開閉等での接触抵抗の増加を監視します。

●電流検出回路のモニタリング、2マイコンによる相互監視、伝送状態監視により制御回路部の万一の不具合を検知します。

(6) 伝送機能搭載

伝送インターフェースの内蔵によりネットワークへの接続が可



デジタルリレー仕様

[illegible]

能です。前述の各種検出情報を集中管理することで、連続給電性確保、電気設備の維持管理の省力化に貢献します。

●遮断器の開閉状態、保護特性動作状況、各相電流、地絡・漏電電流の集中監視により、遮断器開閉回数管理、プレアラームを活用した遮断器トリップ事前防止制御が行えます。

●事故発生状況の一括管理による事故原因究明、復旧を支援します。また、遮断器トリップ時のバックアップ投入等の制御を行うことも可能です。

●電流値のトレンド管理や各分岐の電流値管理による、事故発生
の前兆検知、電力の有効活用、負荷の平準化を支援します。

スポットライト

17インチ ディスプレイモニタ “RD17G”

最近のパーソナルコンピュータの高性能化により、表示デバイスとしてのCRTディスプレイモニタにも高性能(大画面化、高解像度化等)が求められています。また、エルゴノミクスの見地から、白地に黒で表示するリバーズ表示が一般化し、白色均一性、画面ひずみ、モアレ等の市場要求がより厳しくなってきました。

このたび、かかる市場の強いニーズを満足する17インチ“ダイヤモンドトロン”CRTを搭載した高解像度ディスプレイモニタ“RD17G”を製品化しました。

特 長

(1) 高解像度

エンジニアリングワークステーションやCADなどプロ用ディスプレイモニタで定評のあるアパーチャグリル方式に、優れたフォーカス性能を誇る当社独自のNX-DBF電子銃を結合したダイヤモンドトロンブラウン管を初めて採用しました。回路はデジタル制御により、明るく、高コントラスト、グリルピッチ0.25mmという高解像度(水平周波数24kHz~86kHz)、しかも画面周辺まで最適なフォーカスを実現しました。

また、パネル表面には外光反射を抑え、ホコリなどの付着の原因となる静電気を発生しない帯電防止低反射コーティング(Kコーティング)を採用しました。

(2) 簡単な操作で高精度に調整するメニュー画面コントロール

モニタのあらゆる調整メニューをオンスクリーン表示しながら、簡単な操作で高精度にコントロールできます。画面サイズや位置の調整をはじめ、マニュアル操作では面倒だったひずみや色調、ピュリティまで簡単な操作で調整可能です。また、コントロールボタン類はフロントベゼル内に収納された操作パネル上に配置され、使用時には斜め上方に向き快適な操作環境を提供します。

(3) ボタン一つで最適画面を自動設定するワンタッチ画面調整

パソコンとモニタを初めて接続する場合、モニタ側で画面幅、画面位置の調節が必要となることがあります。ワンタッチ画面調整は、パソコンから出力されるビデオ信号をモニタ内のCPUが計測して、自動的に画面の最適なサイズ、位置を調整します。

(4) D-SUB/BNCの2系統入力

信号入力は、D-SUB15ピンコネクタと5BNCコネクタを装備し、2台のパソコンを接続して切り換えながら使用することが可能です。

(5) 奥行き425mmの省スペースボディ

17インチダイヤモンドトロンブラウン管の採用で、従来の当社モニタ比で約15mm短い超コンパクトボディを実現しました。

また、ケーブル差込み口を25mm内側に入れることにより、壁側に設置する際は更にスペースをセーブできます。



高解像度ディスプレイモニタ “RD17G”

三菱電機では、1991年から社内で運用し、蓄積したノウハウをベースに、電子部品情報システム“素子画(SOCIE)”を開発、製品化しました。

“素子画”は、部品メーカーから配布される膨大な量のデータブックやデータシートなどの紙ベースの部品カタログ情報を電子化し、また社内で保有する各種部品情報を統合管理することで、設計業務の20%以上を占めると言われる電子部品の情報収集、選択業務を効率化するシステムです。

また、部品情報として設計情報・資材発注情報・製造情報・品質情報を登録することにより、設計から発注、生産、検査にいたるまでの作業の効率化を実現し、PDM(Product Data Management)実現のための中核システムへと拡張できます。

特 長

●社内保有部品情報のデータベース化が可能

データベース構築・変更機能により、ユーザごとに異なる社内保有部品情報を容易にデータベース化できます。

設計者が部品選択時に参照する部品情報としては、以下のような情報があり、これらの部品情報を部品カタログ情報と統合化して検索できます。

- 設計情報 … 利用ノウハウ、CADライブラリ情報
- 資材発注情報… 価格、発注実績、購入規格番号
- 製造情報 … 組立条件、はんだ付け条件、洗浄可否
- 品質情報 … 認定・推奨情報、不具合履歴、不良率

また、部品ごとにイメージ情報を関連付けする機能により、不具合履歴に対応した不具合レポートなどをイメージで格納し、必要に応じて参照することができます。

●定期的に更新された最新のカタログ情報が利用可能

部品情報提供業者が定期的にアップデートして提供する最新の電子部品カタログ情報として、以下のデータをシステムに取り込んで検索することができます。

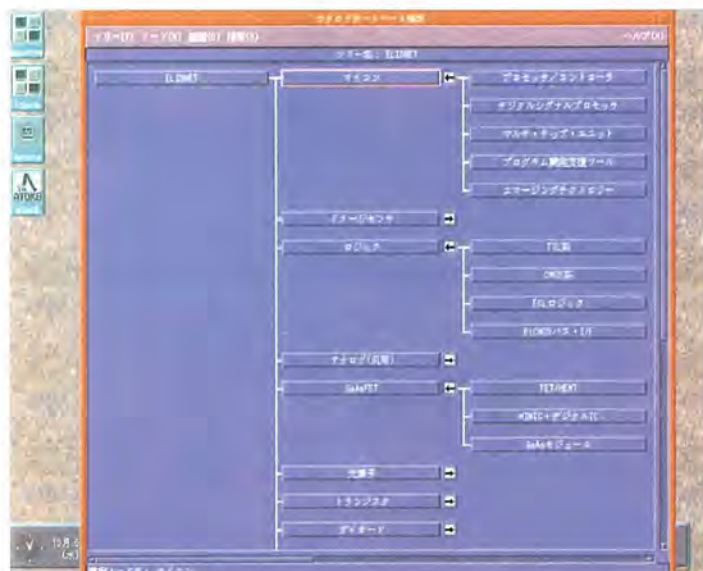
- 電子デバイス情報サービス社提供“ELISNET”
- 米国IHS社提供“CAPSXpert”

これにより最新の部品カタログ情報を継続的に収集、入力、維持・管理する作業から解放されます。また、設計者は機能やスペックを条件指定して部品を検索することが可能になります。

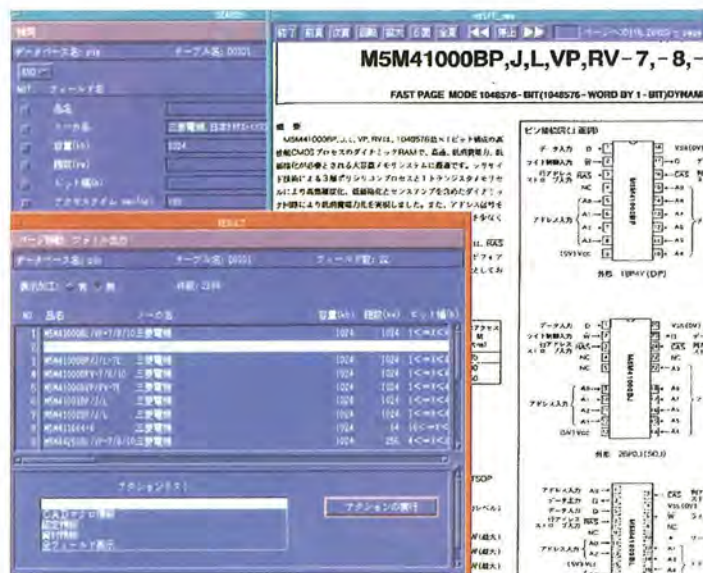
●既存システムに存在する部品情報の統合

部品の資材発注情報などは既に資材管理システムで管理されているなど、設計者が参照したい部品情報の一部は既存のシステム上で管理されている場合があります。

このように既存の各種システムに散在する部品情報は、“素子画”にファイル転送し、一括登録できます。これにより、部品情報の一元管理による情報の統合化が図れます。



電子部品の分類体系のツリー構造表示画面



電子部品の検索画面

●カスタマイズ機能により機能拡張が容易

カスタマイズ機能を利用すれば、検索結果として得られた部品情報を受け取って処理をするプログラムをシステムに埋め込むことが容易に実現できます。

この機能を利用すれば、部品情報としてCADのライブラリ名を登録しておき、部品選定後、CADでそれらの部品のライブラリ呼出しを容易化する、あるいはCADから出力される集計情報と部品情報をリンクし、部品表を自動生成し、コスト見積り、部品手配など業務の効率化を図る、といった最適なシステム構築が容易に実現できます。

スポットライト

小型ビルディングブロック形 FAコントローラ“LM610”

FAシステム構築のキーコンポーネントとして、FAコントローラにはますます高機能化・高性能化が求められています。“MELSEC-LM610”は、これらのニーズに対応するため、優れた耐環境性及び三菱汎用シーケンサとの親和性に加え制御盤への組込みに最適なビルディングブロック方式を採用した、システムアップの容易な製品です。



特 長

(1) 拡張性の高いシステム構成

- 豊富な機能を機能別にユニット化し、ベースに組み込むビルディングブロック方式を採用し、“MELSEC-Aシリーズ”シーケンサと同一のコンパクトサイズを実現
また、各ユニットの操作・着脱は前面から可能
- CPUユニットは、i386SL^(注1)タイプに加えi486SX^(注1)、i486DX2搭載タイプを品ぞろえ
- オプションユニットは、補助記憶装置関連ユニットとしてFD、HD及びICメモリカードの3種類が使用可能
また、通信機能関連ユニットとして、10種以上のインタフェースユニットを品ぞろえし、高速データ交信が可能

(2) シーケンサとの抜群の親和性

- “MELSEC-Aシリーズ”シーケンサとのインタフェースユニットによるバス接続高速通信が可能
- “MELSECNET/10”インタフェースユニットによって10Mbpsの高速通信を実現

(3) 優れた耐環境性

- 外部ノイズ、周囲温度、湿度、耐振動、電源変動等に対する耐環境設計により、FAの現場環境に対応可能

(4) 高信頼性

- 十数項目にわたるRAS機能を専用のゲートアレーで1チップ化し、ユニット前面のLEDでエラー表示
- HDはカートリッジタイプを採用し、保守性を向上

(注1) “i386”“i486”は、米国Intel社の商標である。

(注2) “MS-DOS”は、米国Microsoft Corp.の登録商標である。

CPUユニット仕様

項 目		仕 様		
形 名		L61CPU	L61CPUH	L61CPUH 2
電源電圧変動範囲		AC85～132V／AC170～264V、50／60Hz± 3 Hz		
使用周囲温度		0～55℃ (FD実装時は5～40℃)		
使用周囲湿度		10～80%RH (HD、FD実装時)		
ノイズ耐量		ノイズ電圧1.500V _{rms} 、ノイズ幅1μs、ノイズ周波数25～60Hzのノイズシミュレータによる		
C P U		i386SL (25MHz)	i486SX (25MHz)	i486DX 2 (66MHz)
キャッシュメモリ	内蔵	なし	8 Kバイト	
	外付け	64Kバイト	256Kバイト (オプション)	
主メモリ	標準	2 Mバイト	なし (オプション)	
	拡張	～12Mバイト	～32Mバイト	
ICメモリカードインタフェース		ICメモリカード (JEIDA規格) ×1枚装着可能		
表示準拠規格		日本語VGA (AX-VGA/H) SVGA (オプション)		
解 像 度		640×480ドット	640×480ドット 1,024×768ドット (オプション)	
外部インタフェース		・アナログ／ディジタルVGA (各1ch) ・RS-232C (2ch) ・セントロニクス (1ch) ・キーボード (1ch)		
RAS機能		・自己診断 ・ウォッチドグタイム ・バッテリーエラー検出 ・電源ON時起動チェック ・パリティチェック (主メモリ) ・温度上昇エラー検出 ・A C断検出 ・オプションユニットエラー検出 ・ハードウェアステータス表示LED ・外部入出力		
外 形 寸 法 (mm)		(W)392×(H)250×(D)165 (オプション6スロットベース使用時)		

また、24時間稼働のシステムに対応するため、HDをミラーリングしたインタフェースユニットを用意

(5) ソフトウェアの充実

- 独立したMS-DOS^(注2)環境 (仮想マシン) で複数のアプリケーションソフトを同時に処理させるMTM機能 (Multi Tasker for MS-DOS) によって、マルチタスク処理を実行可能。また、市販のMS-DOSアプリケーションソフトウェアパッケージをマルチタスク環境下で活用も可能
- グラフィックエディタ機能、プログラムレスモニタ機能を始め、シーケンスプログラムの作成、回路モニタ用のGPP機能などに対応した各種アプリケーションソフトウェアパッケージ、ライブラリの提供により、リアルタイムなデータ収集、ビジュアルなモニタリングなどを実現可能

オプションユニット

形 名	仕 様
補助記憶装置	
L6FD	フロッピーディスクユニット (3.5インチ×1基内蔵)
L6HD	ハードディスクインタフェースユニット (カートリッジ式HD×1基装着可能)
L6HDM	ミラーハードディスクインタフェースユニット (開発中) (カートリッジ式HD×2基装着可能)
通信機能関連	
L6J71AP21	MELSECNET (II) (光) インタフェースユニット
L6J71AR21	MELSECNET (II) (同軸) インタフェースユニット
L6J71LP21	MELSECNET/10 (光) インタフェースユニット
L6J71BR11	MELSECNET/10 (同軸) インタフェースユニット
L6AF-S2	シーケンサMELSEC-Aバスインタフェースユニット
L6RS2	RS-232C (2ch) インタフェースユニット
L6SEC	SECSインタフェースユニット
L6BSC	BSCインタフェースユニット
L6J71E71	Ethernetインタフェースユニット
L6X40Y40	ディジタル入出力ユニット (DC入出力各16点)

今日、FA現場では、

- 制御盤の省スペースを図りたい
- 機械を小型化したい
- 中継端子台をなくしたい
- 盤内、盤間の配線工数を減らしたい

など、小型、省スペース、省配線システムを求める声が多く聞かれます。これらを実現する省配線用機器の“MELSEC-I/OLINK”が大きな威力を発揮します。

特 長

(1) 配線工数の削減

盤内において中継端子台の代わりとなり、シーケンサとの配線工数が大幅に削減できます。

(2) コンパクトサイズ

コンパクトなボディで省スペースを実現しました。

4点タイプ：(W) 82×(H) 45×(D) 65 (mm)

8点タイプ：(W) 114×(H) 45×(D) 65 (mm)

(3) プログラムの容易化

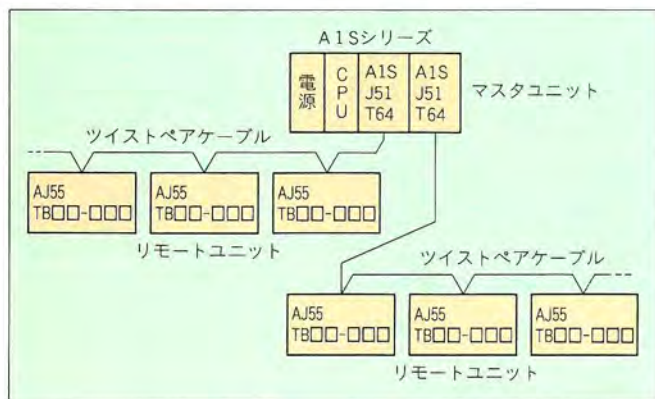
マスタユニットは通常のI/Oと同じX/Yデバイスでプログラミングできます。

(4) フレキシブルな取付け

盤への取付けが、ねじとDINレールのどちらでも可能です。

(5) 安価な配線

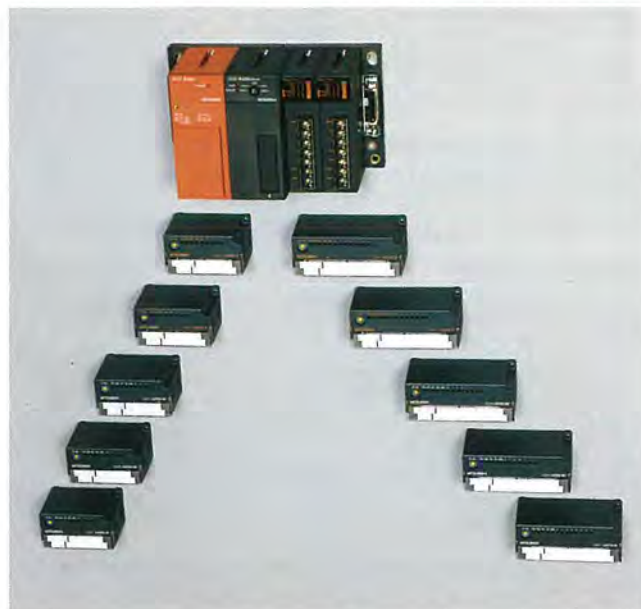
マスタユニット、リモートユニット間の通信線接続として、安価なツイストペアケーブルを採用しました。



システム構成例

性能仕様

項 目	仕 様
マスタユニット 1台当たり	最大リンク局数 16局（4点/1局）
	入 力 64点
	出 力 64点
I/Oリフレッシュ時間	約5.4ms
通 信 速 度	38.4kbps
最大総延長距離	200m
マスタユニット入出力占有点数	64点



MELSEC-I/OLINK製品群

(6) 通信ダウン防止

マスタ、リモート間のバス（マルチドロップ）接続採用により、1台のリモートの故障が全体の故障につながりません。また、マスタユニットの前面のLEDにどのリモートが異常かを表示しますので、故障の復旧が素早くできます。

(7) 終端抵抗接続不要

通常のツイストペアケーブルの通信の接続には必要となる終端抵抗を不要にしました。

(8) 外部機器との接続の容易性

2線式、3線式センサや2線式負荷がそのまま接続できる端子台配列としているため、コモン接続が不要になり接続が容易です。

機器構成表

名 称	形 名	仕 様
マスタ ユニット	A1SJ51T64	AnSのI/Oスロットに装着するマスタユニット リモート最大64点（16局）制御可能 （8点入出力複合ユニット使用時最大128点）
	AJ55TB 3-4 D	3線式DC24V入力4点、シンク・ソース共用
リモート ユニット	AJ55TB 3-8 D	3線式DC24V入力8点、シンク・ソース共用
	AJ55TB 2-4 T	2線式トランジスタ出力4点、0.5Aシンク
	AJ55TB 2-8 T	2線式トランジスタ出力8点、0.5Aシンク
	AJ55TB 2-4 R	接点出力4点
	AJ55TB 2-8 R	接点出力8点
	AJ55TB32-4 DT	3線式DC24V入力2点、シンク・ソース共用 2線式トランジスタ出力2点、0.5Aシンク
	AJ55TB32-8 DT	3線式DC24V入力4点、シンク・ソース共用 2線式トランジスタ出力4点、0.5Aシンク
	AJ55TB32-4 DR	3線式DC24V入力2点、シンク・ソース共用 2線式接点出力2点、2A
	AJ55TB32-8 DR	3線式DC24V入力2点、シンク・ソース共用 2線式接点出力2点、2A

スポットライト マイクロシーケンサ“FX_{0N}シリーズ”

シーケンサの分野においては、昨今のダウンサイジング化の傾向の中で、更なる小型化・高機能化が求められています。

三菱電機㈱では超小型マイクロシーケンサ“MELSEC FX₀シリーズ”に引き続き、FX₀（14、20、30点形）のコンセプト“ピコサイズ”はそのままに、I/O増設によって入出力が40～128点まで自由に構成でき、より一層対応分野の拡張が図れるシーケンサ“FX_{0N}シリーズ”を開発・製品化しました。

特 長

(1) 広がる用途のピコサイズ

- 三菱電機製F1/F2シリーズシーケンサに比べ取付面積で41%、容積で37%に小型化し、寸法上の制約で使えな



マイクロシーケンサ FX_{0N}-60MR

った小型機械まで用途が広がります。

(2) フィックス&フレキシブル

- 基本ユニットに増設ユニットや増設ブロックを用いることにより、入出力点数40～128点までをフレキシブルに組み合わせることができます。

(3) 取扱い性、保守性も更に充実

- プログラムメモリにEEPROMを標準装備し、2,000ステップまでのプログラム、パラメータ、コメントなどがバッテリーレスで停電保持できます。

さらに、FX用のEPROM、EEPROMメモリカセットが使用でき、プログラムの保持や離れた場所への輸送も便利になります。

- 本体にRUN/STOPスイッチを内蔵しており、手軽に運転/停止が行えます。

- アナログタイマ用ボリュームを2点内蔵しており、シーケンサを熟知していない方でも手軽にタイマの調整ができます。

(4) 小さくても安心の高機能・高性能

- 補助リレー521点、ステート128点、タイマ64点、カウンタ32点、データレジスタ256点、ポインタ64点、割込み用入力4点と豊富なデバイス容量を持っています。

- シーケンス命令、SFC命令、四則演算などの応用命令のほかに、パルス列出力やパルス幅変調等の多数の特殊機能を搭載しています。

(5) ネットワークの子局に使用可能

- FX_{0N}-16NT形MELSECNET/MINI用インタフェース（近日発売）を用いることにより、Aシリーズシーケンサの子局としてネットワークに接続できます。将来的に工場全体を集中管理する計画があるところにも安心してご利用いただけます。

(6) FXシリーズと互換

- 既存のFXシリーズ用周辺機器をそのまま使用可能です。ただし、FX₀シリーズ用ケーブルやケーブルアダプタが必要となります。このため、FX-10P、FX-20P形ハンディプログラミングパネルについては、FX₀用専用ケーブルを付属したタイプも準備しています。

機種一覧

機種区分	形名	備考	
FX _{0N} シリーズ基本ユニット	FX _{0N} -40MR	入力24点	リレー出力
	FX _{0N} -40MT	出力16点	トランジスタ出力
	FX _{0N} -60MR	入力36点	リレー出力
	FX _{0N} -60MT	出力24点	トランジスタ出力
FX _{0N} シリーズ増設ユニット	FX _{0N} -40ER	入力24点、出力16点リレー出力	
FX _{0N} シリーズ増設ブロック	FX _{0N} -8EX	入力8点（入力専用）	
	FX _{0N} -8EYR	出力8点	リレー出力
	FX _{0N} -8EYT	（出力専用）	トランジスタ出力
FX _{0N} シリーズ特殊ブロック	FX _{0N} -16NT	M-NET/MINIインタフェースブロック（ツイストワイヤ）	

今日の携帯電話の普及は目覚ましく、今後その普及率は、更に加速されるものと思われます。この携帯電話の小型・軽量化に伴い、内蔵されるICの小型化や、電池の本数を減らして軽量化を図るための低電圧動作化が求められています。これまでは低電圧動作化と小型化を両立させることは不可能でしたが、当社はウェーハプロセスの微細化、最適化、及び高調波まで考慮した出力整合回路の最適設計によって、業界で初めて、小型化と低電圧動作を実現した製品を開発しました。

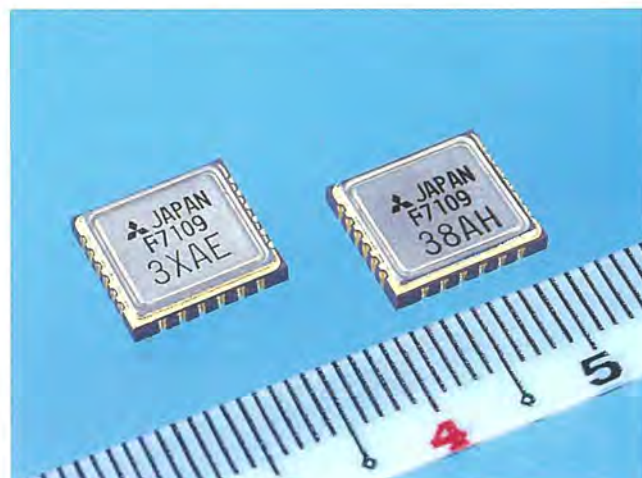
特 長

(1) 低電圧動作・高効率・高出力を実現

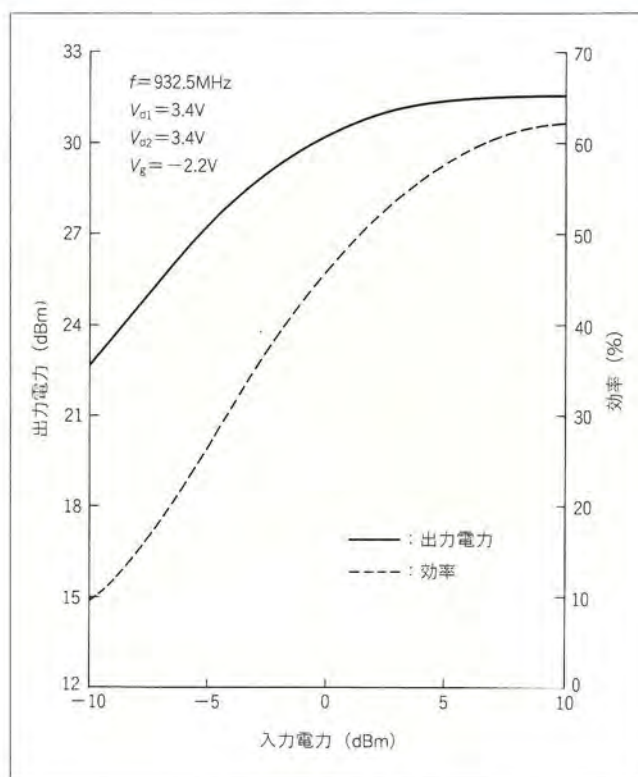
アナログ携帯電話の送信部に使用されるMMICであり、GaAsFETを用いた2段増幅器で構成されています。ウェーハプロセスの微細化、最適化、及び高調波まで考慮した出力整合回路の最適設計によって、3.4Vの低電圧動作で高効率（ $\eta=60\%$ ）、高出力（1.2W）を実現しています。

(2) 超小型リードレスパッケージで小型・軽量化が可能

従来の携帯電話に使用されていたハイブリッドモジュールと比べ、パッケージの小型化（ $20 \times 12 \times 4$ (mm) \rightarrow $10 \times 9.2 \times 1.8$ (mm))を実現しましたので、セットの小型化に寄与します。また低電圧動作を可能にしたため、電池の本数を減らすことができますので、更なる小型・軽量化が可能です。



MGF7109外形



MGF7109の入出力特性

電気的特性

項 目	MGF7108	MGF7109
周 波 数 (MHz)	898~925	925~940
出 力 電 力 (dBm)	31.0 (Typ.)	
効 率 (%)	60.0 (Typ.)	
高 調 波 (dBc)	2 次	-30 (Max.)
	3 次	-25 (Max.)
	4 次	-20 (Max.)
入力VSWR	3 (Max.)	
ゲート電圧 (V)	-2.2 (Typ.)	
パッケージ寸法 (mm)	10×9.2×1.8	



第二世代デジタル保護リレー

近年の電力需要の増大は電力系統を一層複雑化、巨大化させており、電力の安定供給に向けて電力系統保護リレーシステムに課せられた責務はますます厳しくなりつつあります。第二世代デジタルリレーの基本構想は機能・性能・信頼性の向上と運用保守面に主眼を置いたユーザフレンドリなシステム構成にあり、新しい時代のニーズにこたえるものです。

特 長

従来の32ビットデジタルリレーの演算機能を高度化し、拡張性に富む柔軟なシステム構成としています。

(1) 高精度・高速A/D

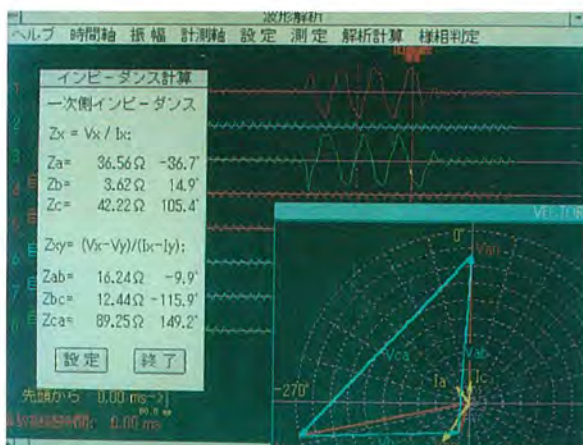
16ビット高速A/D変換器を開発し、従来の8倍のサンプリングを実現。オーバサンプリング技術の応用によりアナログデータの精度を格段に向上させました。

(2) 演算性能の高度化

高性能マイクロプロセッサによる分散マルチCPU方式の適用により、リレー性能の高機能化と大容量メモリによるデータセーブ能力の大幅拡大を実現しました。



グラフィックマンマシンインタフェース



応動解析ツール画面

(3) 高性能グラフィック マンマシンインタフェース

運用保守性の向上のため、フラットディスプレイ、タッチパネルを適用した新しいマンマシンインタフェースを導入しました。

表示部……大型フラットディスプレイ（640×480ドット）の採用により、リレー応動などを見やすい図表を用いて表示します。

操作部……タッチパネル（超音波方式）の採用とメニュー選択、ガイダンス方式によるサポートで使いやすさを重視しています。

(4) 知識工学を応用した故障診断システム

自己診断機能を更に発展させ、知識工学における推論手法をコンパクトに応用した故障部位特定、障害対処方法のガイダンス機能を搭載しています。また故障検出手法についても発生頻度や周期をベースとした新しい考え方を導入し、信頼性・稼働率向上を図っています。

(5) ネットワーク化指向

運用保守の対応機能を充実させ、リモート保守支援システムの結合を容易にしています。