

MITSUBISHI
Changes for the Better

家庭から宇宙まで、エコチェンジ



三菱電機技報

5

2013

Vol.87 No.5

暮らしを支えるネットワーク技術



目次

特集「暮らしを支えるネットワーク技術」

暮らしを支えるネットワーク技術特集に寄せて 1
西村隆司

社会を支えるネットワーク技術 2
赤川正英・北川健一・竹田 元

GE-PONシステムのサービス展開 8
斐藤 憲・浜岡聡浩・大塚 博・中瀬卓也

クラウドサービスを支える通信ゲートウェイ技術 13
別所雄三・鹿島和幸・大塚貴弘

3G/LTE共用フェムトセル無線基地局装置 19
御宿哲也・中澤正幸・武啓二郎・福井範行

100Gbps長距離伝送技術 23
佐藤升一・新宅宏彰・小口和海・石田和行

“メルックμ⁺”システム 27
寺内弘典・山本良和・豊田晋二郎

新しい高性能映像符号化技術“HEVC” 31
山田悦久・関口俊一・坂手寛治

北陸新幹線列車無線システムのデジタル化 35
後藤泰史・山崎 誠・玉木 洋

一般論文

2画面ディスプレイ技術 39
石川敬充・石口和博・永野慎吾・西岡孝博・佐竹徹也

高視認性TFT-LCD技術 43
大槻英世・清原 徹

産業用投影型静電容量方式タッチパネル 47
森 成一郎・岡野祐一・宮原景泰・中川直紀・上里将史

オールOSSによる通信事業者向け
大規模メールサーバ構築へのアプローチ 51
稲垣尚史・小杉英司・川野啓一・松下年伸・福島慎一

Network Technologies for Life and Society

Contribution to Special Issue on Network Technologies for Life and Society
Takashi Nishimura

Network Technologies for Society

Masahide Akagawa, Kenichi Kitagawa, Hajime Takeda

Service Deployment of GE-PON System

Ken Saito, Akihiro Hamaoka, Hiroshi Otsuka, Takuya Nakase

Communication Gateway Technology to Support Cloud Services

Yuzo Bessho, Kazuyuki Kashima, Takahiro Otsuka

Base Transceiver Station for 3G/LTE Dual Femto-cell Wireless Communications Systems

Tetsuya Mishuku, Masayuki Nakagawa, Keijiro Take, Noriyuki Fukui

100Gbps Long Distance Transmission Technology

Shoichi Sato, Hiroaki Shintaku, Kazuumi Koguchi, Kazuyuki Ishida

“MELOOK μ⁺” System

Hironori Terauchi, Yoshikazu Yamamoto, Shinjiro Toyota

“HEVC”: New Video Coding Technology with High Coding Performance

Yoshihisa Yamada, Shunichi Sekiguchi, Hiroharu Sakate

Digital of Train Radio System for Hokuriku Shinkansen

Yasushi Goto, Makoto Yamazaki, Hiroshi Tamaki

Dual Directional Display Technology

Yoshimitsu Ishikawa, Kazuhiro Ishiguchi, Shingo Nagano, Takahiro Nishioka, Tetsuya Satake

High Image Quality Technologies for TFT-LCD

Hideyo Ohtsuki, Toru Kiyohara

Projected Capacitive Touch Screen for Industrial Use

Seiichi Mori, Yuichi Okano, Kageyasu Miyahara, Naoki Nakagawa, Masashi Agari

Large-scale Email and Messaging Service System based on Open Source Software for Telecommunications Carrier

Naoki Inagaki, Eiji Kosugi, Keiichi Kawano, Toshinobu Matsushita, Shinichi Fukushima

特許と新案

「パラレルプリコーダ回路」「移動体通信システム」 55

「光送信器の誤発光防止回路」 56

スポットライト

“くっきり”“かんたん”“なめらか”

デジタルCCTVシステム“MELOOK μ II”



表紙：暮らしを支えるネットワーク技術

東日本大震災以降、個人のライフスタイルや企業のビジネスモデルは大きく変化し、人々の暮らしや社会における“安全・安心”“快適性・利便性”の向上と“高い省エネルギー性”の両立がより一層求められている。三菱電機はその実現に向け、これまでに培った光通信技術、無線通信技術、IPネットワーク技術といったネットワーク技術と様々な産業分野との技術融合によって、新たな価値を創造した製品を提供して、豊かな社会の実現に貢献していく。

表紙ではその一例として、①高機能・高精細な映像監視を経済的に実現し、安全・安心を支えるデジタル監視カメラシステム(メルックμ⁺システム)、②家庭内の様々な機器をネットワークに収容し、ネットワークサービスやエネルギー管理サービスを提供し、快適性・利便性の向上と高い省エネルギー性の実現を支える通信ゲートウェイを示した。

巻/頭/言

暮らしを支えるネットワーク技術特集に寄せて

Contribution to Special Issue on Network Technologies for Life and Society

西村隆司

Takashi Nishimura



1990年代の海底ケーブルに代表される基幹系ネットワークへの波長多重伝送方式適用による高速化・大容量化に続き、電話局から加入者宅までの光ファイバを有効活用できるPON(Passive Optical Network)技術を適用したFTTH(Fiber To The Home)の展開によって、2000年代にアクセスネットワークの高速化が実現された。これらのネットワークを活用することで、一般加入者が低廉な価格でギガビットクラスの高速・広帯域な通信サービスを受けることが可能となり、2012年9月末の国内FTTH加入者は2,320万加入まで拡大した。

また無線アクセスネットワークにおいても携帯電話会社のLTE(Long Term Evolution)サービスやモバイルWiMAX(Worldwide Interoperability for Microwave Access)サービスの展開で、無線アクセスネットワークの高速化・大容量化が進み、パソコンに匹敵する機能を持つスマートフォンやタブレット端末の普及が本格化した。

総務省主導で推進してきたu-Japan政策の目標であるユビキタスネットワーク社会の実現、すなわち“いつでも、どこでも、何でも、誰でも、ネットワークに簡単につながる社会の実現”に関して、技術・サービス・各種機器などの環境が整った。今後は、人と情報が集積し、イノベーションが創り出される環境整備が求められている。特に人と人との結びつきにとどまらず、モノとモノとの間(M2M)でも、人間を介在せずに情報を収集・伝送・解析等利活用することで新サービス・ビジネスの創出が期待されている。

東日本大震災以降、個人のライフスタイルや企業のビジネスモデルは大きく変化し、人々の暮らしの“安全・安心”“快適性・利便性”の向上と“高い省エネルギー性”の両立がより一層求められている。その実現には、光通信技術、無線通信技術、IPネットワーク技術といったネットワーク技術の進化に加え、様々な産業分野との技術融合が不可欠である。

家庭では、PONシステムなどによる電話やパソコンのインターネット接続だけでなく、通信ゲートウェイを介して家電製品や自動車など、家庭内のあらゆる機器がネットワークにつながり、人々の暮らしがより快適で楽しく便利なものになる。

ビル／店舗／工場などの企業分野では、高速・大容量の基幹系／アクセス系通信システムやLTEフェムト基地局等を介して、クラウドサービスやSNS(Social Networking Service)に代表される高度なネットワークサービスが普及し、業務の効率化、利便性の向上、新しい価値の創造が進んでいく。また、監視カメラや各種センサのネットワーク収容によって、設備の状態や環境情報などを可視化し遠隔制御することで、安全・安心で高い省エネルギー性に配慮したシステムが実現できる。

社会インフラの分野では、スマートグリッドなどに適用される特定小電力無線技術を活用した電力メータ・ガスメータからの情報収集、鉄道沿線や河川等の環境モニタリングや遠隔監視、大容量LCX(Leaky Coaxial cable system)無線技術適用による高速鉄道での高速インターネット接続など、エネルギー／交通／公共分野などで、さらに安全で便利な、地球環境に配慮した新しいサービスが提供される。

三菱電機は、豊かな社会構築に貢献する“グローバル環境先進企業”を目指し、“環境・エネルギー”“社会インフラシステム”分野での事業展開とその“グローバル展開”に取り組んでいる。今回の特集では、当社の担当する各事業分野において、暮らしの“安全・安心”“快適性・利便性”の向上と“高い省エネルギー性”の実現を支えるネットワーク技術の事例を紹介する。

当社は、これまでに培った光通信、ワイヤレス通信及び監視カメラ／各種センサ／通信ゲートウェイなどのネットワークのイノベーションを支える技術開発、製品開発を推進し、“Changes for the Better”の精神で、より良い社会の実現を目指していく。

巻頭論文

社会を支えるネットワーク技術



赤川正英*



北川健一**



竹田 元***

Network Technologies for Society

Masahide Akagawa, Kenichi Kitagawa, Hajime Takeda

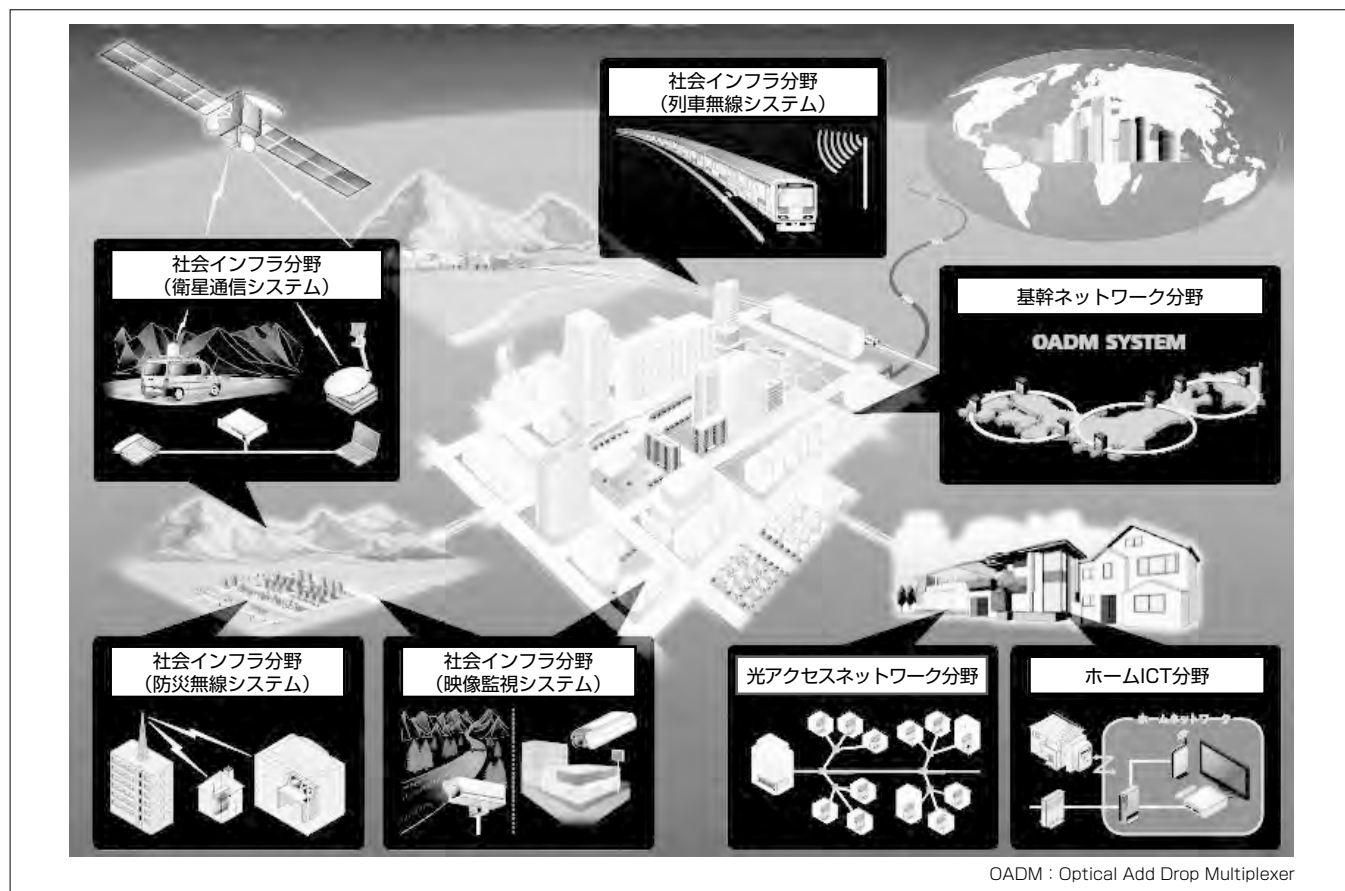
要 旨

超高齢社会の到来、労働力人口の減少、環境・エネルギー問題、震災からの早期復興等、我が国が抱えるこれら課題を解決する手段として情報通信技術の活用が期待されている。一方、総務省平成24年度版情報通信白書によると中国、韓国などのアジアを中心とした通信インフラ機器ベンダーの台頭による競争激化や北米IT企業の躍進を背景として情報通信分野における日本のICT (Information and Communication Technology) 産業の国際競争力が低下していると言われている。日本ならではの新たなビジネスモデルを構築して再浮上させる必要がある。今後は情報通信技術を進化させることに加えて、システム構築技術を強化し、家庭、ビル／店舗／工場、社会インフラ等の様々な分野のシステムに組み込んで利用者のニーズに合致した価値を提供することが重要となる。

三菱電機では、これまで光アクセス技術、メトロネットワーク技術を始め、無線通信技術、映像監視技術等の最新技術を装置やシステムに組み込んで提供している。さらに、通信装置の低消費電力化、スマートグリッド／スマートコミュニティへの取組み等、地球環境保護にも取り組んでいる。

ここで適用されるネットワーク技術は通信・電力事業者のインフラにとどまらず、宅内システム、鉄道通信システム、防災無線システム、衛星通信システム、映像監視システム等の広範な産業分野に組み込まれるものである。

当社は、これまで培ってきたネットワーク技術を進化させるとともに、それを各産業分野で保有する技術・経験と融合させ、グローバル環境先進企業として新たな価値の創造と豊かな社会の実現に貢献していく。



暮らしや社会を支える三菱電機の通信システムソリューション

当社は、これまで培ってきた光ネットワーク技術、ホームICT技術、映像監視技術及び無線技術を家庭、ビル／店舗／工場、社会インフラ等の様々な分野のシステムに組み込んで利用者ニーズに合致した価値を提供することによって豊かな社会の実現に貢献する。

1. ま え が き

1.1 情報通信分野の動向

国内外における近年の情報通信分野の動向を俯瞰(ふかん)すると、国内では総務省が推進してきたu-Japan政策の目標であるユビキタスネットワーク社会の構築がFTTH(Fiber To The Home)の浸透及びLTE(Long Term Evolution)を始めとするワイヤレスブロードバンドの発展によってほぼ完了した。次のステップとして、社会をとりまく様々な課題を解決するために情報通信技術を活用することが期待されている。

一方、海外では新興国、特にアジア太平洋地域への情報通信インフラ投資が急ピッチで進んでおり(図1)、海外市場開拓の余地が残されている⁽¹⁾。

インターネット及びスマートフォンの世界規模での普及、中国、韓国などのアジアを中心とした通信インフラ機器ベンダーの台頭による競争激化、AppleやGoogleなどの北米IT企業の躍進を背景として情報通信分野におけるビジネスモデルは変革の時を迎えている。国内、海外とも今後は情報通信技術を進化させることに加えて、それを家庭、ビル／店舗／工場、社会インフラ等の様々な分野のシステムに組み込んで利用者のニーズに合致した価値を提供するシステム構築技術が欠かせないものとなっている。このシステム構築技術によるソリューションの提供によって日本ならではの行き届いた新サービス・ビジネスの創出が期待される。

1.2 グローバル環境先進企業としての当社の取組み

当社は、これまで光アクセス技術、メトロネットワーク技術を始め、無線通信技術、映像監視技術等の最新のネットワーク技術の先駆的な研究開発を進め⁽²⁾⁽³⁾、これらのネットワーク技術を装置やシステムに組み込んで製品化している。さらに、通信装置の低消費電力化など、地球環境

保護にも取り組んでいる⁽⁴⁾。これまで進化させてきたネットワーク技術を通信事業者のインフラから他の分野へ拡大させ、宅内システム、鉄道通信システム、防災無線システム、衛星通信システム、映像監視システム等の広範な産業分野で保有する技術・経験と融合させたソリューションを提供する活動に取り組んでいる。

(1) 光ネットワーク技術の進化

世界のインターネット帯域は2007～2011年の間に6倍以上拡大⁽¹⁾する一方、通信機器の小型化や省エネルギー性能が強く求められるようになってきている。このような状況を踏まえ、光コア・メトロネットワーク装置の100Gbps化、光アクセスネットワーク装置の高密度化、10Gbps化、高機能化及び光通信モジュールの高速・大容量化及び低消費電力化に向けた先行的な開発を進めている。

(2) システム構築技術の強化

国内で実績を持つ映像監視システム、列車無線システム、防災無線システム及び衛星無線システムに加えて、近年多くの産業分野で採用されているクラウド型システムに対しても国内で実績を持つ通信ゲートウェイ技術、光ネットワーク技術や無線技術を活用したシステム構築に取り組んでいる。具体的には、家庭やビルのエネルギー管理システムの開発や海外の工業団地スマートコミュニティ向けデマンドサイドマネジメントシステム等で事業化に向けた実証実験を推進している。

本稿では、家庭、ビル／店舗／工場、社会インフラの各分野に分けて、これらの取組みについて述べる。

2. 家庭を支えるネットワーク技術

2.1 ホームICT関連技術

(1) 通信ゲートウェイ

近年、企業向けクラウドサービスの普及、宅内機器の高度化及び宅内機器へのソフトウェアを配信可能にする規格(Java^(注1)ベースのサービスプラットフォームを提供するOSGi^(注2)(Open Service Gateway initiative)標準仕様⁽⁵⁾など)が整備されてきたことによって、宅内へもクラウドサービスを提供できる環境が整いつつある。提供サービスとしては、HEMS(Home Energy Management System)などのエネルギー管理サービスや電力の需給バランスを確保するデマンドレスポンスサービスなどが注目されている。こうした中、宅内ネットワークとクラウドを連携させる通信ゲートウェイは様々なサービスを宅内に提供する機器として重要な役割を担っている。

当社では、クラウドサービス事業者向け通信ゲートウェイを製品化した。この通信ゲートウェイは、多様なサービスを柔軟に提供可能であること、豊富な宅内インタフェースを備えていること、充実したリモートメンテナンス機能、容易にセキュアな通信が実現できること等の特長を持つ。

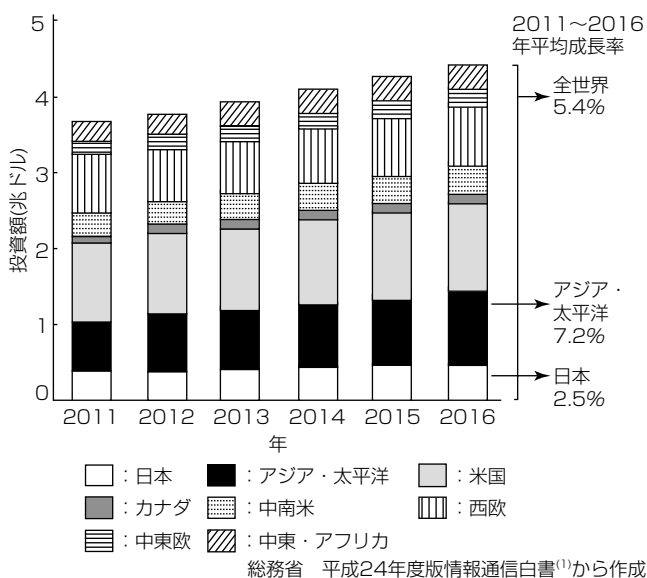


図1. 世界のICT投資規模

また、家電制御のためのECHONET Lite^{(注3)(6)}ソフトウェアを装備し、HEMSやBEMS(Building and Energy Management System)等のアプリケーションを、OSGi上で動作可能とした⁽⁷⁾⁽⁸⁾。

通信ゲートウェイは、ホームICT関連のサービスだけでなく、ビル、工場、車上等、様々な場所に設置し、エネルギー管理、見守り、防災、医療・健康管理、教育等、多様なサービス分野で活用可能である(図2)。

(2) IPセットトップボックス

IPネットワークを利用して映像やドラマなどの映像を配信するサービスであるIPTV(Internet Protocol TeleVision)は家庭のブロードバンド環境をいかして順調に利用者を増やしている。最近では、番組と連携したショッピングなど、新しいサービスも提供されている。

IPセットトップボックス(IP-STB)は、テレビとブロードバンド回線の間に設置し、ブロードバンド回線から受信したテレビ番組などのデジタル信号を、テレビで視聴可能な信号に変換する装置である。

当社は、これまでに培ってきた通信技術と映像系マルチメディア技術を融合させたIP-STB製品の開発に取り組んでいる。当社IP-STBはIPTVフォーラム運用規定に準拠し、AV機器と同じ快適な操作性、リビングに置く装置として小型・軽量化を実現しており、(株)NTTぶららの“ひかりTV^(注4)”やKDDI(株)の“auひかりビデオ・チャンネル”で利用されている(図3、図4)。

(注1) Javaは、Oracle Corp.の商標登録である。

(注2) OSGiは、OSGi Allianceの商標登録である。

(注3) ECHONET Liteは、エコネットコンソーシアムの登録商標である。

(注4) ひかりTVは、(株)NTTぶららの登録商標である。

3. ビル／店舗／工場を支えるネットワーク技術

3.1 映像監視ネットワーク技術

近年の社会情勢の変化、例えば日本版SOX法(米国企業改革法)、不正競争防止法、個人情報保護法の改正・施行等によって、求められるセキュリティ対策は高度化・広域化の一途を辿(たど)り、市場ニーズも従来の防犯用途から企業の内部統制監視、さらに、遠隔からの店舗集客状況監視、工場の設備稼働状況監視へと多様化してきている。

このような状況下、当社では最新の映像監視ネットワーク技術を適用したデジタルCCTV(Closed-Circuit TeleVision)システム“MELOOK μ II”“MELOOK μ +”を開発し、ビル／店舗／工場の安心・安全を支えている。

人物・物品などの特定には映像の高解像度化が有効な手段である一方で、ネットワーク負荷が増大する課題がある。これに対し画像圧縮方式にH.264方式を採用し、メガピクセル画像(約130万画素)を圧縮してネットワークに負荷を与えず鮮明で滑らかな動画伝送を実現した。

さらに、MELOOK μ +では既設アナログシステムで敷設されている同軸ケーブルをそのまま利用できるネットワーク伝送技術を採用し、既設ケ



図3. ひかりTV向けIP-STB

図4. auひかりビデオ・チャンネル向けIP-STB

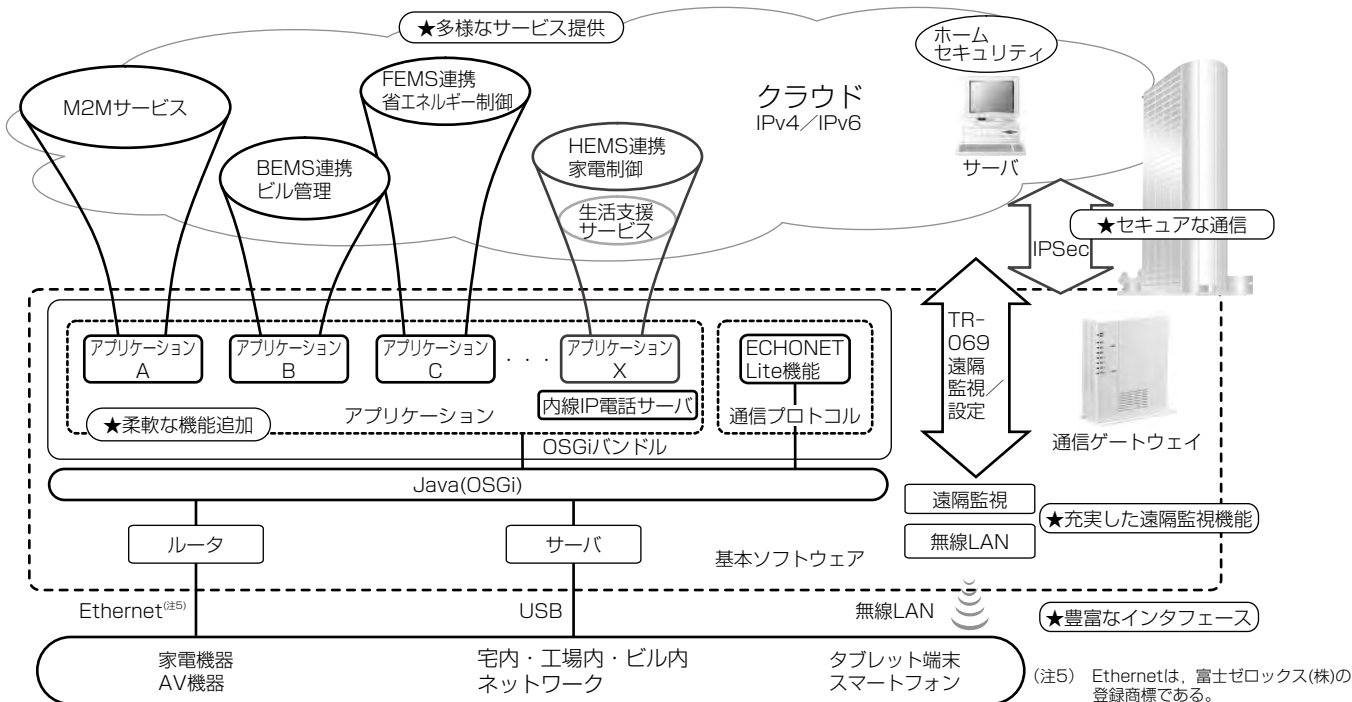


図2. 通信ゲートウェイの適用技術

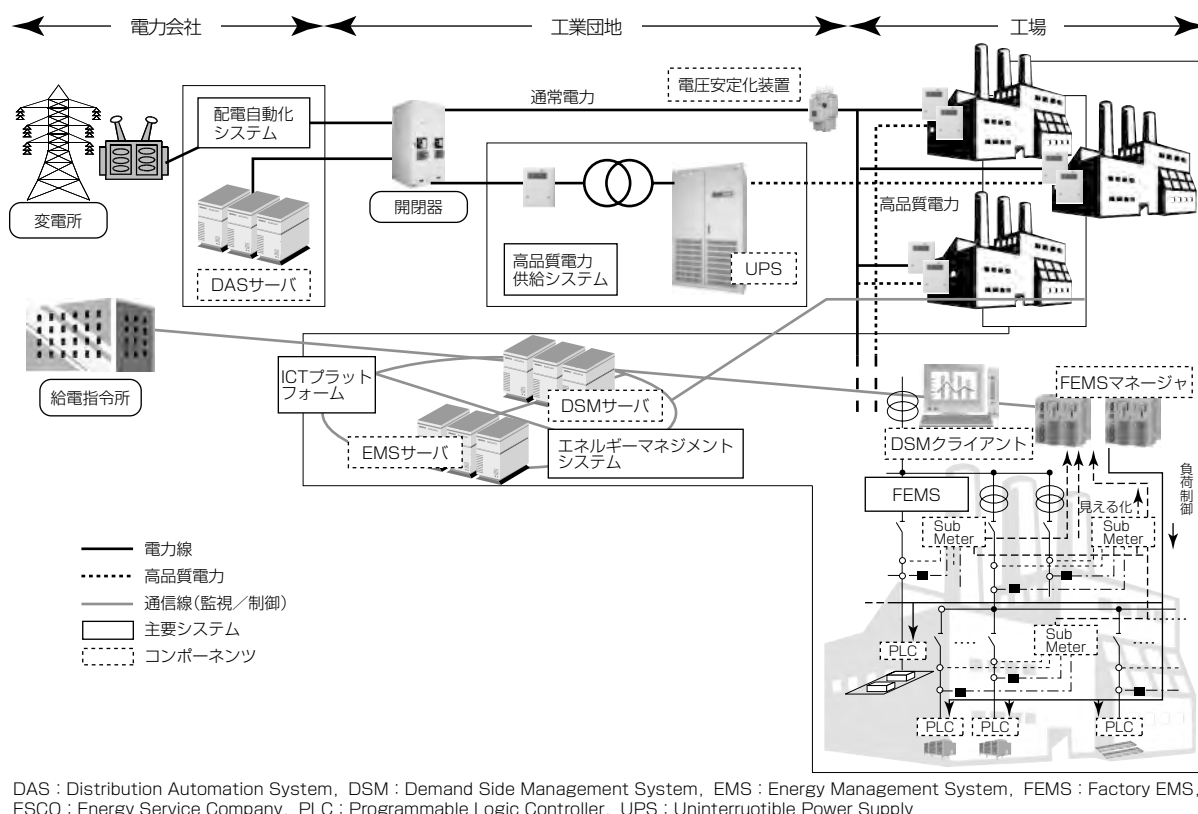


図5. インドネシア工業団地スマートコミュニティ実証事業

ープルの有効活用とデジタルシステムへの容易な移行を実現した。

映像監視市場では、多様化するニーズに応えるために映像監視ネットワーク技術の果たす役割が今後ますます増大していく。

3.2 エネルギー管理技術

2010年5月から当社尼崎地区(尼崎市)・和歌山地区(和歌山市)・大船地区(鎌倉市)の事業所でスマートグリッド実証実験に着手し、技術検証を進めている。大船地区では、実証ハウス“大船スマートハウス”を構築し、通信ゲートウェイによる宅外システムと連携したクラウド型HEMSシステムを構築している。

また、海外では、(独)新エネルギー・産業技術総合開発機構からスマートコミュニティ実証事業を受託し、インドネシアの工業団地を対象にDSM(Demand Side Management)とFEMS(Factory Energy Management System)の連携による最適な電力削減を実現するためのフィールド実証を行う予定である(図5)。

4. 社会インフラを支えるネットワーク技術

4.1 基幹系長距離伝送技術

スマートフォンの普及や映像配信サービスの拡大などを背景に、通信トラフィックは急速に拡大している。国際間通信を支える光海底ケーブルシステムや、国内大手通信キャリアの基幹網には、1本の光ファイバで大容量トラ

フィックを伝送する波長多重伝送方式が採用されているが、従来の1波長10Gbpsから40Gbps/100Gbpsへの高速・大容量化が進められている。

当社の光海底ケーブルシステムは、世界15カ国で採用されている。特に世界をリードする誤り訂正技術によって、1999年には世界初^(注6)となる10Gbpsの光海底ケーブルシステムを納入、2012年には同じく世界初^(注7)となる40Gbpsの大西洋/太平洋横断光海底ケーブルシステムの商用化に成功した。現在は、日米間(9,000km)の光海底ケーブルシステムへ適用可能な、世界最高性能の100Gbps誤り訂正技術の開発に成功した。

国内では、2003年から通信事業者の基幹網に波長多重伝送装置を納入している。2013年には、国内初^(注8)となる基幹網の100Gbps化を実現する。今後、基幹網だけでなくメトロ網への展開も期待されている。

さらに、当社は光トランスポート装置の開発を進めている。この装置は、当社の得意とする長距離伝送技術にパケットスイッチ技術を融合した次世代装置として、装置統合を志向する通信事業者の次世代ネットワークへの適用が期待されている。

(注6) 2011年10月31日現在、当社調べ

(注7) 2012年5月18日現在、当社調べ

(注8) 2012年2月4日現在、当社調べ

4.2 光アクセス伝送技術

2012年9月末の国内FTTHは2,320万加入(ブロードバンドサービス全体の約55%)まで拡大している。このFTTH

を支える光アクセス伝送方式として1対nのパッシブな光通信を実現するPON(Passive Optical Network)方式が主流となっている。PON方式は当社が長年にわたり高速化・低消費電力化に取り組んできた伝送方式であり、特にEthernetとPON方式の利点を融合させたIEEE802.3ah規格に準拠したGE-PON(Gigabit Ethernet Passive Optical Network)は、当社が先行して製品化を実現し、一戸建て及び集合住宅の一般ユーザーに広く利用されている。

今後のFTTHでは、IPTVやクラウドによるサービスの多様化に伴うトラフィック増が予想される。また、GE-PON装置の小型化や低消費電力化が求められている。当社GE-PONは、アクセス速度を現状の10倍の10Gbpsに高速化することに加え、PONポートあたりの加入者数を従来の2倍の128加入者に増強することによって、FTTHの高速化や加入者収容効率の向上に寄与している⁽⁹⁾。

当社GE-PONは、通信事業者向けインフラシステムだけでなく、CATV事業者、鉄道事業者、電力事業者等の社会インフラへも適用されており、各事業者のニーズに合わせた機能追加(冗長機能、クロック伝送機能、ONT(Optical Network Terminal)の屋外設置等)にも取り組んでいる⁽¹⁰⁾。

4.3 LTEフェムトセル基地局

今や社会で不可欠なインフラとなった携帯電話システムでは、スマートフォンの普及やM2M(Machine-to-Machine)用途の拡大等によって、国内の移動通信トラフィックは年率2倍以上のペースで急増しており⁽¹¹⁾、世界的にも2015年には2011年比で5～10倍に増大すると予測されている⁽¹¹⁾。

この急増するトラフィックを収容していくためには、周波数利用効率の高い技術の開発、新たな周波数の割当てとともに、小セル化とトラフィック・オフロードが重要である。周波数については、国内では3.4～3.6GHz帯が第4世代(IMT-Advanced)用として2015年度の商用開始に向けて割り当てられる予定で、さらに、国際的なIMT(International Mobile Telecommunications)への追加周波数配分が2015年のITU(International Telecommunications Union)世界無線通信会議(WRC-15)の議題として決定している。また、小セル化の進展に向けた新しい技術として、携帯電話システムの国際的な標準化団体である3GPP(Third Generation Partnership Project)では、Rel-12仕様の最優先項目としてsmall cell enhancementsの標準化が進められている。

当社は、W-CDMA/HSPA(Wideband Code Division Multiple Access/High Speed Packet Access)のフェムトセル基地局⁽⁸⁾の技術・実績を活用して、小型・低消費電力の3G/LTE共用フェムトセル無線基地局装置(図6)を開発した⁽¹²⁾。3G/LTEフェムトセル無線基地局装置によって、マクロセル基地局の電波が届きにくい屋内などでも高速・低遅延なLTE方式のメリットを十分に活用した通信が可能となる。今後は、LTE-Advanced, small cell



図6. 3G/LTE共用フェムトセル無線基地局装置

enhancementsや将来の高い周波数帯に対応した技術開発・製品開発を進めていく。

4.4 M2M通信技術

人間同士のコミュニケーション以外の通信、いわゆるM2M通信の発展も、今後の大きな潮流である。

M2M通信の適用分野は、電力のスマートグリッド、ガスなどの自動検針、自動車との組合せによるテレマティクス、製造・流通の管理、健康・医療分野、河川・橋梁(きょうりょう)や防犯用のセンサ等、多岐にわたる。社会の様々なところに通信機能が組み込まれることによって、防災・減災、安心・安全、効率化及び省エネルギーを実現するとともに、これらを活用した新しい産業の創出や経済成長も期待される。

これらM2M通信では、従来、各適用分野で垂直統合型の専用通信方式・データ形式が構築されてきたが、開発の効率化や分野間のデータ流通を促進して新しい価値を生み出すために、統一したM2M用通信規格の標準化の動きも起こっている。2012年7月には、日・欧・米・中・韓の7つの標準化機関の連名によって、新たな標準化団体“oneM2M”が設立された。

M2M通信に要求される条件・品質は多岐にわたるが、とりわけ低コスト・低消費電力への要求は強い。また、集められたデータはいわゆるビッグデータとなり、その情報処理技術やセキュリティ、プライバシー保護も重要となる。

当社は、こういったM2M通信用途に、920MHz帯特定小電力無線の機器を開発⁽¹³⁾しており、テレメータリングなどに適用していく。

4.5 鉄道通信技術

鉄道分野では、列車無線システムや鉄道沿線情報監視システム等に当社の通信技術が適用されている。

(1) 列車無線システム

高速走行する列車と地上間で直接通話を行う列車無線システムは列車運行に欠かせない重要なシステムである(図7)。当社は、空間波やLCX(Leaky Coaxial cable)による列車無線システムのトップメーカーとして、すべての新幹線に列車無線システムを納入している。2012年10月には北

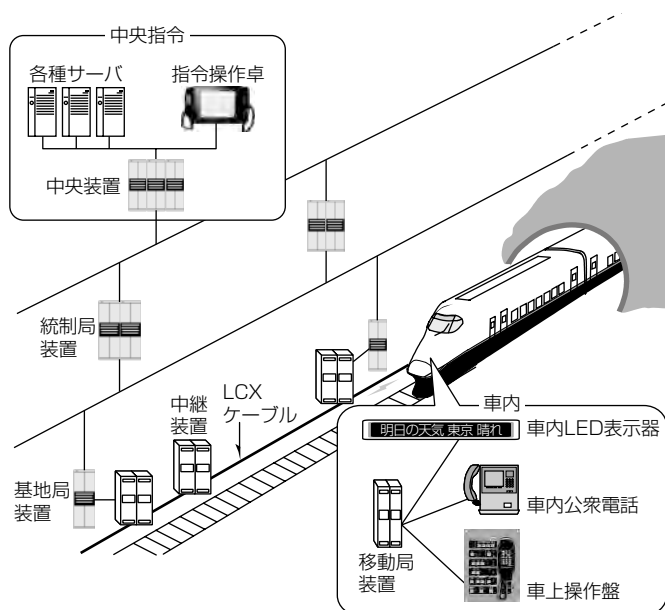


図7. 列車無線システムの構成

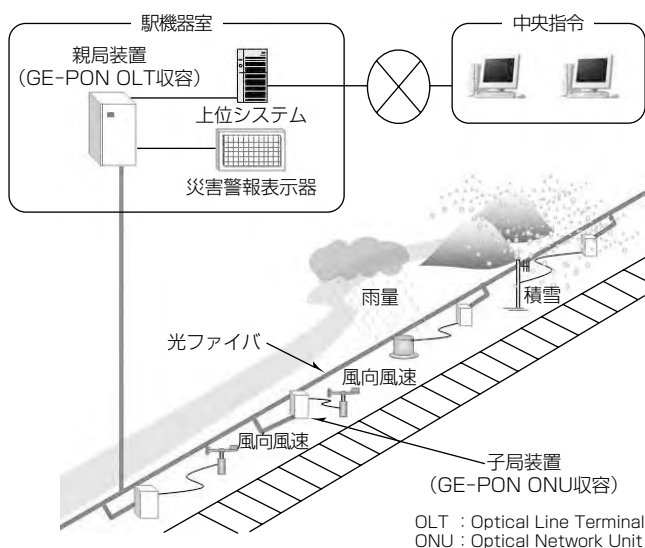


図8. 鉄道沿線情報監視システムの構成

陸新幹線のアナログ方式列車無線システムをデジタル方式に切り換え、東北・上越・北陸の全線でのオールデジタル化を完遂した。

デジタル方式への切り換えによって、データ通信や音声通信機能が強化されている。データ通信では、車両技術支援システムや車内情報提供システム等を充実させ、音声通信では、指令員の負荷軽減につながる放送機能や緊急時の新たなサービスの提供を可能としている。

(2) 鉄道沿線情報監視システム

鉄道の運行に際して、気象情報を把握することは、運行可否を判断する重要な要素となる。当社は、風速や風量などを収集して指令へ伝送する鉄道沿線情報監視システムを鉄道事業者へ納入している。

このシステムのアクセスネットワークには、駅間に点在する気象センサを効率的に収容でき、将来の拡張性にも優

れるGE-PON方式を適用している(図8)。当社のGE-PONシステムは長距離伝送性能と気象センサ収容の柔軟性が評価され、2007年に東北・上越新幹線に導入されて以降、列車の安全運行を支えている。

5. む す び

当社のネットワーク技術が家庭、ビル／店舗／工場、社会インフラの各分野でどのように活用され、社会を支えているかについて述べた。ネットワーク技術の詳細については、この特集号の各論文で述べる。

当社は、“安心・安全”“快適・利便性”“高い省エネルギー性”“環境親和性”を実現する進化したネットワーク技術を提供し、それを各産業分野で保有する技術・経験と融合して展開することによって、新たな価値を創造し豊かな社会の実現に貢献していく。

参 考 文 献

- (1) 総務省：平成24年度版情報通信白書（2012）
- (2) 宮崎守泰：光通信技術とサービスの展望，三菱電機技報，**86**，No.6，314～318（2012）
- (3) 千葉 勇，ほか：情報通信を支える最新の無線通信技術，三菱電機技報，**86**，No.11，590～594（2012）
- (4) 長瀬平明：グローバル時代における情報通信の動向と三菱電機の取り組み，三菱電機技報，**85**，No.6，328～332（2011）
- (5) OSGi Alliance：Compendium 4.3 and Residential 4.3 published！（2012）
<http://blog.osgi.org/2012/05/compendium-43-and-residential-43.html>
- (6) ECHONET Lite規格書Ver.1.00
http://www.echonet.gr.jp/spec/spec_v100_lite.htm
- (7) 鹿島和幸，ほか：サービス事業者向け通信ゲートウェイ，三菱電機技報，**86**，No.10，548～551（2012）
- (8) 別所雄三，ほか：クラウドサービスを支える通信ゲートウェイ技術，**87**，No.5，271～276（2013）
- (9) 村上 謙，ほか：海外向け10G-EPONシステム，三菱電機技報，**86**，No.6，323～326，（2012）
- (10) 妻藤 憲，ほか：GE-PONシステムのサービス展開，三菱電機技報，**87**，No.5，266～270（2013）
- (11) Report ITU-R M.2243（2011）
http://www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/rep/R-REP-M.2243-2011-PDF-E.pdf
- (12) 御宿哲也，ほか：3G/LTE共用フェムトセル無線基地局装置，三菱電機技報，**87**，No.5，277～284（2013）
- (13) 山内尚久，ほか：特定省電力無線技術，三菱電機技報，**86**，No.11，603～606（2012）

GE-PONシステムのサービス展開

妻藤 憲* 中瀬卓也*
浜岡聡浩*
大塚 博**

Service Deployment of GE-PON System

Ken Saito, Akihiro Hamaoka, Hiroshi Otsuka, Takuya Nakase

要 旨

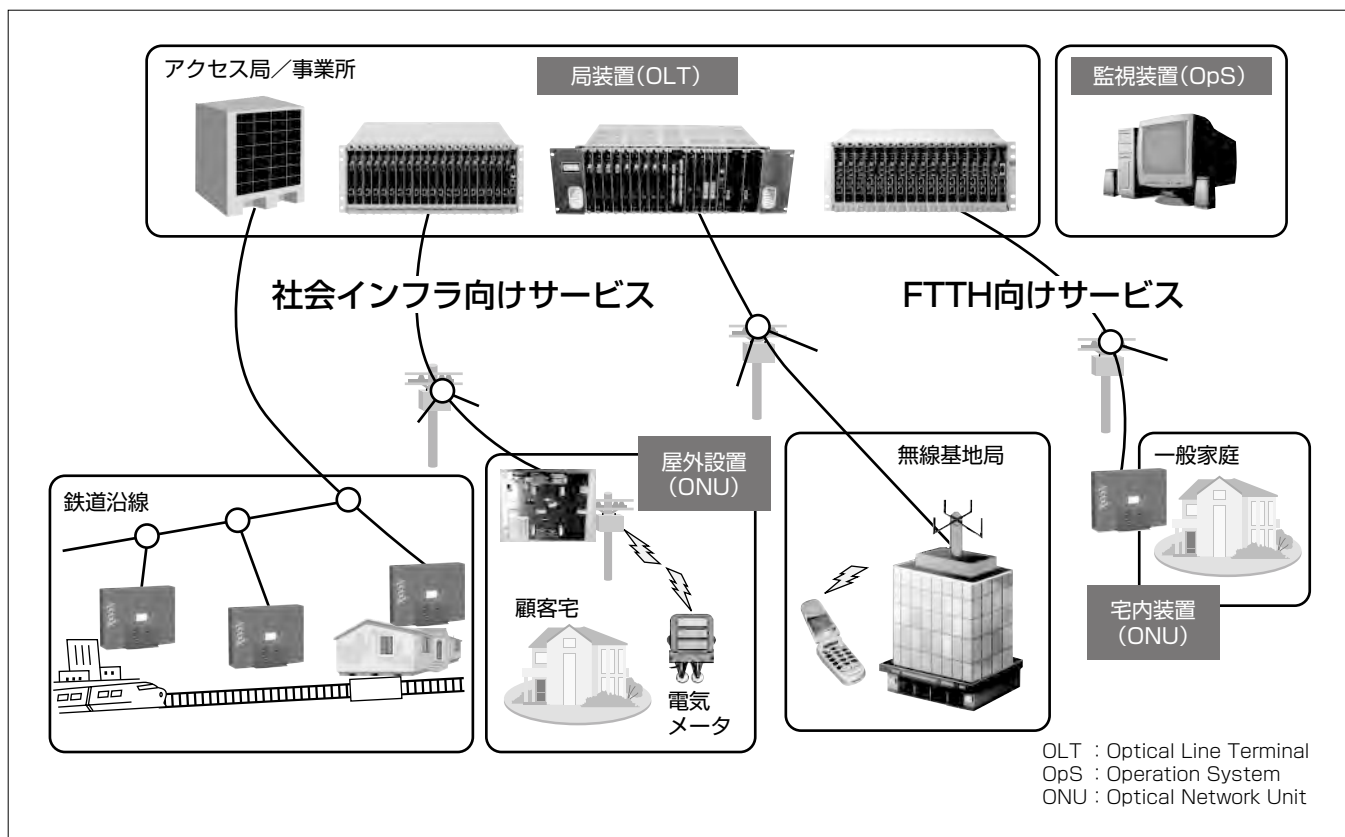
国内の光アクセスを用いたブロードバンドサービスの契約者数は、約2,320万人⁽¹⁾まで拡大している。

GE-PON(Gigabit Ethernet-Passive Optical Network)装置を適用したFTTH(Fiber To The Home)サービスは、地上デジタル放送のIP(Internet Protocol)再送信や高精細映像伝送といったサービスの多様化やトラフィックの増加に伴い、一戸建て及び集合住宅の一般ユーザーに広く普及している。

また、GE-PON装置は、通信の高速・大容量化や光ファイバーの有効活用を特長としていることから、FTTHサービスへの適用に加え、社会インフラ向けサービスへの適用拡大が期待される。

三菱電機は、2004年以降、快適で利便性の高い超高速ブロードバンドアクセスサービスに適用されるGE-PON装置を提供してきた。さらに、この装置の実績をもとに、冗長化による装置の高信頼化やクロック伝送技術及び長距離伝送技術等を活用し、無線基地局エントランスや自動検針サービス及び鉄道事業者向けに高信頼・高機能化GE-PON装置を製品化して、社会インフラサービスへ適用領域を拡大してきた。

当社は、今後、“安全・安心”“快適性・利便性”の向上と“高い省電力性”の実現に向けて、通信ネットワークに関する技術開発を進め、スマートグリッドに代表されるM2M(Machine-to-Machine)分野への適用など、GE-PON装置の更なる適用領域の拡大を図っていく。



GE-PON装置を適用した通信ネットワーク

GE-PON装置を適用した通信ネットワークの構成を示す。GE-PON装置は、一般家庭及び集合住宅向けFTTHサービスへの適用以外にも、無線基地局収容や鉄道沿線状態監視及び自動検針向けサービス等の社会インフラ向けサービスに適用されている。

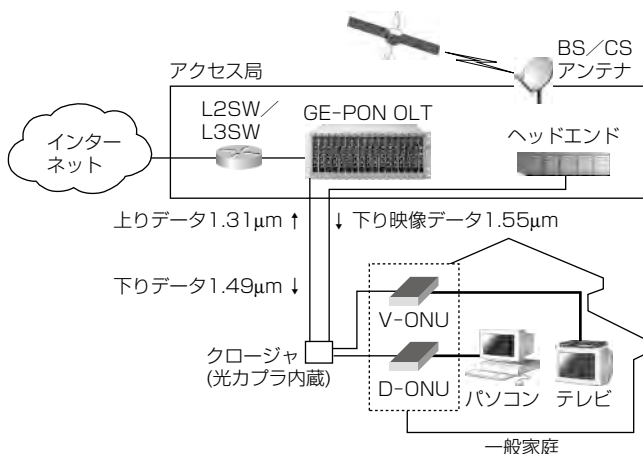


図2. D-ONUの接続構成例



図3. D-ONUモジュール

3. 社会インフラ向けサービスへの展開

当社は、FTTH向けGE-PON装置に対して、アクセス回線の冗長化やクロック中継伝送機能及び屋外設置用ONU等の機能を追加し、高信頼・高機能化GE-PON装置を製品化した。

この装置は、無線基地局エントランス（携帯電話などの移動体通信端末用の無線基地局を収容する装置）を始めとした社会インフラ向けサービスに適用が可能である。

次に、無線基地局エントランスと自動検針サービス及び鉄道事業者向けに適用したGE-PON装置について述べる。

3.1 無線基地局エントランス向けGE-PON⁽³⁾

無線基地局エントランスは、伝送路の経済化を目的とした基地局のIP化、並びに、社会インフラとしての信頼性が要求されるとともに、無線基地局と上位網間の主信号データ及び無線基地局用クロック信号の中継伝送が必要な場合がある。

当社は、装置冗長化やクロック伝送技術等を活用して、高信頼・高機能化GE-PON装置を製品化し、無線基地局エントランスへ適用した。

表2に無線エントランス向けGE-PON装置の主要諸元を示す。この装置の主な特長は次のとおりである。

- (1) 無線基地局用クロックの伝送機能を搭載
- (2) アクセス回線の冗長化による高信頼化
- (3) OLTにL2SW又はL3SWを内蔵し、集線化を図った経済化OLT

表2. 無線基地局エントランス向けGE-PON装置の主要諸元

項目	DCSクロック	GPSクロック
光回線速度	上下とも：1 Gbps	
伝送クロック	DCS (64kHz + 8 kHz + 0.4kHz：AMI信号)	GPS (1,575.42MHz：L1波)
集線機能	L3SW	L2SW
最大収容ONU数	64	
冗長化	クロックインタフェース	
	PON-IF	
	OLT電源部	

AMI：Alternate Mark Inversion

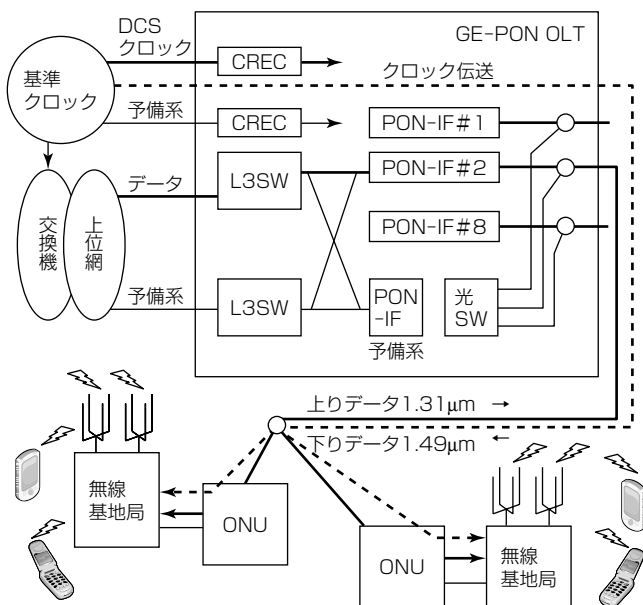


図4. DCSクロック伝送方式例

中継伝送するクロックは、DCS(Digital Clock Supply)クロック信号及びGPS(Global Positioning System)クロック信号がある。次にそれぞれのクロック伝送方式について述べる。

3.1.1 DCSクロック伝送方式

当社は、DCSクロック信号を伝送するGE-PON装置を、交換機動作クロック（基準クロック）と同じクロックで動作させることによって、無線基地局と交換機間のDCSクロック中継伝送を実現した。

図4にDCSクロック伝送方式例を示す。上位網から、基準クロックに同期したDCSクロックをOLTに供給し、OLTに搭載したCREC(Clock Receiver)カードでDCSクロック同期を行う。CRECカードは受信したクロックを全PON-IFカードに分配し、PON回線は分配されたクロックに同期して動作する。ONUはPON回線からクロックを抽出し、ONU配下に接続した無線基地局にクロックを配信する。

3.1.2 GPSクロック伝送方式

当社は、GPSクロック信号を伝送するGE-PON装置に、3波多重方式を採用し、GPSクロック信号の中継伝送を実現した。GPS信号は1.5μm帯波長に光変換され、GE-PON

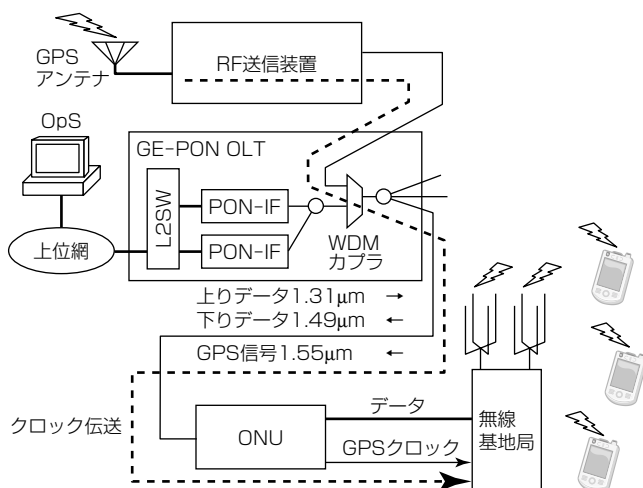


図5. GPSクロック伝送方式例

装置のPON回線と波長多重する。光化されたGPS信号は、延伸を容易にすることから、無線基地局の設置について柔軟性の向上を図ることが可能となる。

図5にGPSクロック伝送方式例を示す。GPS信号は、無線信号の光ファイバー伝送を実現するRoF (Radio on Fiber) 技術を活用し、RF送信装置で光化される。光化されたGPS信号は、OLTでWDM(Wavelength Division Multiplexing) カプラによって主信号と合波され、ONUでWDMカプラによってGPS信号と上位網の主信号に分波される。分波されたGPS信号と主信号は、電気信号に変換され、無線基地局に配信される。

3.2 自動検針サービス向けGE-PON⁽⁴⁾

電気の需要家ネットワークは、今後、停電リスクの低減や省エネルギー支援サービス等の新たなサービスの創出を目的に、電気の供給側と需要側が連携した需給制御の高度化によるエネルギー運用が期待される。

さらに、需要家ネットワークでは、数百万件から数千万件の電気の需要家から電力の使用状況を示す大量のデータが定期的に送信されることから、需要家ネットワークに使用される装置は、需要家収容の効率化や通信の高速・大容量化が要求される。

図6に需要家ネットワーク向けGE-PON装置の構成例を示す。無線アクセスポイントをメッシュ状に接続した無線メッシュ通信システムによって、需要家から収集した電力の使用状況を示す大量のデータを、無線アクセスポイントであるコンセントレーターを通じて、高速に送信することが可能となる。

一方、ONUは屋外に設置されるコンセントレーターと接続する必要があることから、当社は、広温度範囲に対応した光送受信機を開発し、放熱対策として金属筐体を採用した屋外設置型ONUを製品化した。

図7に屋外設置型ONUの外観を示す。このONUの主な特長は次のとおりである。

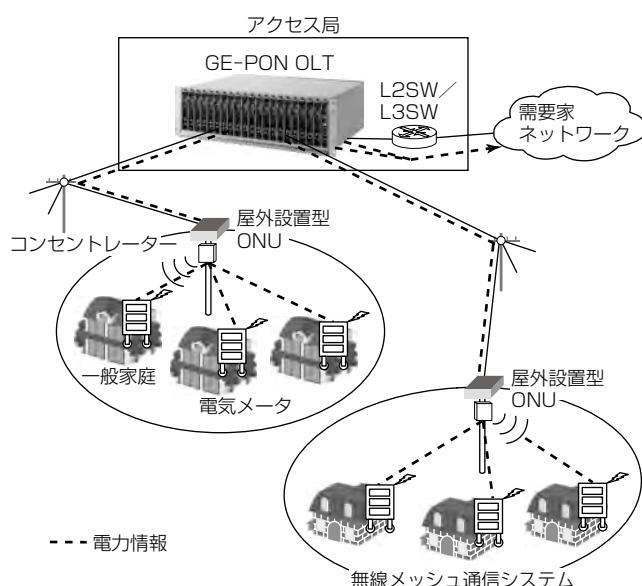


図6. 需要家ネットワーク向けGE-PON装置の構成例



図7. 屋外設置型ONU

- (1) 広温度範囲対応の光送受信機や放熱対策として金属筐体を採用し、屋外設置による厳しい温度条件（-10～+60℃）での動作を保証
- (2) 雷サージ対策強化によって落雷故障を防止
- (3) 低消費電力ICの採用、ACアダプタの力率改善によって待機時の省電力化を実現（7VA以下）

3.3 鉄道事業者向けGE-PON

鉄道事業者は、自然災害による鉄道事故防止策として風速計などの沿線監視システムを導入している。

従来の鉄道沿線監視システムは、沿線監視情報の通信手段として、メタリック伝送を用いていたことから、現在、主流となっている通信ネットワークのIP化や通信の高速・大容量化への対応が要求されていた。さらに、鉄道沿線へ設置される装置の耐環境性や冗長化による信頼性確保、及び、新幹線沿線では駅間の距離が30kmを超える場合があり、伝送距離の延伸化（20km超）が求められていた。

当社は、耐環境性能の向上を図った屋外設置用ONUやONUに搭載する光送受信機の光送受信特性の向上による伝送距離の延伸化を実現したGE-PON装置の製品化を行い、鉄道事業者向けに供給している。

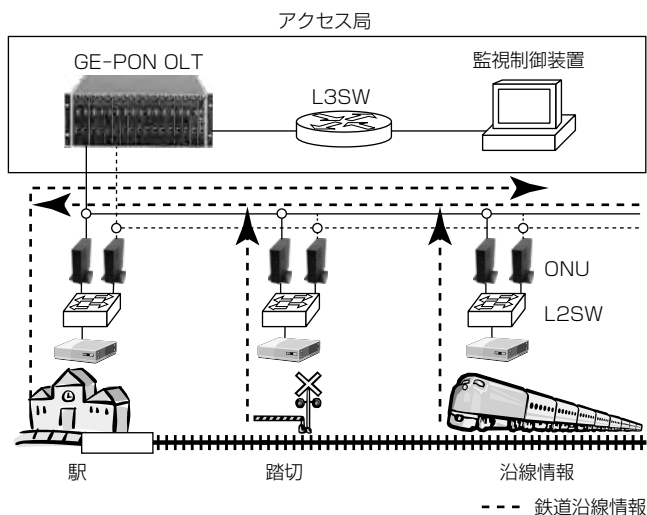


図8に鉄道事業者向けGE-PON装置の構成例を示す。鉄道沿線にONUを設置することから、光ファイバーをデジイチチェーン型の配線形態とした。また、光カプラは、分岐接続時の挿入損失を抑えることを目的に、N：1の分光比とした。この装置の主な特長は次のとおりである。

クラウドサービスを支える 通信ゲートウェイ技術

別所雄三*
鹿島和幸**
大塚貴弘***

Communication Gateway Technology to Support Cloud Services

Yuzo Bessho, Kazuyuki Kashima, Takahiro Otsuka

要 旨

インターネット回線の高速化によって、様々な業種でクラウドサービスの利用が進んでいる。最近では東日本大震災を契機としてHEMS(Home Energy Management System)などのエネルギー管理サービスや宅内のデバイスからのデータ収集・蓄積と、蓄積データに基づく分析・制御を行うM2M(Machine-to-Machine)サービスなどが注目されている。こうした中、宅内ネットワークとクラウドをつなぐ通信ゲートウェイ装置は、機器を制御する様々なクラウドサービスのための中継機器として重要な役割を担っている。

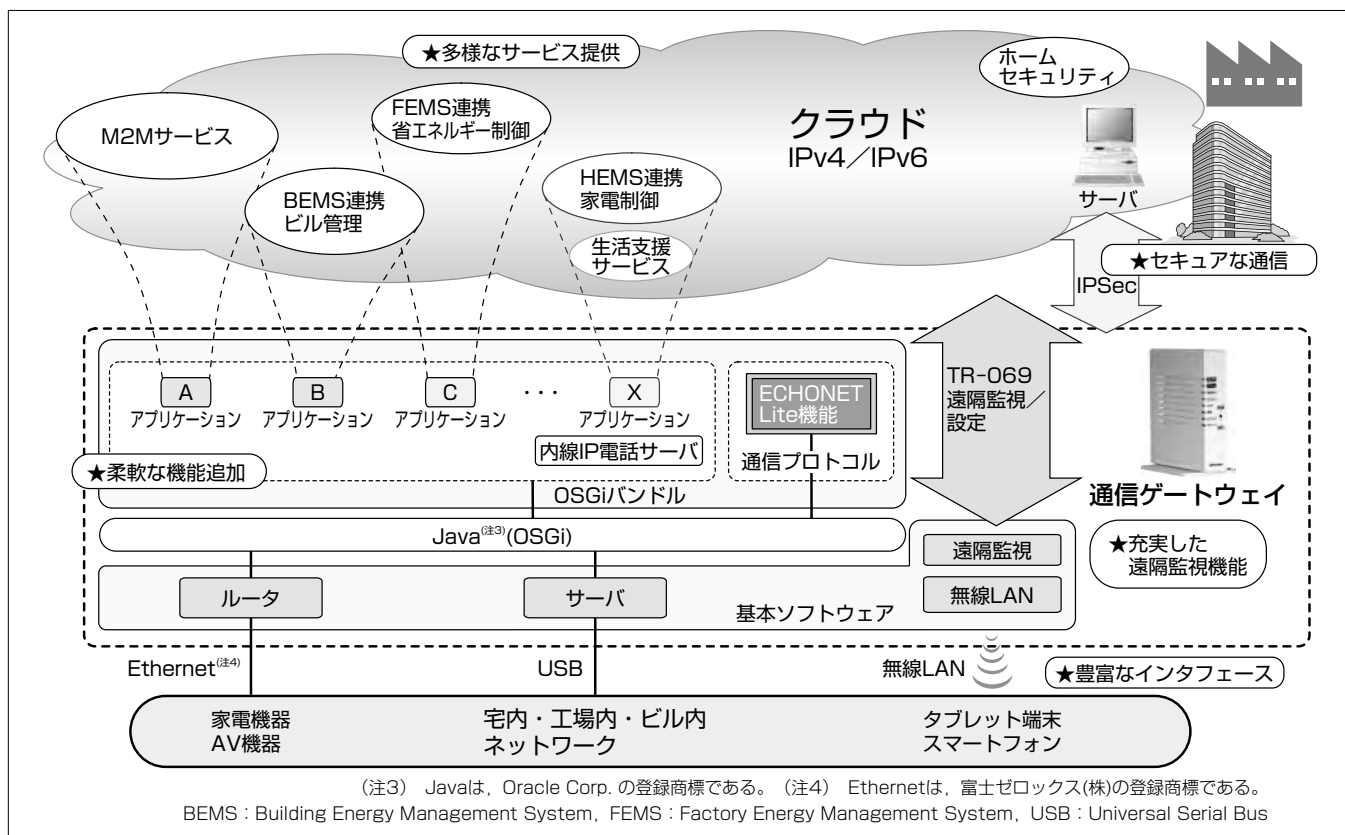
多彩なクラウドサービスを提供するサービス事業者に向けて、三菱電機が開発した通信ゲートウェイ装置は、宅内機器との通信に国内ホームネットワークの標準規格であるECHONET Lite^(注1)を実装した。また、様々なネットワークインタフェースを収容する双方向1 Gbpsのルータ機能、柔

軟な機能追加を可能とするOSGi^(注2)(Open Service Gateway initiative)プラットフォーム、Broadband Forum(BBF)で規定されたTR-069ベースの遠隔監視機能を実装した。

ECHONET Liteによる機器の制御や、OSGiプラットフォームを利用したソフトウェアダウンロードによる機能追加で、家庭だけでなく、工場・ビルにおける多種多様な機器に向けた省エネルギーなど様々なクラウドサービスへの対応と、容易なシステム構築が実現できる。当社は、通信ゲートウェイの技術を通して、省エネルギーで、かつ安全・安心な社会づくりに貢献できる技術開発を推進していく。

(注1) ECHONET Liteは、エコネットコンソーシアムの登録商標である。

(注2) OSGiは、OSGi Allianceの登録商標である。



クラウドサービス事業者と連携した通信ゲートウェイ装置の適用技術

通信ゲートウェイ装置は、基本機能として、豊富なネットワークインタフェースを収容する双方向1 Gbpsのルータ機能を搭載し、OSGiプラットフォームによって通信プロトコルやサービスの柔軟な機能追加が可能である。遠隔監視機能は、標準プロトコルTR-069に対応し、ゲートウェイ配下の機器が管理できる。また、有線及び無線の様々なネットワークインタフェースを収容し、M2Mゲートウェイへの拡張が可能である。

1. ま え が き

携帯電話や家電など、様々な機器がインターネット経由で接続可能となり、個人向け及び企業向けに様々なクラウドサービスが普及してきた。例えば、震災後の電力不足を受けて、センサや家電などの宅内機器とクラウドを接続し、データの連携・管理によって、エネルギー消費量の効率化を図るサービスが登場している。

このような背景から、多岐にわたるクラウドサービスへの柔軟な対応と、システム構築を容易にするサービス事業者向けの通信ゲートウェイ装置⁽¹⁾を開発した。

本稿では、通信ゲートウェイ装置によって実現できるクラウドサービスの適用例と、サービス適用に必要なアーキテクチャについて整理し、通信ゲートウェイ装置の機能や構成技術、新サービスに向けた検討技術について述べる。

2. クラウドサービス実現に向けて

2.1 適用サービス例

エネルギー使用量削減要求の高まりを受けて、家庭内や工場・ビル内の設備を制御することによって、電力利用の効

率化を実現するエネルギー管理システム(HEMS/FEMS/BEMS)の利用が広がってきた。

この節では、クラウドサービスと連携したエネルギー管理システムにおける通信ゲートウェイ装置を適用したサービス例について述べる。

(1) 家庭への適用

HEMSコントローラと通信ゲートウェイ装置を宅内に設置し、居住者の生活に基づいた家電機器の節電やピークシフト制御を可能とするサービスが家庭内向けに考えられる。

電力会社やハウスペンダー／機器ペンダーのクラウドと連携することによって、遠隔監視、消費電力の見える化、地域情報配信サービス等のサービスが実現できる(図1)。

(2) 工場・ビルへの適用

工場への適用では、FEMSマネージャーと通信ゲートウェイ装置とを連携したエネルギー管理サービスが考えられる。各機器からの電力検針データを収集することによって、企業の管理部門で管理する生産スケジュールに合わせ、エネルギー需要に応じた機器制御サービスが実現できる(図2)。

ビル管理でも、通信ゲートウェイ装置とBEMSマネージャーによって、同様のサービスが考えられる。例えば、

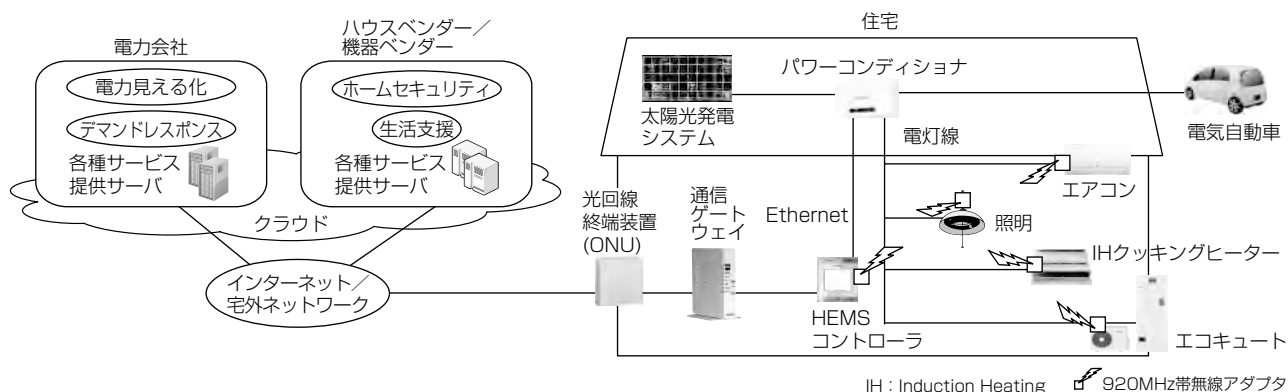


図1. HEMSコントローラ適用時の実現サービス

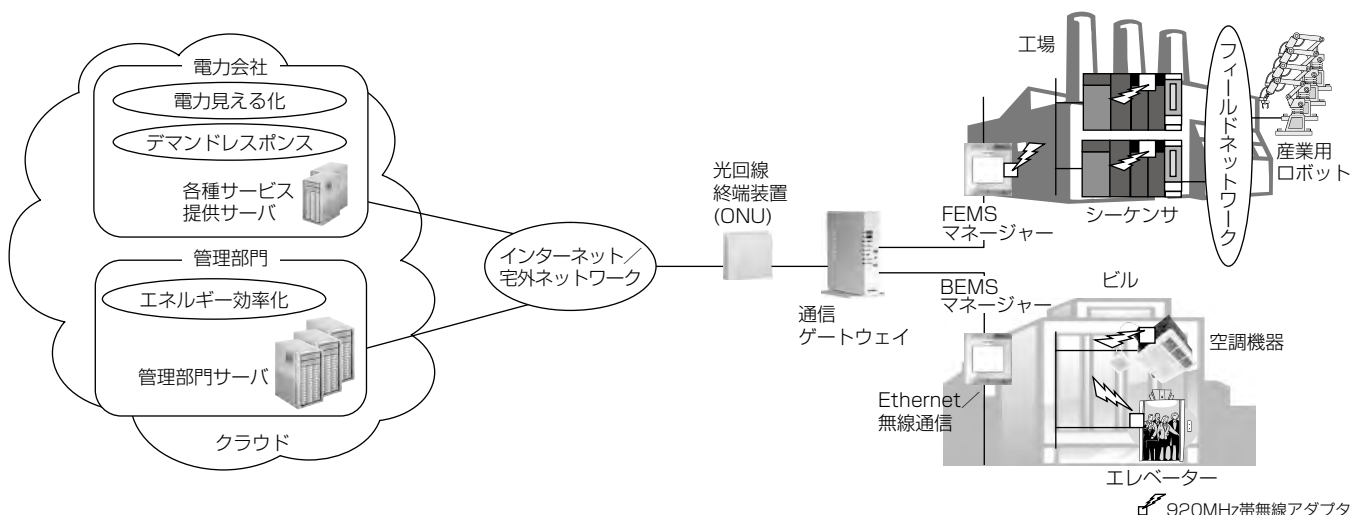


図2. FEMS／BEMSマネージャー適用時の実現サービス

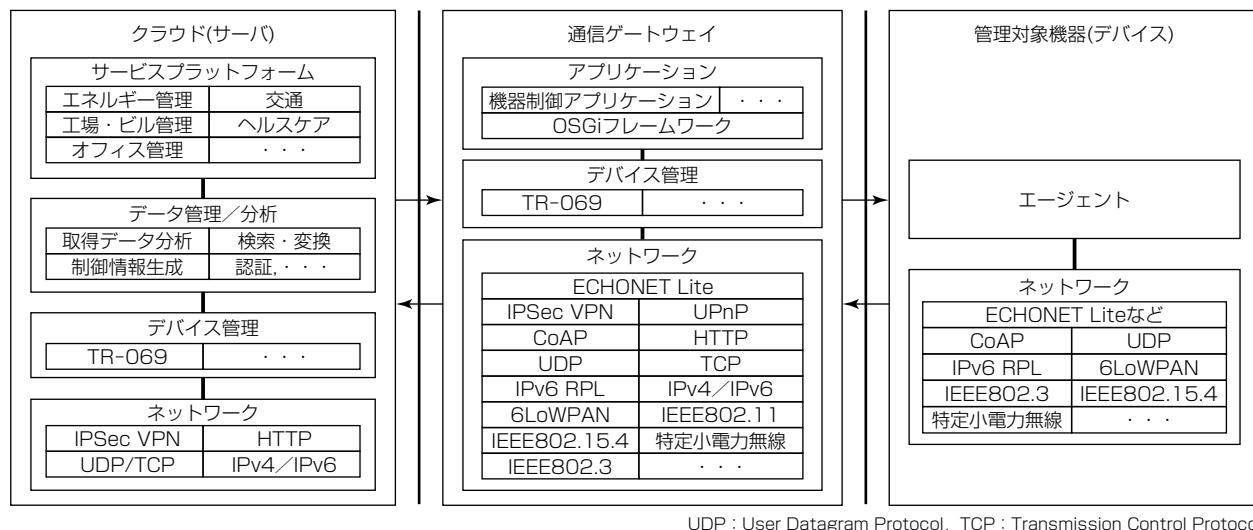


図3. クラウドサービス提供のアーキテクチャ

ビル内の空調、エレベーターなどの系統別制御、フロアごとの電力見える化、デマンドレスポンスによる電力消費抑制サービスである。

(3) その他のサービス

これらのサービスのほか、クラウドと連携し、通信ゲートウェイ装置を介して、多様な端末を収容した様々なサービスの提供も考えられる。例えば、通信ゲートウェイ装置を列車内や駅内に設置し、サーバとの情報の受渡しによって、列車の運行状況や駅のエネルギー最適制御、道路監視を実現する交通向け管理サービスが挙げられる。また、音声合成技術を活用し、通信ゲートウェイ装置による機器の操作を補助する生活支援サービスなども提供できる。

2.2 クラウドサービスに必要となるアーキテクチャ

クラウド上のサーバと機器との連携に求められるアーキテクチャを図3に示す。

(1) 管理対象機器(デバイス)

管理対象機器は、通信ゲートウェイ装置との接続のため、920MHz帯などの無線通信技術が必要となる。また、国内のホームネットワークの通信規格ECHONET Lite⁽²⁾のような通信プロトコルや、CoAP(Constrained Application Protocol)、IPv6 RPL(Routing Protocol for Low power and Lossy Networks)、6LoWPAN(IPv6 over Low power Wireless Personal Area Networks)、IEEE802.15.4を搭載し、M2Mアプリケーションへの適用が可能な軽量なプロトコルかつ低消費電力を実現する通信技術が求められる。

(2) 通信ゲートウェイ装置

通信ゲートウェイ装置は、様々な機器を収容し、クラウドと連携したサービスを支援する。このため、デバイス管理機能及びUPnP^(注5)(Universal Plug and Play)、CoAP、IEEE802.15.4の実装が必要となる。サーバとの通信のため、端末との間の通信プロトコルからIPプロトコルへの変換機

能についても必要不可欠である。また、セキュアな通信や、遠隔監視機能をサポートし、安全な通信環境と、自動メンテナンス機能の提供が必須となる。

様々なプロトコルへの柔軟な対応や各種アプリケーション実行のため、ソフトウェアダウンロードによる機能拡張のサポートは、有効な手段であると考えられる。

(3) クラウド上のサーバ

サーバは、管理対象機器から収集したデータの管理や分析する機能、認証機能、及び分析した結果をサービスとしてエンドユーザーに提供する。

(注5) UPnPは、UPnP Implementors Corp.の登録商標である。

3. 通信ゲートウェイ装置の構成と技術

3.1 通信ゲートウェイ装置の構成

2.2節で述べた必要条件を満たすため、通信ゲートウェイ装置は、有線及び無線の様々なネットワークインタフェースを収容する。

通信ゲートウェイ装置の外観を図4、諸元を表1に示す。

表1に示すように、通信ゲートウェイ装置は、双方向1Gbpsのルータ機能、IPSec-VPN(IP Security-Virtual Private Network)や遠隔監視機能を実装し、暗号化による安全かつ安心な通信環境と、機器設定やファームウェア更新等、充実したリモートメンテナンス環境を提供する。ルータ機能とサーバ機能、遠隔監視等の共通機能は、基本ソフトウェアとして実装している。

一方、ECHONET Liteや、工場・ビル等で適用先ごとに異なる各種通信プロトコル、及び多様なサービスへの適用が必要な機能は、これから述べるJavaによるアプリケーション(バンドル)として開発した(図5)。

3.2 アプリケーション実行環境

Javaに基づく汎用的かつオープンなソフトウェアコンポーネントであるOSGi⁽³⁾は、バンドルと呼ばれるJavaで



図 4. 通信ゲートウェイ装置

表 1. 通信ゲートウェイ装置の諸元

項目	内容
Ethernet	WAN : 1000BASE-T / 100BASE-TX x1 LAN : 1000BASE-T / 100BASE-TX x4
無線LAN	IEEE802.11b/g/n (2.4GHz)
Java VM/OSGi	CaffeineMark = 5,000以上
IP転送性能	IPルータ : 双方向 1 Gbps
セキュリティ	IPSec-VPN
遠隔監視	BBF TR-069
外形寸法(mm)	40(W) × 171(D) × 188(H) (突起部分を除く)

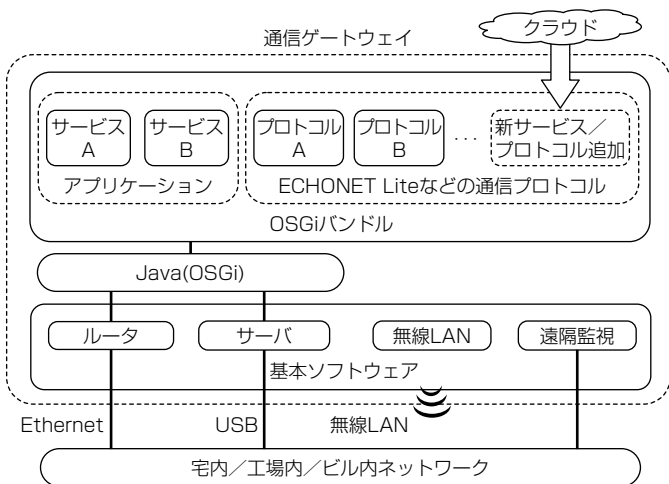


図 5. 通信ゲートウェイ装置のソフトウェア構成

記述されたソフトウェアの実行環境によって、実行中にシステムを停止することなく、ソフトウェアが追加できる。この特長を活用し、通信ゲートウェイ装置では、適用先ごとに異なるサービスは、バンドルとしてダウンロードすることによって、連携動作させ、複数の機器を組み合わせた制御を可能とする。

3.3 機器との通信技術

エアコン、照明などの家電機器を制御するため、通信ゲートウェイ装置は、ECHONET Liteの通信プロトコルをサポートする。ECHONET Liteは、国内のホームネットワークの標準規格であり、複数ベンダーの機器との連携サービスに用いられる。

家電機器との通信に使用する通信プロトコルには、無線／有線、IP／非IP等のバリエーションが存在する。そこで、通信ゲートウェイ装置では、新たに設計した共通のインタフェースを利用することで、下位の通信方式に依存しない様々な通信プロトコルに対応可能なECHONET Lite通信バンドルを開発した。

3.4 サーバとの通信技術

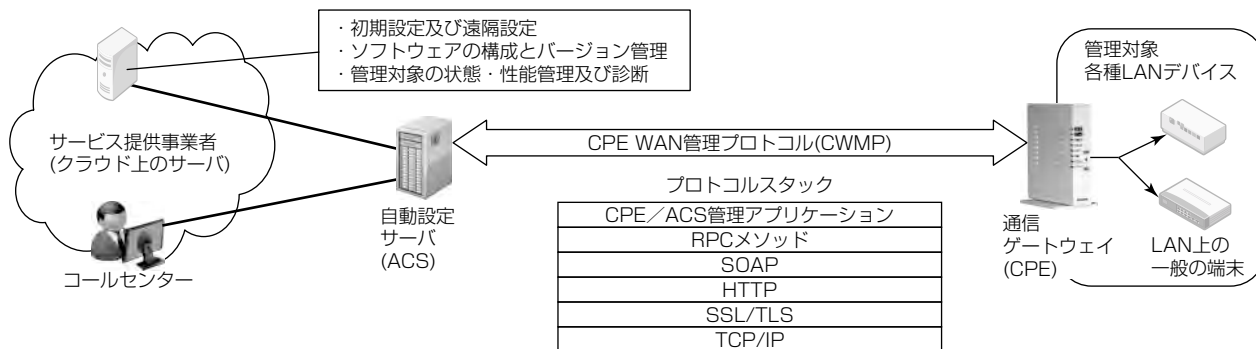
3.4.1 遠隔監視技術

通信ゲートウェイ装置は、BBFで規定された標準プロトコルのTR-069⁽⁴⁾を実装している。TR-069は、SOAP (Simple Object Access Protocol) / HTTP(S) (Hypertext Transfer Protocol(over Secure socket layer)) に基づくプロトコルであり、通信ゲートウェイ装置などの宅内機器と、自動設定サーバとの間の通信を規定している (図 6)。

標準仕様として規定している機能は次のとおりである。

- (1) 初期設定及び遠隔設定
- (2) ソフトウェアの構成とバージョン管理
- (3) 管理対象の状態・性能管理及び診断

通信ゲートウェイ装置では、多岐にわたる機器の詳細情報の管理のため、適用する機器ごとにデータモデルを拡張し、2章で述べた幅広い適用領域への横展開を可能としている。



CWMP : CPE WAN Management Protocol, CPE : Customer Premises Equipment, ACS : Auto Configuration Servers, RPC : Remote Procedure Call, SSL : Secure Socket Layer, TLS : Transport Layer Security

図 6. TR-069による遠隔保守の適用範囲

IP通信機能やTR-069通信機能をサポートしていないスマートメータなど非TR-069デバイス向けに、通信ゲートウェイ装置は、遠隔保守のための中継機能を実現している。

3.4.2 セキュア通信技術

外部ネットワークとの通信で、情報漏洩(ろうえい)や不正侵入による機器の乗っ取りの脅威がある。通信ゲートウェイ装置では、サーバとのセキュアな通信のために、L2TP(Layer Two Tunneling Protocol)/IPSecによるVPN接続をサポートする。暗号化によって、データ秘匿(ひとく)や改ざんの防止、接続時の認証機能を実現し、安全面でクラウドサービスを支える。

4. 通信ゲートウェイ拡張技術

4.1 音声合成技術による音声ガイダンス機能

クラウドサービスやホームネットワークの共通の受け口となる通信ゲートウェイ装置は、今後、多くのユーザーにとって欠かせない装置となり、モノとヒトをつなぐための誰にでもわかりやすいユーザーインタフェースの実現が強く望まれる。

また、24時間クラウドと接続して動作する通信ゲートウェイ装置は、クラウド内の情報を随時アクセスすることが可能であるため、ユーザーにとって有用な情報を、ユー

ザーのライフシーンに合わせたタイミングで、情報提供する装置としての期待も高い。

当社では、これらの要求に応えるため、音声合成技術を使ったナチュラルユーザーインタフェースを備えた通信ゲートウェイ装置を開発している。テキスト音声合成技術⁽⁵⁾によって、了解性の高い音声を用意のテキストから作成できる。このため、様々な内容をユーザーに聞き取りやすい音声でガイダンスすることができる。

音声ガイダンス機能の応用例を図7に示す。ユーザーがスマートフォンなどによって読み上げる対象(特定地域の天気情報など)や条件(時間帯や照明の電源ON等)を設定すると、この対象・条件に応じてクラウドから取得したテキストを音声合成し、スピーカーから読み上げる。

また、遠隔機器の状態の変化(お風呂の湯沸かしの完了、電気自動車の充電完了)や、通信ゲートウェイ装置と各機器との接続で異常が発生した場合等、その機器の状態を音声ガイダンス機能によって具体的に音声で知らせる。

4.2 多彩な利用形態に応じた音声サービス

音声合成技術を用いて、ユーザーの利便性を向上させることによって、サービスの拡張も期待できる。

例えば、サーバ側の音声認識や音声合成のエンジンと、通信ゲートウェイ装置とを連携させることによって、機器の音声操作サービスが実現できる。スマートフォンやタブレット端末のマイク/スピーカー機能を利用して、通信ゲートウェイ装置からクラウドに音声情報を送信し、ユーザーである居住者(発声者)の意図を理解して宅内機器を操作するサービスや、居住者に対して応答・通知するサービスが考えられる。家電など機器の利用を快適にするホームネットワークサービスや、高齢者向けの宅内機器の操作をサポートする生活支援サービス等への適用が有望となる。

ネットワークが接続されていない環境での利用が必要な場合は、通信ゲートウェイ装置にサーバの機能を実装することでサービスの提供が可能となる。

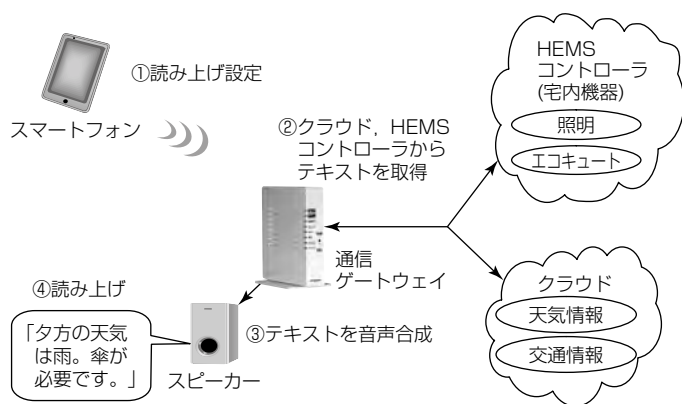


図7. 音声ガイダンス機能の応用例

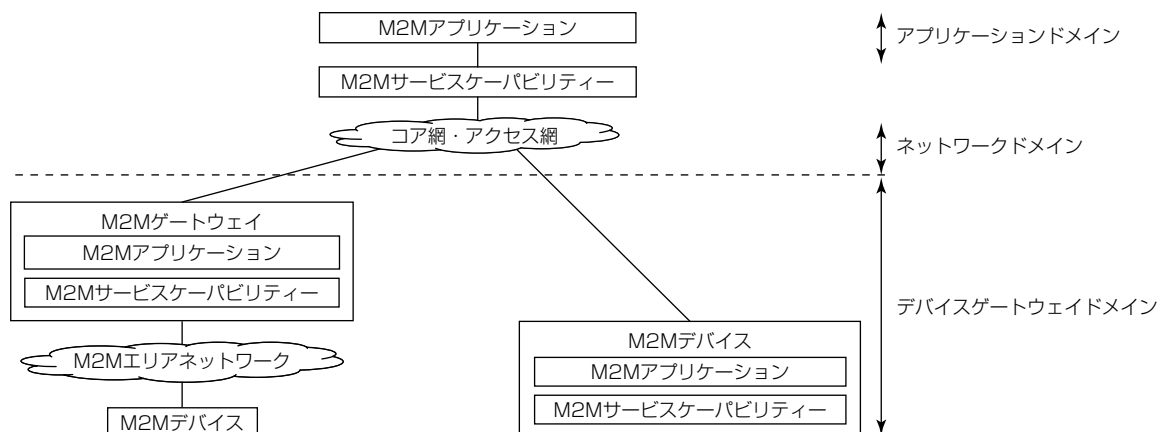


図8. ETSIの技術仕様でのM2Mアーキテクチャ

また、VoIP (Voice over Internet Protocol) / SIP (Simple Internet Protocol) 技術を活用し、複数の通信ゲートウェイ装置と連携して内線通話環境を実現する機能を搭載し、SIPサーバなどの上位機器を設置せずに、簡単に配下のIP電話端末間での通話サービスも提供可能である。

4.3 M2Mサービス

あらゆるモノとモノを接続し、クラウドサービスを活用するM2Mサービスの拡大が予想される。通信ゲートウェイ装置は、このようなサービスへの適用が期待できる。

M2Mの標準化は、欧州の標準化団体であるETSI (The European Telecommunications Standards Institute) が積極的な活動を進めていたが、2012年7月に(社)電波産業会 (ARIB)、(社)情報通信技術委員会 (TTC) を始めとする世界の標準化団体が協調した標準化の実現のため、oneM2M initiativeを設立した。当社もARIB、TTCを通して活動に参画している。

ETSIの技術仕様でのM2Mアーキテクチャを図8に示す⁽⁶⁾。ETSIでは、M2Mの機能を、オープンインタフェースを介して提供するM2Mサービスケーパビリティ (プラットフォーム機能) と、M2Mアプリケーションを実行するM2Mデバイス、M2Mデバイスとネットワークドメイン間のプロキシとして動作するM2Mゲートウェイを検討している。

当社は、M2Mゲートウェイ実現のために、次の3つが重要であると考えている。

- (1) M2MアプリケーションとM2Mサービスケーパビリティのソフトウェアを配布・実行する環境提供
- (2) 遠隔からM2Mデバイスのアクセスを安心・安全に実現するアクセス制御
- (3) 多様なデバイスをM2Mエリアネットワークで接続するためのネットワークインタフェースの拡張

通信ゲートウェイ装置はM2Mゲートウェイとして機能し、ソフトウェアの配布・実行環境の提供については、OSGi上のM2M用拡張機能として実現する。また、遠隔ア

クセス制御のためのM2Mエリアネットワークでの接続認証機能や、プロキシ機能を提供する。

ネットワークインタフェースについては、USBによってインタフェースの種別を拡張することによって、特定小電力無線やZigBee^(注6) など様々な物理通信インタフェースを収容できる。

(注6) ZigBeeは、ZigBee Alliance, Inc. の登録商標である。

5. むすび

クラウドサービスの実現を可能とする通信ゲートウェイ技術として、提供可能なサービスとアーキテクチャ及び通信ゲートウェイ装置を構成する技術と当社の取組みを述べた。

家庭及び工場、ビル向けなど広範な事業向けのクラウドサービスに適用する通信ゲートウェイの技術開発によって、省エネルギーで、かつ安全・安心な社会の更なる発展に貢献していく。

参考文献

- (1) 鹿島和幸, ほか: サービス事業者向け通信ゲートウェイ, 三菱電機技報, **86**, No.10, 548~551 (2012)
- (2) ECHONET Lite規格書Ver.1.00
http://www.echonet.gr.jp/spec/spec_v100_lite.htm
- (3) OSGi Release 4, Version 4.3
<http://blog.osgi.org/2012/05/compendium-43-and-residential-43.html>
- (4) BBF, CPE WAN Management Protocol v1.2 (2010)
http://www.broadband-forum.org/technical/download/TR-069_Amendment-3.pdf
- (5) 大塚貴弘, ほか: テキスト音声合成技術, 三菱電機技報, **85**, No.11, 641~644 (2011)
- (6) ETSI TS 102.690 V1.1.1 (2011)
http://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/102600_102699/102690/01.01.01_60/ts_102690v010101p.pdf

3G/LTE共用 フェムトセル無線基地局装置

御宿哲也* 福井範行**
中澤正幸*
武啓二郎**

Base Transceiver Station for 3G/LTE Dual Femto-cell Wireless Communications Systems

Tetsuya Mishuku, Masayuki Nakagawa, Keiji Take, Noriyuki Fukui

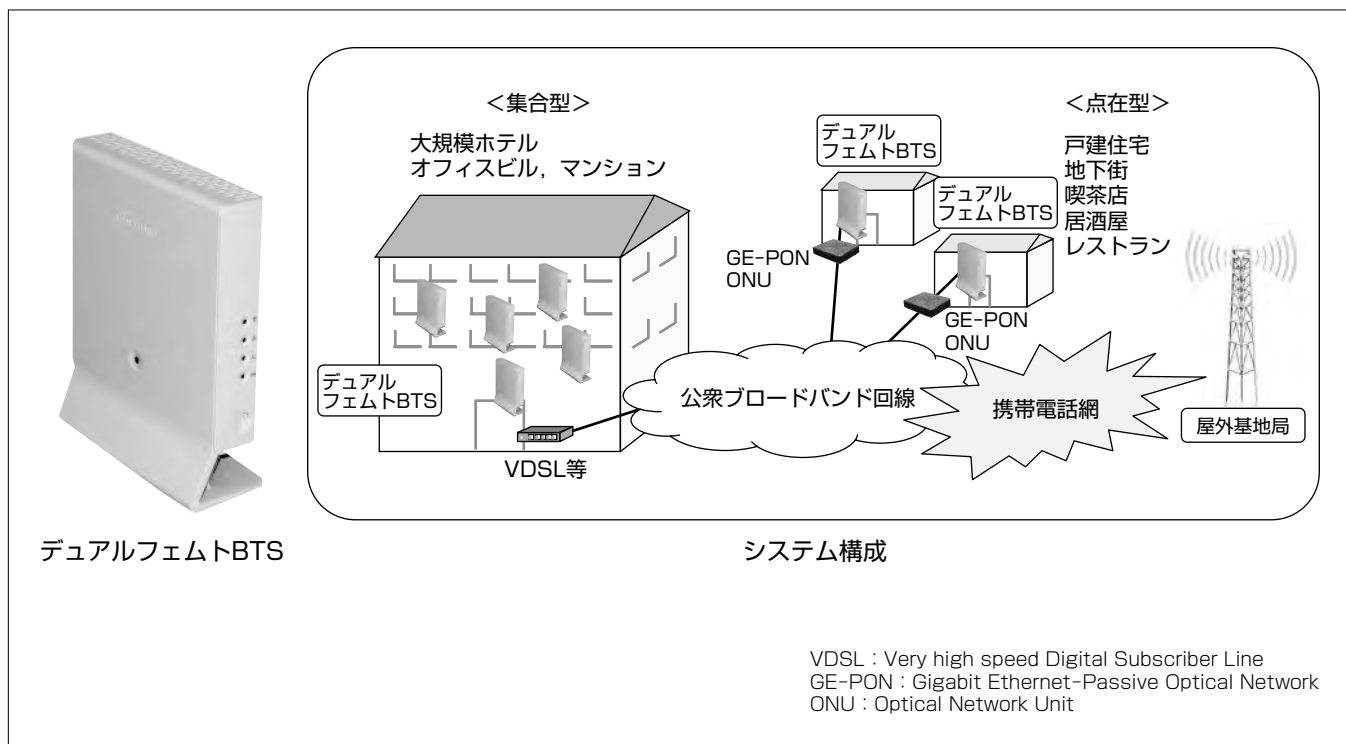
要 旨

スマートフォンやタブレット端末など、高性能な携帯端末の普及などによって、移動通信トラフィックが急速に拡大している。通信事業者は、高速通信が可能なLTE方式の導入、基地局装置の増設、無線LANを活用したオフロード等による対策を行っている。基地局装置の整備には設置場所の確保や設置工事が必要なため、短期間に通信環境を改善できるだけでなく極小セル化による電波の利用効率の向上が可能な屋内向け超小型基地局装置の導入が進められている。

三菱電機は、2009年度に開発した3Gフェムトセル無線基地局装置(“下り14Mbps, 上り5.7Mbps”)を基に、新たにLTE方式(“下り112.5Mbps, 上り37.5Mbps” @15MHz)にも対応した3G/LTE共用フェムトセル無線基地局装置(以下, “デュアルフェムトBTS(Base Transceiver Station)”)という。)を(株)NTTドコモ向けに開発した。この装置は、

公衆ブロードバンド回線に接続するだけで、自動的に周辺基地局の電波状況をサーチして利用可能となるプラグ&プレイ機能を搭載し、煩雑な設定作業なしに3G方式とLTE方式の携帯端末を同時に収容可能である。また、3G機能部とLTE機能部の共用化を図り、本体に3GとLTEの両通信方式を同時にサービス可能な回路を実装したことに加え、3G/LTE共用アンテナを内蔵し、装置体積で約1.45リットル以下に小型化した。さらに、放熱構造の最適化によって、自然空冷によるメンテナンスフリー化と静音化を合わせて実現した。

当社は、デュアルフェムトBTSによるLTE方式の通信エリア拡大とサービス品質向上を通じて住居・店舗・オフィスにおけるスマートフォンなどの携帯端末が、より快適かつ便利に使用できる高速通信環境の構築に貢献していく。



3G/LTE共用フェムトセル無線基地局装置

今回開発したデュアルフェムトBTSによって、LTE方式の通信エリアの拡大とサービス品質向上を実現し、住居・店舗・オフィスにおけるスマートフォンなどの携帯端末での高速通信(“下り112.5Mbps, 上り37.5Mbps” @15MHz)が可能になった。

また、公衆ブロードバンド回線に接続するだけで、有線・無線に関する各種パラメータを自動的に取得するプラグ&プレイ機能の搭載によって、煩雑な設定作業なしに、3G方式とLTE方式の携帯端末を同時に収容可能な無線基地局装置の展開が可能になった。この装置の展開によって、短期間での通信環境改善と極小セル化による電波の利用効率向上が期待される。

1. ま え が き

スマートフォンやタブレット端末等、高性能な携帯端末の普及や動画などの大容量コンテンツの利用増加によって国内の移動通信トラフィックは、年間約2倍以上のペースで増加している⁽¹⁾。通信事業者は、高速通信が可能なLTE方式の導入、基地局装置の増設、無線LANによるオフロード等を用いた対策を行っている。基地局装置の整備には設置場所の確保や設置工事が必要なため、短期間に通信環境を改善できるだけでなく極小セル化による電波の利用効率の向上が可能な屋内向け超小型基地局装置の導入が進められている。

この屋内向け超小型基地局の円滑な導入や活用に向け、2008年10月には電波法改正によって免許申請手続が簡易化され、また同年12月には事業者間の運用ガイドラインが公表されるなど、国内の運用環境が整備された。その結果、国内の通信事業者は3社(NTTドコモ、KDDI、ソフトバンクモバイル)とも3G方式の屋内向け超小型基地局を運用している。

これまで、当社は3G方式のフェムトセル無線基地局装置を(株)NTTドコモ向けに開発し、2007年度に開発したフェムトBTSでは“下り(基地局→携帯)3.6Mbps、上り(携帯→基地局)384kbp”に対応し⁽²⁾⁽³⁾、さらに、2009年度に開発した高性能フェムトBTSでは“下り14Mbps、上り5.7Mbps”への高速化を実現した⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁶⁾。

今回、この3G方式のフェムトセル無線基地局装置をもとに、新たにLTE方式(“下り112.5Mbps、上り37.5Mbps”@15MHz)をサービス可能としたデュアルフェムトBTSを(株)NTTドコモ向けに開発した。

本稿では、デュアルフェムトBTSのシステム構成と各部の特長について述べる。なお、本稿で使用する英略語一覧を表1に示す。

2. システム概要

デュアルフェムトBTSは、従来のフェムトBTSと比較して、3G方式だけでなくLTE方式の同時サービスを提供し、プラグ&プレイ機能のLTE方式への拡張によって基地局設置の容易化を実現した。

2.1 主要諸元

デュアルフェムトBTSの主な仕様を表2に示す。通信速度については、LTE方式に対応したことによって、3G方式と比べ、送信速度約8倍の高速大容量な通信サービスが提供可能となった。

2.2 特 長

(1) LTE方式適用による高速サービス提供

3G方式の次世代規格であるLTE方式(“下り112.5Mbps、上り37.5Mbps”@15MHz)の通信機能搭載によって、動画などの大容量コンテンツの快適な視聴が可能

(2) プラグ&プレイ機能によって設置が容易

プラグ&プレイ機能の搭載によって、公衆ブロードバンド回線にこの装置を接続するだけで、自動的に周辺基地局の電波状況をサーチできるため、ユーザーは煩雑な設定作業なしに容易に基地局の設置が可能

表1. 本稿で使用する英略語一覧

英略語	意味
BTS	携帯電話基地局
UE	移動機
RNC	3G無線ネットワーク制御装置
EPC	LTE無線ネットワーク制御装置
LTE	Long Term Evolution
HSDPA	High Speed Downlink Packet Access
HSPA	High Speed Packet Access
HSUPA	High Speed Uplink Packet Access
IP	Internet Protocol
IPSec	Security Architecture for Internet Protocol
PPPoE	Point-to-Point Protocol on Ethernet
DHCP	Dynamic Host Configuration Protocol
USIM	Universal Subscriber Identity Module
W-CDMA	Wideband Code Division Multiple Access

表2. 主要諸元(ハードウェア)

項目	3G/LTE共用フェムトセル無線基地局装置 (デュアルフェムトBTS)		高性能フェムトセル無線基地局装置 (フェムトBTS)
通信方式	LTE	3G(W-CDMA)	3G(W-CDMA)
周波数帯域	2GHz帯	2GHz帯	2GHz帯
送信出力	60mW(15MHz)	20mW	20mW
キャリア/セクタ数	1キャリア/セクタ	1キャリア/セクタ	1キャリア/セクタ
通信速度	基地局→携帯	最大112.5Mbps	最大14Mbps(HSDPA)
	携帯→基地局	最大37.5Mbps	最大5.7Mbps(HSUPA)
装置構成	筐体一体型(自然空冷)		筐体一体型(自然空冷)
アンテナ	内蔵アンテナ		外部アンテナ
大きさ	H185×W175×D45(mm)(約1.45リットル)		H180×W135×D35(mm)(約0.85リットル)
質量	約700g		約600g
伝送路インタフェース	IP(10BASE-T/100BASE-TX/1000BASE-T)		IP(10BASE-T/100BASE-TX)
Plug&Play機能	あり		あり

(3) 小型化

図1にデュアルフェムトBTSの外観を示す。3G機能部とLTE機能部の共用化や、3G機能部とLTE機能部の同一基板上への実装によって、3G/LTE共用アンテナの内蔵と合わせて、装置体積で約1.45リットルに小型化した

3. デュアルフェムトBTSを支える主要技術

この章では高速処理及び小型化を実現するために、デュアルフェムトBTSで採用した技術について述べる。

3.1 小型化

3G機能部とLTE機能部の共用化を図り、1枚の基板上に実装するだけでなく、3GとLTE両通信方式共用アンテナを内蔵した。

図2にデュアルフェムトBTSのブロック図を示す。3GとLTEの信号処理は、独立した回路で実現しているが、LTE方式に必要な送受信2つの増幅器とアンテナは3G機能部とLTE機能部で共用化した。また、WAN(Wide Area Network)側の接続はLTE機能部をフロントエンドとすることによって共用化を図った。

さらに、放熱構造の最適化による冷却ファンレス設計を推進し自然空冷にすることによって、メンテナンスフリー化・長寿命化・静音化を実現し、装置体積で約1.45リットル以下に小型化した。

3.2 有線プラグ&プレイ機能

デュアルフェムトBTSは、手軽で安価に利用できる公衆ブロードバンド回線を介してバックボーンに接続するため、ブロードバンド回線に接続するだけで、IPアドレスなど各種パラメータを自動的に取得する有線プラグ&プレイ機能を搭載した。これによって煩雑な設定作業を自動化し

て基地局設置の容易化を図り、短期間での通信環境改善と極小セル化による電波の利用効率向上を実現した。

また公衆ブロードバンド回線における安全性及び信頼性を確保するため、次のプロトコルをサポートしている。

- (a) IPsec(IETF RFC2401ほか)
- (b) PPPoE(IETF RFC1661/RFC2516ほか)
- (c) DHCP(IETF RFC2131/RFC2132ほか)
- (d) USIM(ISO/IEC7816ほか)

次に、デュアルフェムトBTSの公衆ブロードバンド回線を介したネットワーク接続形態を図3に示す。デュアルフェムトBTSがサポートするインタフェースはイーサネット^(注1)であるため、公衆ブロードバンド回線の回線終端装置を介して、PPPoEで網側装置^(注2)側と接続する。デュアルフェムトBTSと網側装置のIPsecルータ間は、IPsecで暗号化し、公衆ブロードバンド回線上での秘匿性を確保した。

(注1) イーサネットは、富士ゼロックス(株)の登録商標である。
(注2) LTEではEPC、3GではRNC

3.3 無線プラグ&プレイ機能

超小型基地局の設置によって、既存の基地局との間で電波干渉が発生し、既存基地局のエリアを狭めてしまう懸念がある。このため既存基地局への影響を最小限に抑えるために、周辺の基地局の電波状況をもとに超小型基地局で使用する周波数や送信電力を決定する必要がある。

デュアルフェムトBTSでは、周辺の3G方式の基地局だけでなく、LTE方式の基地局の電波状況を観測する周辺セルサーチ機能を備え、周辺の基地局の電波状況をもとに使用周波数や送信電力を決定する無線プラグ&プレイ機能を搭載した。なお、周辺セルサーチは、携帯端末との通信



図1. デュアルフェムトBTS

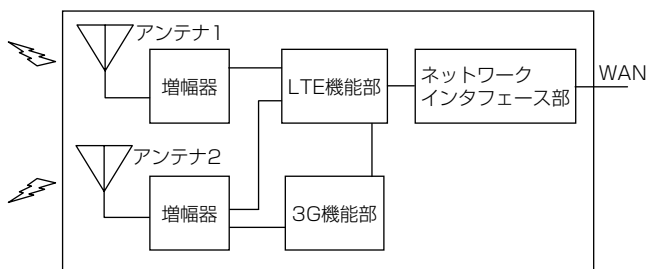


図2. デュアルフェムトBTSのブロック図

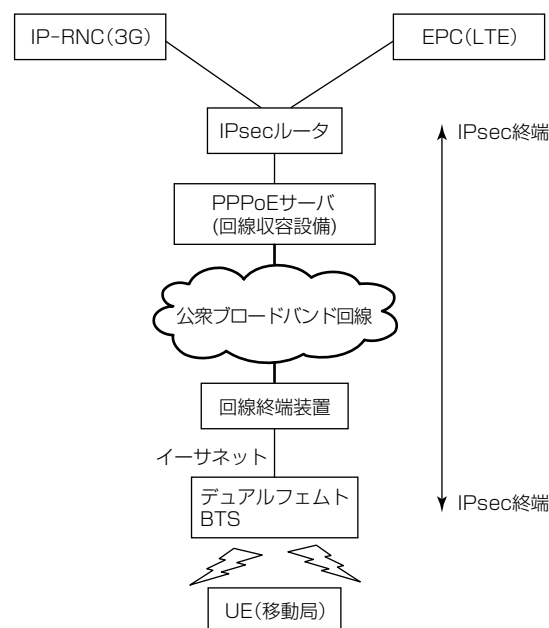


図3. 公衆ブロードバンド回線を介したネットワーク接続形態

を実施していない時間に行うことを想定しているため、通信用の回路とセルサーチ用の回路を共用することで、回路規模やCPU処理負荷を増加させることなく実現している。

3.4 リンクアダプテーション機能

超小型基地局と携帯端末との間の距離や遮蔽物の有無によって、無線伝送品質が変化する。また、既存の基地局との間の電波干渉によっても、無線伝送品質が変化する。

この無線伝送品質の変化に応じて最適な伝送速度を実現するために、デュアルフェムトBTSではリンクアダプテーション機能を搭載した。下り送信の場合は、携帯端末から報告される無線伝送品質に応じて、基地局側の変調方式、誤り訂正符号の冗長度、複数アンテナ送信方式を決定する。上り受信の場合は、携帯端末の受信信号から無線伝送品質を測定し、携帯端末側の変調方式、誤り訂正符号の冗長度、送信電力を決定する。このリンクアダプテーション機能によって、無線伝送品質がよい携帯端末は、より高速伝送が実現でき、無線伝送品質が悪い携帯端末は、低速ではあるが誤りが少ない高信頼伝送を実現できる。

3.5 保守機能

デュアルフェムトBTSは、運用開始後にシステムの機能追加や修正に対応するため、ネットワーク経由で制御プログラムを更新できる機能を備えている。また、ネットワーク経由で、機能ブロックごとの障害状況などの内部状態信号をモニタすることも可能な構成になっており、障害発生時の遠隔からの原因切り分けや処置による迅速なサービス復旧を実現している。

4. む す び

従来の3G方式に加え、3G方式の次世代携帯電話規格であるLTE方式に対応した3G/LTE共用フェムトセル無線基地局装置について(株)NTTドコモ向けに開発した製品の概要と特長について述べた。

今後は、LTE対応フェムトセル無線基地局装置に対して、更なる小型・低消費電力化の開発及びキャリアアグリゲーション等、LTE Advancedサービス提供⁽⁷⁾の検討にも取り組んでいく。

また、今後、移動通信インフラは、マクロ基地局/ピコ基地局/フェムト基地局/無線中継器といった無線基地局

の多様化とセルの重層化、新たな周波数帯域の追加、無線LAN/衛星通信といった異種無線方式が融合したヘテロジニアスネットワーク(HetNet)⁽⁸⁾への進化が予想される。さらに、ホームネットワークの発展に伴い、宅内機器に内蔵される様々な通信端末機器間の連携や、端末機器と宅外ネットワークとの連携⁽⁹⁾がより一層加速すると考えられる。当社は通信サービスの利便性の向上や、より快適な通信環境の実現に向け、これからも通信ネットワークの技術開発に取り組んでいく。

参 考 文 献

- (1) 総務省無線LANビジネス研究会：無線LANビジネス研究会報告書（2012）
- (2) フェムトセル用W-CDMA超小型基地局装置，三菱電機技報，**82**，No.1，25（2008）
- (3) 渡辺貴之，ほか：フェムトセル用超小型基地局装置の開発，NTT DOCOMOテクニカル・ジャーナル，**16**，No.2，61～65（2008）
- (4) 高性能フェムトセル無線基地局装置，三菱電機技報，**84**，No.1，17（2010）
- (5) 寺山武志，ほか：家庭内における新たなサービスを提供するフェムトセル技術，NTT DOCOMOテクニカル・ジャーナル，**17**，No.4，19～25（2010）
- (6) 青山幸二：NTTドコモのフェムトセルサービスの取組み，電気通信2010年2月号，13～20（2010）
- (7) ITU-R：Detailed specification of the terrestrial radio interfaces of International Mobile Telecommunications Advanced (IMT-Advanced)；Recommendation ITU-R M.2122（2012）
- (8) 丹野元博，ほか：LTE-Advancedにおけるヘテロジニアスネットワーク，電子情報通信学会技術研究報告，MoMuC，モバイルマルチメディア通信 109(441)，95～100（2010）
- (9) 3rd Generation Partnership Project：Technical Specification Group Services and System Aspects；Local IP Access and Selected IP Traffic Offload（Release 10）3GPP TR 23.829 V10.0.1（2011）

佐藤升一* 石田和行**
新宅宏彰*
小口和海**

100Gbps長距離伝送技術

100Gbps Long Distance Transmission Technology

Shoichi Sato, Hiroaki Shintaku, Kazuumi Koguchi, Kazuyuki Ishida

要 旨

携帯型通信端末の普及に伴い、モバイルバックホールを中心に通信需要が急増し、100GbE(100ギガビットイーサネット)信号を収容可能なルータなどの導入が本格化している。その背景の中、基幹系メトロネットワークや海底ケーブルネットワークの波長多重伝送装置(Wavelength Division Multiplexing: WDM)では、ラインレート100Gbps超の長距離伝送技術が注目されている。

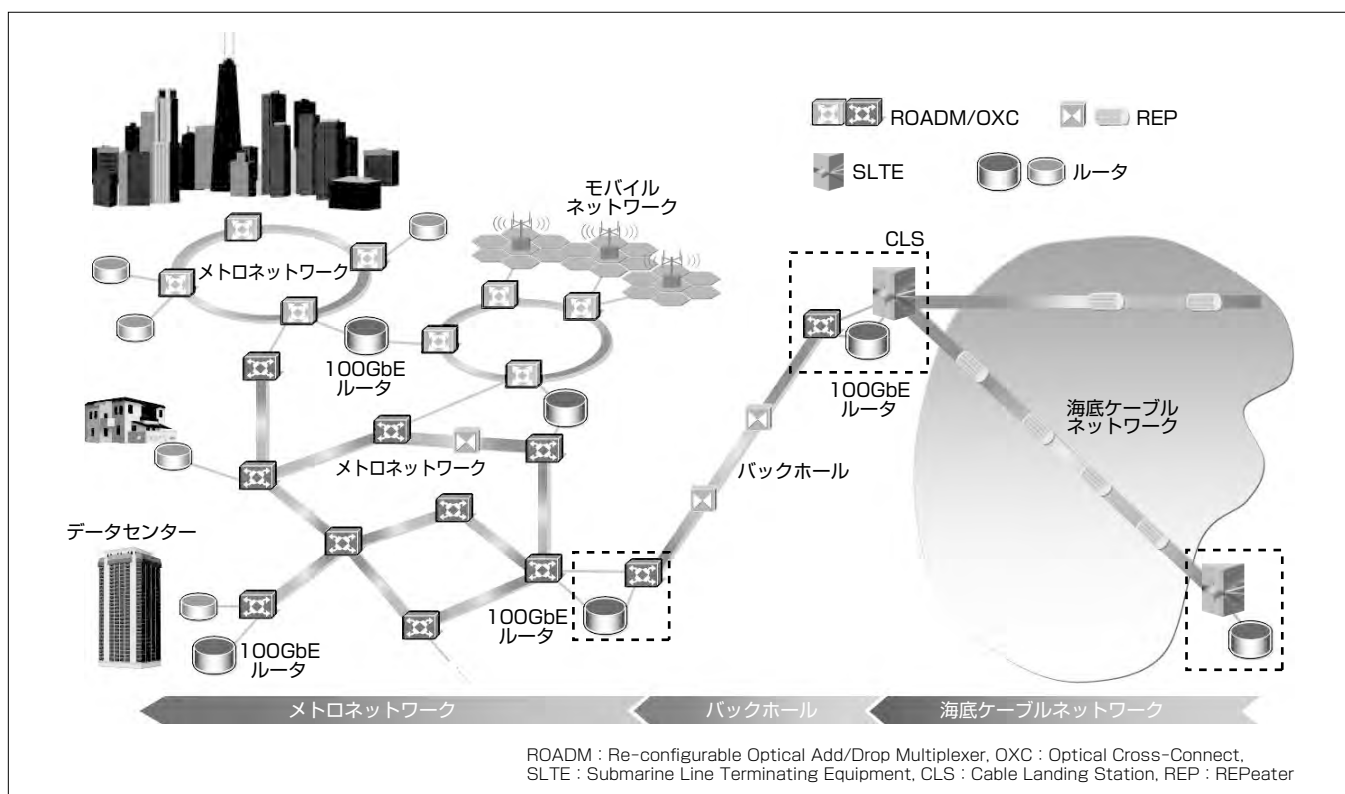
100Gbpsの長距離伝送実現には、電子回路の高速化技術やデバイス技術だけでなく、受信感度向上技術、伝送媒体である光ファイバ中で発生する非線形光学効果に代表される伝送性能劣化要因を補償・回避する新たな技術が必要である。従来の10Gbps/40Gbps伝送に比べ、達成すべき技術的課題の難易度は飛躍的に上がっている。

これらの課題に対し、コヒーレント技術、高利得誤り訂正技術、伝送設計技術を組み合わせることで克服し、100Gbps長距離伝送を実現した。

コヒーレント技術では、新たな検波方式と、強力な波形等化機能を持つ超高速LSI(Large Scale Integration)の採用によって受信感度向上、伝送性能劣化要因の補償を実現した。高利得誤り訂正技術では、デジタルコヒーレント方式と親和性の高い軟判定誤り訂正符号と硬判定符号を組み合わせた3重連接符号を適用し、従来の誤り訂正技術に比べ受信感度を約2dB向上させた。伝送設計技術では、実回線を高精度に模擬できる計算機シミュレーション手法や、伝送評価技術によって、長距離伝送するための伝送条件をチューニングすることで伝送性能劣化要因を事前に回避できるようにした。

これらの技術を適用し、海底ケーブル/メトロネットワーク向け100Gbps WDM光通信装置を開発した。

今後高速大容量伝送技術を継続強化し、より柔軟かつ省電力なネットワーク構築に貢献していく。



WDMシステム

1本の光ファイバに複数の異なる波長の光信号を多重して伝送する方式である。1本のファイバを複数の波長で共有するため、大容量通信を低コストで実現することができる。また、通信需要に応じて波長数を増減することもできる。

1. ま え が き

メトロネットワークや海底ケーブルネットワークの波長多重伝送(WDM)装置は、近年の急激な通信需要の増加に対応するため、1波長あたりの伝送速度の高速化要求が高まっている。これらの要求にこたえるために、10Gbps、40Gbpsの伝送速度を更に高速化し、100Gbps以上とする高速化技術と長距離伝送技術の実用化が不可欠である。100Gbps化では、電子回路や光電子デバイスの高速化だけでなく、高速化に伴って厳しくなる光信号/雑音比(Optical Signal to Noise Ratio: OSNR)耐性の強化、伝送路ファイバ中の波形歪(ひず)みの補償技術等が必要となる。これに対し、コヒーレント変復調技術、誤り訂正技術及び伝送設計技術の改良によって、これらの課題に取り組み、海底ケーブル向け/メトロネットワーク向け100Gbps WDM光通信装置を開発した。

2. 長距離伝送技術

有線光通信システムの信号光は、光送信器から高いOSNRで送信され、中継する光増幅器で光雑音が足し合わされることで徐々に劣化しながら、最終的に光受信器で受信される。受信したOSNRが低いほど正しく信号再生できず、誤り率が大きくなる。長距離伝送するには、このOSNRと伝送路ファイバ中で発生する信号劣化要因の劣化量を適切に管理することが重要となる。OSNRは光レベルダイヤ設計と光増幅器の接続段数や、光利得によって決定される。100Gbps長距離伝送システムでは、従来の10Gbps/40Gbps伝送に比べ、伝送速度に応じた高いOSNRが必要となる。しかし、10Gbps用に整備されたネットワークでは光増幅器の種類や数は決まっており、OSNRの改善は困難である。そのため、OSNR耐性の強化や伝送路ファイバ中で発生する信号劣化量を低減させる技術も必須であり、コヒーレント技術、高利得誤り訂正技術及び伝送設計技術が重要となる。

2.1 コヒーレント技術

コヒーレント光通信方式は、光通信用送受信器に超高速デジタル信号処理技術を導入することで、光ファイバ伝送性能を飛躍的に向上させる技術である。コヒーレント方式の基本をなすコヒーレント受信方式は、従来の直接検波方式と比較して高い受信感度の実現が可能であることから、光ファイバ増幅器がなかった1980年代に盛んに研究されていた。特に、近年、超高速LSIによって実装可能となったデジタル信号処理を取り入れることによって、これから述べるようなメリットが得られることから注目され、デジタルコヒーレント伝送方式として実用化されることとなった。

2.1.1 受信感度の改善

従来、コヒーレント検波方式は直接検波方式に比べて高

い受信感度が得られることは知られていた。しかし、その実現には局部発振光を受信信号光の位相・偏波変動に追従させるための光位相同期ループや偏波制御が必要であり、この実用化が容易ではなかった。デジタルコヒーレント方式では、位相/偏波ダイバーシチ・ホモダイン受信器出力を高速A/D(Analog to Digital)コンバータによってデジタルデータに変換し、デジタル信号処理によって信号光のキャリア位相推定及び偏波分離を行う。このため、局部発振光は信号光の位相・偏波を追尾する必要がなくなり、システムとしては光位相同期ループや偏波制御器が不要となるなど、システムの安定度が格段に向上した。これによって高感度受信が可能なコヒーレント検波方式を安定して運用することが可能となり、従来の直接検波方式に比べて3 dB低いOSNRでも同一の信号品質を得ることができる。

2.1.2 強力な波形等化機能

高速なデジタル信号処理技術によって、従来では受信器内では困難であった強力な波形等化機能を実現する。この波形等化機能によって、伝送速度100Gbps化によって顕著となる波長分散、偏波モード分散による波形歪みが原因で生じる伝送距離制限を飛躍的に緩和することができる。また、すべての波長分散補償を送受信器内で行えるため、従来のシステムでは必要であった分散補償ファイバ及びそのファイバ損失を補う光増幅器を削減することができる。

2.1.3 周波数利用効率の向上

光学的アナログ処理では安定動作が困難であった偏波多重分離を実現できることから、従来の波長多重システムの周波数利用効率を2倍に向上させることができ、大容量化が可能となる。また、超高速のA/Dコンバータを用いるため、多値信号変復調技術との親和性が高く、周波数利用効率の向上にも資する。

これらのメリットのあるデジタルコヒーレント方式ではあるが、実用化に際しては長距離伝送向け回線設計技術の併用が重要となっている。

デジタルコヒーレント方式では、受信器内で電子回路による波長分散補償が可能であるが、光ファイバの非線形性による信号劣化の補償は困難である。そのため、光ファイバの非線形効果を抑圧するための信号レベル設計や分散マップの最適化は、依然として重要な技術課題である。また、コヒーレント技術を用いることで4値位相変調といった多値信号が扱えるため、1波長当たりの伝送容量を拡大することが可能であるが、多値変調方式自体は従来の強度変調方式に比べて高いOSNRが要求される。これらの課題を、2.2節の高利得誤り訂正技術、2.3節の伝送設計技術によって克服した。

2.2 高利得誤り訂正技術

軟判定誤り訂正方式は、受信信号を複数のしきい値で識別し、より確からしい1(又は0)か、不確かな1(又は0)

かを表す尤度(ゆうど)情報を得ることによって、硬判定誤り訂正方式よりも誤り訂正性能を高めることが可能な方式である。コヒーレント方式では、受信側でのデジタル信号処理の際にA/Dコンバータが必須であることから、誤り訂正で軟判定方式を採用することが容易である。三菱電機は、硬判定接続符号(Enhanced Forward Error Correction: EFEC)に、軟判定符号の一種である低密度パリティ検査(Low Density Parity Check: LDPC)符号を更に接続させた三重接続符号を提案している⁽¹⁾。また、LDPC符号のアルゴリズムについては、最先端の微細加工技術を駆使したLSIへの実装に適したものとなるように改善し、訂正性能と回路規模の最適化を図っている。表1に三重接続符号の主要諸元を示す。

三重接続符号に関する100Gbpsでの誤り訂正性能のシミュレーション結果と実機測定結果を図1に示す。誤り訂正後のビット誤り率が 10^{-15} でのQリミットは6.2dBであり、シミュレーションと実測が一致することを確認でき、三重接続符号の有用性を実証した。100Gbpsシステムでもこの方式を適用し、長距離伝送を実現している。

表1. 三重接続符号の主要諸元

項目	諸元
内符号	イレギュラーQC-LDPC(4,608, 4,080)
外符号	Unequal Error Protection BCH
復号アルゴリズム	可変オフセットBelief Propagation
繰返し復号回数	16
冗長度	20.5%(内符号 13%, 外符号 7%)
ネット符号化利得	11.0dB@ 10^{-15}
Qリミット	6.2dB

QC : Quasi-Cyclic
BCH : Bose-Chaudhuri-Hocquenghem

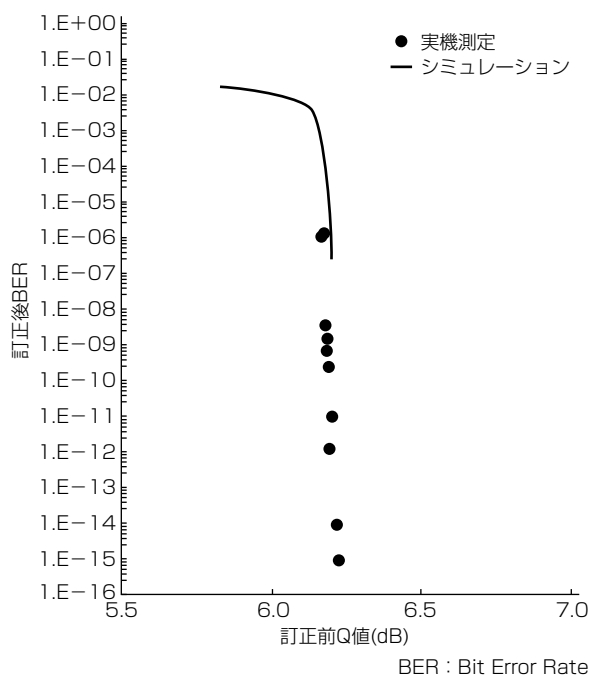


図1. 三重接続符号の誤り訂正性能のシミュレーションと実験結果⁽²⁾

2.3 伝送設計技術

長距離伝送の実現には、ファイバ種別、伝送距離、光変復調方式、光レベルダイヤ、波長配置間隔、分散補償方式等の各諸元の最適化を行う伝送設計技術が必要となる。そこで、長距離伝送特性を検証する計算機シミュレーション設備、伝送評価設備を高精度化した。実サービス環境を想定して、各種条件の模擬が可能で、設計段階における高精度な伝送性能評価を可能とした。図2に計算機シミュレーション設備を用いて、100GHzの波長間隔で100Gbps信号(DP-QPSK方式: Dual-Polarized Quadrature Phase Shift Keying)と10Gbps信号(OOK(On-Off Keying)方式)を配置した際の伝送特性例を示す。一般的に光変調方式が異なる信号を隣接して波長多重した場合に信号劣化量が大きくなり、ガードバンドを設ける必要性があった。しかし、伝送路へ入力する光パワーを十分低く(-2dBm)管理することで、両信号間のガードバンドを不要とし、100Gbps信号を既存10Gbpsシステムに混在収容可能にした。図3に100Gbpsの波長多重信号を3,000km伝送したときの光スペクトル波形及び偏波多重4値位相変調信号(DP-QPSK)のコンステレーションマップを示す。それぞれの偏波に対して信号復調できており、3,000km伝送が可能であることを示している。

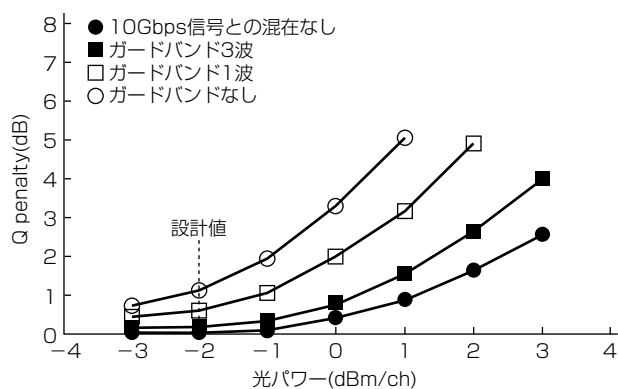


図2. 10Gbps信号の有無による100Gbps信号の伝送特性(計算機シミュレーション)⁽³⁾

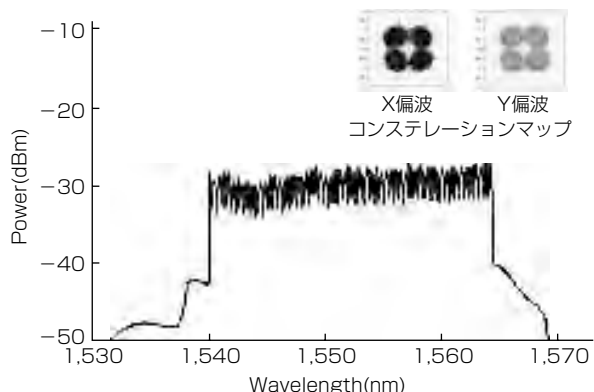


図3. 3,000km伝送後の100Gbps信号の波長多重スペクトルとコンステレーションマップ



図 4. 100Gbps トランスポンダカード

3. 100Gbps WDM光通信装置

これまでに述べた技術を用いて、長距離伝送可能な海底ケーブル／メトロネットワーク向けWDM光通信装置に適用可能な100Gbps トランスポンダ／マックスポンダを開発した。

100Gbps トランスポンダ／マックスポンダは、クライアント装置からの信号を受信し、長距離伝送に適した信号フォーマットへのマッピングや、任意の波長に変換しライン側に送信する機能と、ライン側で受信した信号をコヒーレント技術によって自動的に波形等化し、高利得誤り訂正を行った後、クライアント装置へ送信する機能を持つ。

図 4 に100Gbps トランスポンダカードの外観を示す。従来の直接検波方式に比べ、コヒーレント光送受信器は複雑な構成をとるため、送信用光源、多値光変調器、90度光ハイブリッド、バランス型フォトダイオード、局部発振光源等の光デバイスの集積化を図っている。表 2 に主要諸元を示す。

メトロネットワークでは、2 章で述べた長距離伝送技術によって、10Gbps／40Gbps用に設計したネットワークで、10Gbps／40Gbps トランスポンダカードとほぼ同等の長距離伝送を実現した。これによって、3R再生中継用品の削減、ネットワーク全体の低消費電力化、システムコスト低減が期待できる。

表 2. 100Gbps トランス／マックスポンダカードの主要諸元

項目		諸元
ライン側 インタフェース	伝送速度	OTU4v (127.156Gbps)
	変調方式	DP-QPSK
	誤り訂正機能	表 1 記載
	分散補償耐力	$\pm 40,000\text{ps/nm}$
クライアント側 インタフェース	収容信号	100GbE \times 1 ch
		OC-192/STM-64, 10GbE, OTU2 \times 10ch
		OC-768/STM-256, 40GbE \times 2 ch

4. む す び

100Gbps伝送を実現するコヒーレント技術、長距離伝送技術と、この技術を適用した100Gbps WDM光通信装置について述べた。これらが、光通信ネットワークの大容量化と長距離伝送性能向上による設備削減、ネットワーク全体の低消費電力化に寄与することを期待する。

この研究開発の一部は、平成21年度から平成23年度に実施した総務省の委託研究“超高速光伝送システム技術の研究開発(デジタルコヒーレント光送受信技術)”及び“超高速光エッジノード技術の研究開発”の成果である。

参 考 文 献

- (1) Miyata, Y., et al.: A triple-concatenated FEC using soft-decision decoding for 100Gb/s optical transmission, Optical Fiber Communication Conference, OSA Technical Digest, OThL3 (2010)
- (2) Onohara, K., et al.: Experimental demonstration of triple-concatenated FEC for digital coherent systems and future FEC technology, SubOptic 2013, to be appeared
- (3) 別所浩資, ほか: 100Gbpsデジタルコヒーレント信号のファイバ種別に対する伝送特性の検討, 電子情報通信学会総合大会講演論文2012_通信(2), B-10-56 (2012)

“メルック μ^+ ”システム

寺内弘典*
山本良和*
豊田晋二郎*

"MELOOK μ^+ " System

Hironori Terauchi, Yoshikazu Yamamoto, Shinjiro Toyota

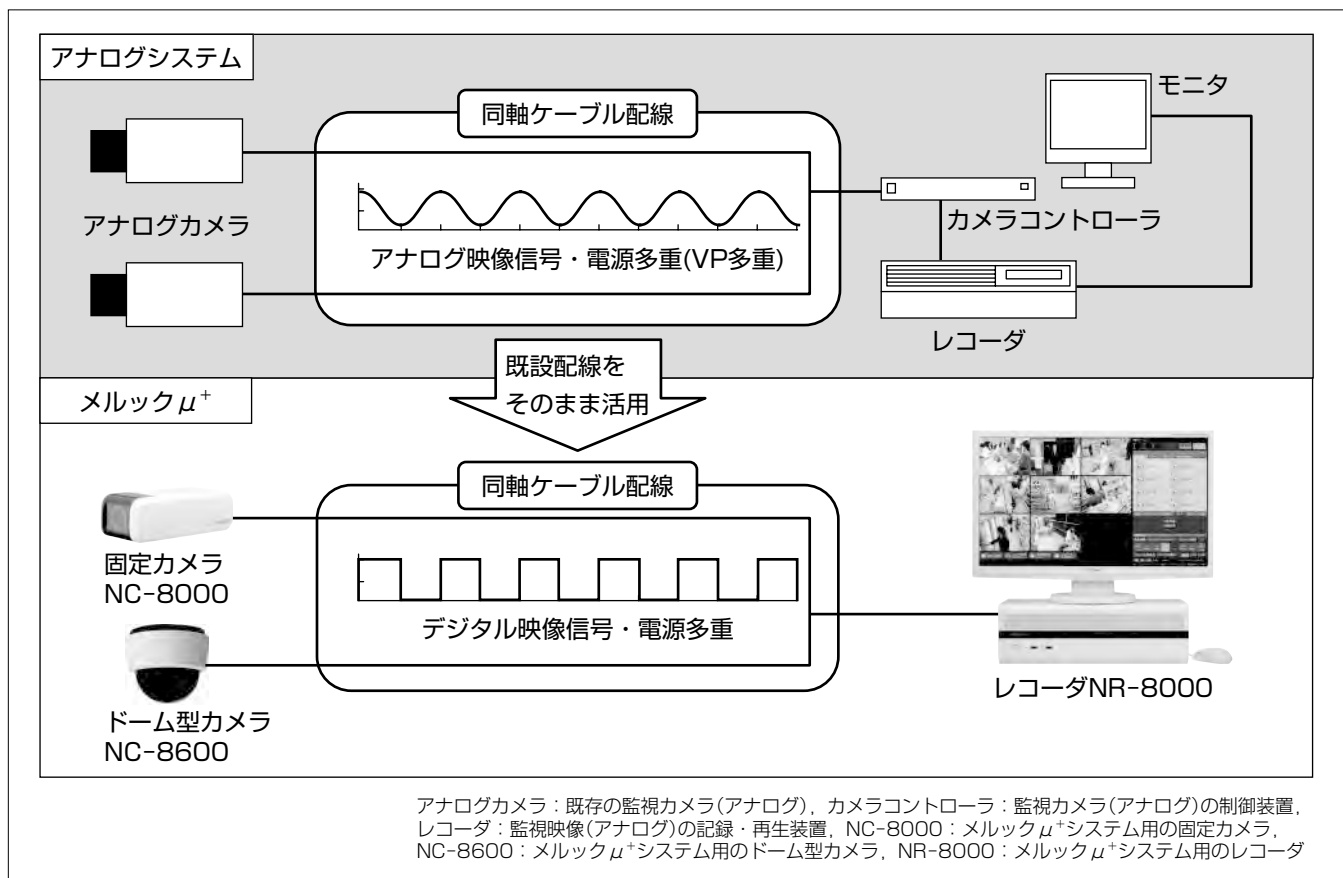
要 旨

近年の社会情勢の変化によって、映像監視システムに対して高画質化などの機能・性能の向上に対する要求が高まっている。三菱電機ではデジタル映像技術を駆使した夜間の高感度撮影や逆光補正等の機能を備えたカメラと、高画質で滑らかな映像を長時間記録・再生することができるレコーダを開発し、それらを組み合わせて付加価値の高い映像監視システムを展開してきた。コンビニエンスストアなどで使用する中小規模監視システムとしては“メルック μ II シリーズ”(レコーダ 1 台に最大16台のカメラを接続可能)を、大規模監視システムは“メルック DG II シリーズ”(1 システムで最大64台のレコーダ及び最大512台のカメラを収容可能)をそれぞれシリーズ展開している。

今回述べる新製品“メルック μ^+ ”システムは、メルック μ II シリーズの長所を引き継ぎ、既存のアナログカメラを用い

たアナログCCTV(Closed-Circuit TeleVision)システムで使用していた同軸ケーブルをそのまま利用して高画質なデジタルCCTVシステムを構築可能である。これによって、アナログCCTVシステムを利用している監視カメラのユーザーが新たにデジタルCCTVシステム用のLANケーブルを敷設する必要がなく、既設の同軸ケーブルをそのまま利用して低コストで高機能・高画質のデジタルCCTVシステムを構築することが可能である。

メルック μ^+ システムは、最大8台のカメラ“NC-8000/NC-8600/NC-8800”を同軸ケーブルで1台の μ^+ レコーダ“NR-8000”に収容し、SXVGA(Super eXtended Video Graphics Array: 1280×960)サイズの高精細映像の表示及び記録・再生が可能である。



“メルック μ^+ ”システム更新イメージ

メルック μ^+ システムの適用によって、アナログCCTVシステムを利用している監視カメラのユーザーが、新たにデジタルCCTVシステム用のLANケーブルを敷設することなく、既設の同軸ケーブルを用いて低コストで高機能・高画質のデジタルCCTVシステム構築が可能となる。

1. ま え が き

近年の社会情勢の変化によって、セキュリティに対する意識が高まるとともに、監視カメラに対する機能・性能の向上要求が継続して強い一方で、簡単に高機能・高性能なシステムを使いたいという要求が強くなってきている。

当社ではこれに対応した映像監視システムとしてメルックシリーズを展開している。メルックシリーズでは最新の映像処理技術を用いて夜間の高精細な映像撮影が可能なカメラと、高画質で滑らかな映像を長時間記録・再生できるレコーダを開発し、付加価値の高い映像監視システムを展開してきた。カメラ台数が16台以下の中小規模監視システムとしてはメルックμⅡシリーズ、大規模監視システムはメルックDGⅡシステムを展開中である。

今回開発したメルックμ⁺システムは、メルックμⅡの特長を引き継ぎ、SXVGAでの撮影が可能なμ⁺カメラと、このカメラを最大8台接続可能なμ⁺レコーダで構成している。加えて、μ⁺カメラ・μ⁺レコーダともに同軸ケーブルのインタフェースを持っているため、既存のアナログCCTVシステムで使用していた同軸ケーブルを利用し、アナログカメラとアナログレコーダをμ⁺カメラとμ⁺レコーダに置き換えるだけで最新のデジタルCCTVシステムを構築することが可能となった。

本稿では、メルックμⅡから引き継いだ高画質・高機能・かんたん設定機能を持つ最新のデジタル監視カメラシステムであるメルックμ⁺システムの概要と特長について述べる。

2. 同軸ケーブルによるデジタル信号伝送

2.1 従来のCCTVシステム

従来のCCTVシステムは次の理由によってアナログCCTVシステムが利用されることが多かった。

- (1) NTSC(National Television System Committee)入力のアナログモニタが主流であり、アナログ出力カメラ、アナログ入力／記録レコーダが安価
- (2) 同軸ケーブルの品質に依存するが、同軸ケーブルは一般的に500m以上の配線が可能であるため、規格上100mを超える配線の場合にはHUBが必要となるLANケーブルよりも配線が容易
- (3) VP(Video Power又はVoltage Power)電源を同軸ケーブルに重畳することでアナログカメラ用電源ケーブルの敷設が不要

2.2 デジタル技術の普及

近年のパソコン及び映像技術の発展によってNTSCを大幅に超える解像度のモニタが安価に供給されるようになり、加えてPoE(Power over Ethernet)規格に準拠したHUBの普及によってLANケーブルへの電源重畳を安価に実施できるようになった。また、H.264などのデジタル映像処理

技術の飛躍的進歩によって従来のNTSCベースのVGA(アスペクト比4:3, 640×480)からSXVGA(アスペクト比16:9, 1280×960)への移行が進んでおり、CCTVシステムとして低コストで高機能・高画質なデジタルカメラやデジタルレコーダの開発が可能となった。

図1にVGAとSXVGAの画質比較例、また、当社独自の技術で、逆光条件での“背景が白飛びして人物が暗くなる”現象を防ぎ、見やすい自然な映像に自動補正する“スーパー・ファイン・ビューⅡ(SFVⅡ)”の効果例を図2に示す。

これらの環境変化によって、従来のVGA(=NTSCベース)のアナログCCTVシステムに代わり、SXVGAのデジタルCCTVシステムが高機能・高画質な新CCTVシステムとして導入が進んでいる。特に新規設置の顧客は高画質・高品質を求めてデジタルCCTVシステムを選択するケースが多くなってきている。

2.3 同軸デジタルCCTVシステムの必要性

既存のデジタルCCTVシステムは、映像信号の伝送にLANケーブルを用いたモデルが主流である。しかし、従来のアナログCCTVシステムはレコーダと接続するための伝送路として同軸ケーブルが敷設されており、デジタルCCTVシステムに置き換えるためにはケーブルの張り替えが必要となる。このため、アナログCCTVシステムからデジタルCCTVシステムへ切り換える際の施工費が高価となり、デジタルCCTVシステムへの置き換えが進まない要因の一つとなっていた。

この制約条件を回避するため、既設の同軸ケーブルをそのまま利用して映像信号の伝送が可能なデジタルCCTVシ

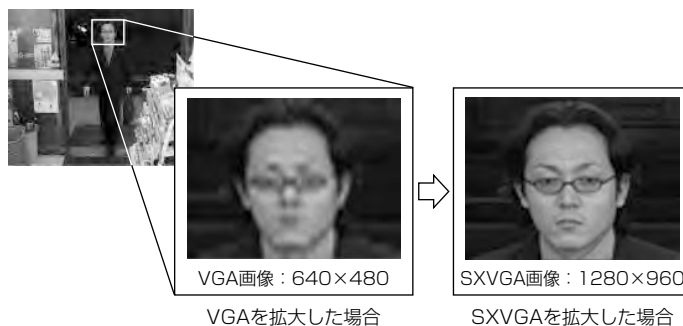


図1. VGAとSXVGAの画質比較



図2. スーパー・ファイン・ビューⅡ(SFVⅡ)の効果

システムとしてメルック μ^+ システムを開発した。

メルック μ^+ システムの適用によって、システム導入時の施工費を抑え、アナログCCTVシステムからの置き換え需要を喚起し、アナログCCTVシステムのデジタル化更新の促進が可能となる。

2.4 同軸デジタルCCTVシステムの実現方式

同軸デジタルCCTVシステムの実現方式を図3に示す。同軸ケーブル中を伝送するアナログ映像信号の代わりにデジタル映像信号を変調した信号とカメラ電源(48VのPoE)を多重伝送することによって、既存の同軸ケーブルを利用したデジタルCCTVシステムを実現している。

図4、図5に今回開発した μ^+ カメラ“NC-8000”及び μ^+ レコーダ“NR-8000”の背面を示す。 μ^+ カメラ及び μ^+ レコーダともに接続コネクタとしてBNC(Bayonet Neill Concelman)コネクタを採用し、既存の同軸ケーブルがそのまま接続可能な構成となっている。また、 μ^+ カメラ及び μ^+ レコーダともに基本性能はメルック μ II システムと

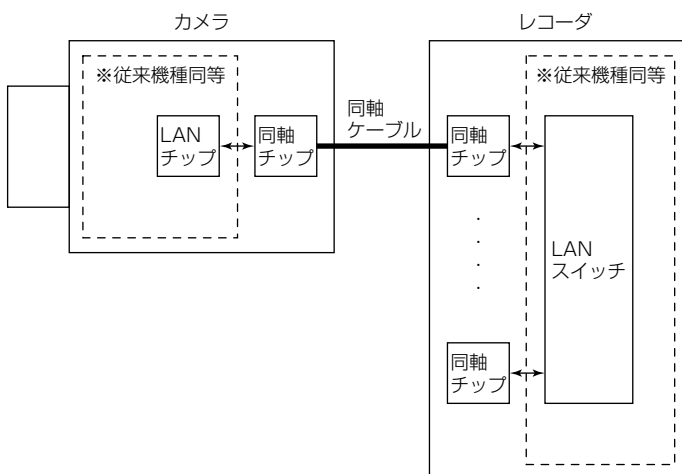


図3. 同軸デジタルCCTVシステムの実現方式



図4. 固定カメラNC-8000の背面

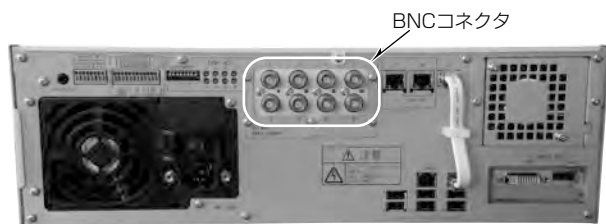


図5. レコーダNR-8000の背面(横置き)

同等であり、デジタルCCTVシステムとして最先端の高機能・高画質なシステムを実現している。

3. メルック μ^+ システム

3.1 システム構成

メルック μ^+ システムは、従来のアナログCCTVシステムのVP電源多重と同様に電源多重機能を μ^+ カメラ、 μ^+ レコーダに搭載しているためカメラ用の電源が不要であり、 μ^+ カメラを μ^+ レコーダに同軸ケーブルで接続するだけで使用できる。これによって、既存の同軸ケーブルを利用して、最新の高機能、高性能なデジタルCCTVシステムを提供することが可能となった。

表1にシステム構成品の仕様を示す。

3.2 メルック μ^+ システム⁽⁹⁾の特長

3.2.1 メルック μ^+ カメラの特長

メルック μ^+ カメラの主な特長を次に示す。

- (1) 同軸インタフェース(BNCコネクタ)を持ち、 μ^+ レコーダと組み合わせることで、既存のアナログカメラからの置き換えが可能
- (2) 動画圧縮方式H.264^(注1)の採用によって、“滑らか”なメガピクセル映像^(注2)の配信が可能
- (3) “デジタル増感”^(注3)“デジタルノイズリダクション”^(注4)によって、暗い場所でも残像やブレを抑えた鮮明な映像で被写体の監視を実現
- (4) “スーパー・ファイン・ビューⅡ”^(注5)によって、逆光の出入口などでも背景と人物を同時に自然な映像で監視することが可能

今回開発したカメラの外観を図6、図7に示す。

- (注1) M-JPEGと比べ、少ないデータ量で動画を伝送できる動画圧縮方式
 (注2) SXVGA(1280×960)の映像
 (注3) 暗い画像を明るく見やすくするデジタル処理
 (注4) 増感時に発生するノイズをデジタル信号処理で除去する機能
 (注5) 従来のスーパーファインビューに対して、より自然でくっきりした映像に補正

3.2.2 メルック μ^+ レコーダの特長

メルック μ^+ レコーダの主な特長を次に示す。

- (1) μ^+ カメラと同様に、同軸インタフェース(BNCコネクタ)を採用し、既存のアナログ用同軸ケーブルを利用して μ^+ カメラの直接収容が可能
- (2) 消費電力を従来比50%^(注6)の200W以下に抑え、大幅な省エネルギーを実現
- (3) 本体サイズを従来比80%^(注6)の420(W)×298(D)×132(H)(mm)とし、コンパクト化を実現。縦置きにも対応し、省スペース化を実現
- (4) 電源重畳機能の搭載とかんたん設定機能によって、設置時にパソコンやネットワーク機器が不要

図8に今回開発したレコーダの外観を示す。

- (注6) メルック μ レコーダ“NR-2000”との比較

表1. システム構成品の仕様

製品名	型名	主な仕様
固定カメラ	NC-8000	約131万画素 デジタル増感
ドーム型カメラ	NC-8600	デジタルノイズリダクション
屋外固定カメラ	NC-8800	スーパーファインビューⅡ (SFVⅡ)
レコーダ	NR-8000	約1TBハードディスク搭載



図6. 固定カメラNC-8000



図7. ドーム型カメラNC-8600



図8. レコーダNR-8000(縦置き)

3.2.3 高いセキュリティ機能

メルック μ シリーズと同様に、当社独自の暗号化技術“MISTY(当社が開発した共通鍵暗号アルゴリズム)シリーズ”の“BROUILLARD”で記録映像を暗号化し、さらにパスワードロックすることによって、第三者に記録映像を閲覧されるリスクをなくし、情報漏洩(ろうえい)を防止した。

4. む す び

メルック μ^+ システムではメルック DGⅡ シリーズ及びメルック μ シリーズからの高機能・高性能化の流れを継承しつつ、顧客から要望の大きかった既存のアナログCCTVシステム用同軸ケーブルをそのまま利用できる、最新のデジタル監視システムを実現した。

これによって、店舗・街路等の防犯や社会インフラなどの防災のための高機能・高性能な監視システムの経済的な導入が促進され、我々の暮らしの“安心・安全”を高めることが可能となった。今後も、小型・低消費電力化に加え顧客から要望の多い、より簡単な設定機能などを更に取り込みつつ、高機能・高性能化を進め、機能・性能と使い勝手のバランスの取れた映像監視システムの実現を進める予定である。

参 考 文 献

- (1) 上田智弘, ほか: 三菱電機デジタルCCTVシステム“MELOOK μ ”, 三菱電機技報, **82**, No.9, 557~560 (2008)
- (2) 前田卓志, ほか: 三菱電機トータルセキュリティソリューション“DIGUARD”システムの展開, 三菱電機技報, **82**, No.9, 548~552 (2008)
- (3) 竹田昌弘, ほか: 三菱電機トータルセキュリティソリューション“DIGUARD”, 三菱電機技報, **82**, No.4, 245~248 (2008)
- (4) 三浦健次郎, ほか: セキュリティ構築プラットフォーム“DIGUARD NET”, 三菱電機技報, **82**, No.4, 249~254 (2008)
- (5) 近澤 武, ほか: 次世代ネットワークにおけるセキュリティ技術, 三菱電機技報, **82**, No.2, 147~150 (2008)
- (6) 野田忠義, ほか: 監視映像の遠隔配信技術, 三菱電機技報, **83**, No.6, 380~383 (2009)
- (7) 上田智弘, ほか: “メルック μ Ⅱ”システム, 三菱電機技報, **86**, No.6, 331~334 (2012)
- (8) メルック μ Ⅱ システム
<http://www.mitsubishielectric.co.jp/cctv/melookmu/mu2/tokuchou.html>
- (9) メルック μ^+ システム
<http://www.mitsubishielectric.co.jp/cctv/melookmu/muplus/>

新しい高性能映像符号化技術“HEVC”

山田悦久*
関口俊一*
坂手寛治*

"HEVC" : New Video Coding Technology with High Coding Performance

Yoshihisa Yamada, Shunichi Sekiguchi, Hiroharu Sakate

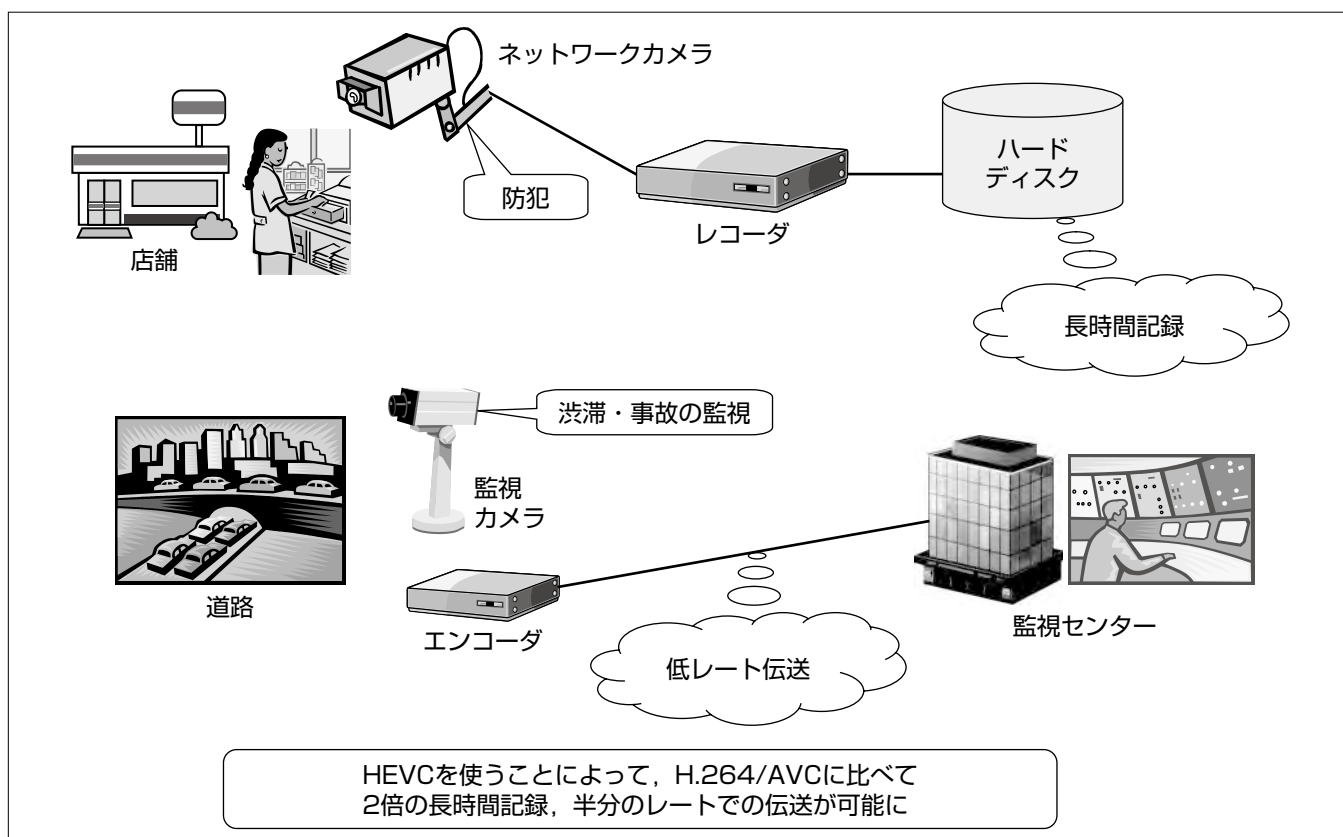
要 旨

新しい国際標準方式“HEVC(High Efficiency Video Coding)”の映像符号化技術と、このHEVCの符号化性能を検証するために2012年度に試作開発したHDTV(High Definition TeleVision)解像度に対応したコーデックシステムについて述べる。

HEVCは、H.264/AVC(Advanced Video Coding)の2倍の圧縮性能を目標に2010年に国際標準化の作業に着手し、2013年春の成立を目指して進められた。HEVCは、標準化作業の最初の段階からHDTVやHDTVを超える解像度(Ultra HDTV:UHDTV)を対象として技術検討が行われ、特に高解像度映像信号に対して高い符号化性能が得られる符号化ツールとして、規格に採用されている。標準化作業で作成・使用されているソフトウェアモデルによって、HDTV

を含めた広い範囲の解像度で高い圧縮性能が得られることが確認されている。高い圧縮性能によって、映像蓄積時間の倍増や、低いビットレートでの映像伝送等の効果が期待されている。三菱電機はこの国際標準化作業に対して、技術面・運営面の両面から貢献した。

このHEVCの圧縮性能を確認するとともに、高品質な符号化映像を得ることのできる符号化制御アルゴリズムの開発を目的に、リアルタイムにHDTV映像の符号化・復号処理が可能なコーデックシステムを開発した。このシステムを用いて様々な映像素材に対する主観評価実験を行った結果、H.264/AVCの半分のビットレートでほぼ同等の画質が得られることを確認した。



HEVC映像符号化方式の実用例と適用効果

HEVCはH.264/AVCに比べて2倍の圧縮性能を持つことから、多くの分野での実用が期待されている。この特集“暮らしを支えるネットワーク技術”の観点から、ここでは映像監視システムへの実用例を示す。画質は同じでありながら、2倍の長時間記録や、半分のネットワーク帯域での映像伝送が可能となり、映像監視の利便性向上が実現される。

1. ま え が き

MPEG(Moving Picture Experts Group)-2, MPEG-4, H.264/AVC等に代表される映像符号化技術の発展と符号化LSIの普及とともに、ネットワークの高速化・広帯域化、カメラモジュールや蓄積機器の低価格化等に伴い、映像監視システムの利用が広範囲に広がっている。具体的には銀行やコンビニエンスストアなどの店舗、マンションの玄関やエレベーター、街路等における防犯を主な目的としたもののや、自動車道路、河川や港湾、消防署や役所等の自治体ビルに置かれる防災を目的としたものがある。どの用途も、我々の生活の“安心・安全”を高めるために、今後も設置・普及の増加が見込まれている。一方で、カメラ台数の増加や撮影する映像の空間・時間解像度の向上に伴い、ネットワーク上に流れる映像データや蓄積メディアに記録される映像データの総量は増加の傾向にあり、映像符号化技術の圧縮率に対する要求はますます強くなっている。

本稿では、映像信号の圧縮性能をより一層高めることを目的に国際標準化の作業が進められた新しい映像符号化技術“HEVC”，及び当社と日本放送協会(NHK)が共同で総務省から受託して研究開発を行った、HEVC方式の符号化性能を検証するために試作したHDTVコーデックシステムについて述べる。

2. HEVCの符号化技術

2.1 標準化の経緯と技術の概要

標準化の経緯を図1に示す。2010年1月に京都で開催されたMPEG会合で、VCEG(Video Coding Experts Group：ITU-T SG16 Q.6の通称)との合意のもと提案募集(Call for Proposals：CfP)が行われ、2月の締切りに対して当社からのものも含め27件の提案が集まった。4月の第1回JCT-VC(Joint Collaborative Team on Video Coding)会合で各提案に対して符号化性能や処理複雑性の観点から評価作業が行われ、10月の第3回JCT-VC会合で作業原案(Working Draft：WD)と、WDの技術を実装した参照コーデックモデルとなるHM(HEVC test Model)が作成された。その後、およそ3か月に1回のペースで開催された会合ごとに、提案された技術に対する評価・採否に伴う

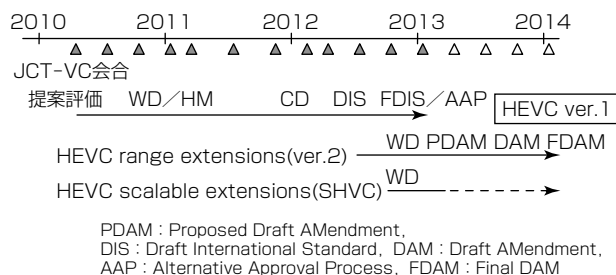


図1. 標準化の経緯

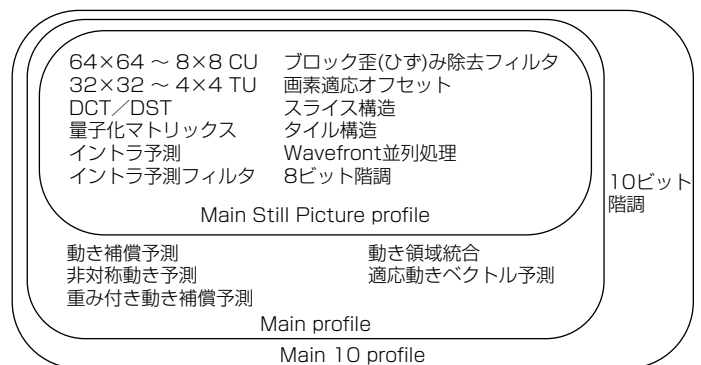
WDの改訂が行われ、2012年2月に委員会草案(Committee Draft：CD)が策定された。以降は主として文書の表現レベルの改訂が行われ、2013年1月に第1版の最終文書(Final Draft International Standard：FDIS)が策定され、ISO/IEC, ITU-Tともに国際投票が進められた。

第1版は民生用途を主とするものであるが、2012年から並行して第1版に対する拡張作業が同じJCT-VCで進められている。第2版は放送局などでの業務用途を主とした、色空間フォーマットや画素ビット階調数に対する拡張が進められており、2014年春に成立する見込みである。また、空間解像度や画質に対する階層性を持たせるためのスケラブル拡張も2012年後半から進められている。

2013年春に出版される第1版で定義されたプロファイルと符号化ツールの包含関係を図2に示す。図に示すように第1版では3つのプロファイルが策定された。“Main Still Pictureプロファイル”は静止画符号化を対象としたものであり、“フレーム内(イントラ)符号化”の機能だけを取り出したものである。“Mainプロファイル”は従来のビデオ符号化方式同様、動き補償予測を伴う“フレーム間(インター)符号化”の機能を含めたものである。“Main 10プロファイル”はビット深度を従来の8ビット(3原色にして1,678万色)に対して10ビット(10億色)に拡張するもので、昨今の家庭用AV機器の高画質化に対応して設けられた。

第1版で定義された主なレベルを表1に示す。モバイル用途を想定したVGA(Video Graphics Array)又はそれ以下の低解像度のものから、高解像度なスーパーハイビジョン(7680×4320, 120フレーム/秒)までが含まれている。

HEVCがMPEG-2やH.264/AVC等と比べて高い符号化性能を得られるようになった理由の一つに、大きなサイズ



DCT：Discrete Cosine Transform, DST：Discrete Sine Transform

図2. プロファイルと符号化ツールの関係

表1. 主なレベル

レベル1～2	VGA以下の解像度。モバイル用途などを想定
レベル3	SDTV解像度
レベル4	HDTV解像度
レベル5	4K解像度を想定
レベル6	8K解像度(スーパーハイビジョン)を想定

SDTV：Standard Definition TeleVision

を伴うブロックサイズの適応化技術が挙げられる。符号化処理の単位となるCU(Coding Unit)は最大 64×64 、直交変換を行う単位となるTU(Transform Unit)は最大 32×32 のサイズまで規格化され、従来の 16×16 や 8×8 といったサイズで定義された方式よりも画素数で16倍の単位での処理が可能となった。MPEG-2は元々標準解像度のテレビ信号(日米の場合、 720×480)を、H.264/AVCはCIF(Common Intermediate Format)(352×288)やQCIF(Quarter CIF)(176×144)解像度の映像信号を対象として標準化作業が進められ高解像度の信号を対象とした実験作業は後から行われたため、低解像度に適した符号化技術が多く採用されていた。今回のHEVCでは早い段階から8K解像度の信号までを含めて標準化作業を行ったため、基本技術となるブロックサイズから見直しの検討が行われ、特に高解像度映像に対して高い符号化性能が得られるようになった。

なおHEVCに採用されている符号化ツールの詳細については、参考文献(1)、(2)等を参照。

2.2 当社の標準化への取組み

当社は、HEVCの標準化立ち上げ時、提案募集時、標準化作業時のそれぞれのフェーズで、技術面・運営面の両面から標準化作業に貢献した。

標準化作業を開始するにあたって、目標とする技術は世の中で必要とされているものなのか、またその機能・性能を満たすだけの技術が世の中に存在するのかといった点を確認するための“Call for Evidence”が2009年にMPEGで実施された。当社はこの募集に対して回答するとともに、新しい方式に要求される機能・性能事項のとりまとめや符号化実験を行うために使用するテスト画像の提供などを他社とともにを行った。

2.1節に記した提案募集(CfP)には当社単独のもの(当社の海外研究所を含む)と当社とNHKで共同開発したものの2件を応募した⁽³⁾。

その後の標準化作業では、技術提案や他社提案技術のクロスチェックなどを行った。イントラ符号化や可変長符号化に関しては技術提案を行うとともに、同じ分野の複数の技術に対して優劣を判断したり技術の融合を検討するコア実験(Core Experiment:CE)のコーディネーターを担当した。可変長符号化に関しては、H.264/AVCでは性能は異なるが同じ機能を実現するCAVLC(Context Adaptive Variable Length Coding)とCABAC(Context Adaptive

Binary Arithmetic Coding)の2種類があったものを、HEVCではCABACだけへの一本化を行い、復号処理の実装簡易化に貢献した。

2.3 符号化性能評価

2012年8月に作成されたDIS相当の参照ソフトウェア“HM-8”と、H.264/AVCの参照ソフトウェア“JM18.4”を用いて符号化性能の比較を行った結果を表2に示す⁽⁴⁾。

実験に使用した画像は、映像情報メディア学会が作成した“ハイビジョン・システム評価用標準動画画像第2版”のBシリーズ(プログレッシブフォーマット)から4シーケンス、各シーケンス15秒である。実験はJCT-VCで定められた符号化条件を用い、それぞれの参照ソフトウェアで、符号化画質の客観評価値として用いられるPSNR(Peak Signal to Noise Ratio)値と符号量(ビットレート)のバランスが最適になるように、Rate-Distortion(RD)最適化制御を用いている。“ビット削減率”は、JCT-VCで定められた、同じ画質(同じPSNR値)を得る場合に符号量をどの程度削減できるかを示す指標である。画像シーケンスによる差はみられるものの、平均で42%の符号量削減効果が得られている。

3. HDTVコーデックの試作と評価

この章では、総務省の“情報通信ネットワークの耐災害性強化のための研究開発”(平成23年度一般会計補正予算(第3号))により実施した、“災害情報を高圧縮・低遅延で伝送する技術の研究開発”による成果について述べる。

ネットワーク機器の破損や輻輳(ふくそう)等の障害により、災害発生時に不安定・狭帯域となる通信網を用いても、災害現場や避難所等から高品質な映像伝送を実現する新しい符号化技術の開発を目的とした。

この研究開発では、HDTV解像度の映像を入力し、リアルタイムに符号化処理を行って圧縮された符号化データを出力するエンコーダ装置を開発した。エンコーダ装置の仕様を表3に示す⁽⁵⁾。

2.3節の評価でも用いた、標準化作業で作成されているC言語で記述された参照ソフトウェア“HM”では、符号化性能をできるかぎり高めるために、繰り返し処理やマルチパス処理を駆使したRD最適化制御を行っている。パッケージメディア向けのコンテンツ作成のように、非リアルタ

表2. H.264/AVCとHEVCの符号化性能比較

画像シーケンス	ビット削減率(%)
噴水(ドリー)	-26.1
バスケットボール	-39.2
競馬(ダート)	-47.2
カラフルワールドB	-56.2
平均	-42.2

表3. エンコーダ装置の仕様

映像入出力信号	デジタルシリアル信号(SMPTE425M, SMPTE292M)
入力フォーマット	1080P(Progressive, 59.94/60Hz) 1080I(Interlace, 29.97/30Hz)
符号化フォーマット	1920×1080P, 1920×1080I
色差フォーマット	4:2:0
ビット深度	入力・符号化ともに10ビット
映像符号化	HEVC方式(HM-4仕様相当)

SMPTE: Society of Motion Picture and Television Engineers

イム処理によって映像素材を圧縮する場合には、HMに実装されている符号化性能を得ることも可能である。しかし、映像監視や放送のように、リアルタイムでの符号化処理が必要とされるアプリケーションではHMのRD最適化制御をそのまま適用すると装置サイズ・コストが非現実的なものになってしまう。そのため、装置化してリアルタイムに符号化処理を行った場合には、2.3節の実験結果のような性能は必ずしも得られない。実際にユーザーが享受できる符号化性能を確認するためには、エンコーダ装置を開発して実証する必要がある。

ソフトウェアでは処理時間がかかるため限られた映像しか用いられないが、今回試作したコーデックシステムを用いて、様々な映像をリアルタイムで符号化することによって、HEVCの符号化性能を評価することができるようになる。また、標準規格に採用されている多くの符号化ツールに対する個別の性能比較や、複数あるモードの中から選択するための判定アルゴリズムを映像信号の特性に応じて最適化する等、符号化制御アルゴリズムの設計・検証を効率よく進められる。符号化画像に対する最終的な評価は、PSNRのような数値ではなく、人間の目による主観評価で行われる。より多くの画像を用いた評価による符号化制御アルゴリズムの改良によって、符号化性能は安定化する。

開発したシステムを用いて、図3のような構成によって主観評価実験を行い、伝送量をH.264と比べて半分にしても同等品質で映像伝送ができること、伝送量が同じであれば、H.264と比べて高品質な映像が伝送できることを確認した。また、ヘリコプターからの空撮映像や地震発生時のカメラ・被写体が激しく揺れている映像等、災害時ならではのカメラワークや被写体を映像ソースとして評価を行うことによって、災害映像を高圧縮で伝送するために必要な符号化制御技術の開発や低遅延で伝送するための技術検討等も同時に行った。災害時のネットワークで多く見られる不安定な状態や輻輳している状況下であっても、被災地からの映像をより正確かつすみやかに伝送することによって、被災地の状況を自治体や対策本部等に的確に伝えられるようになることが期待できる。このコーデックシステムを用いて、HEVCに対する評価・実証を引き続き行い、実用化を加速していきたい。

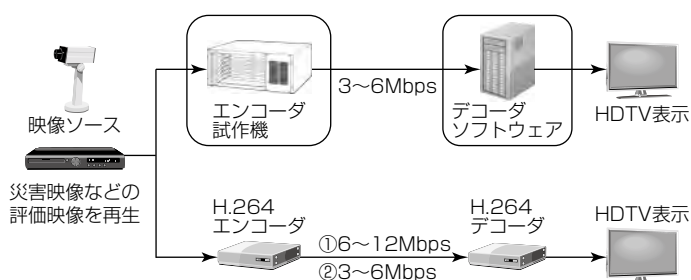


図3. 符号化映像の主観評価実験

4. む す び

HEVCの符号化技術は、その最大の特長である高い圧縮性能を活用して、世界中のあらゆる国々で、モバイル端末や放送など、様々な分野での適用が想定されている。この特集のテーマである“安心・安全、快適・効率的な暮らしを支える”という観点から将来に期待される3つの適用分野を次に挙げる。

- (1) 防災カメラ・CCTV：レコーダでは映像記録時間を倍増することができるため、長時間記録の実現や同じ記録時間であれば収容できるカメラ台数を追加することができる。また、半分のビットレートでの伝送ができるようになるため、狭帯域での伝送が可能となる。常時安定した品質を確保することが比較的困難な無線環境であっても、高解像度・高フレームレートでの映像伝送が期待できる。
- (2) IP-STB(Set Top Box)：映像品質を保ったまま伝送レートを半減することができるため、ネットワークの負荷を軽減できる。又は同じ負荷のまま、サービスできる番組数を倍増することができるようになり、世帯内で同時視聴できるチャンネル数を増やすことも期待できる。4Kや8HのUHDTVサービスの実現に対する期待もある。
- (3) スマートフォンでの映像送受信：スマートフォンにHEVCのエンコーダ機能が搭載されれば、動画サイトへの投稿が短時間でできるようになる。ファイルサイズをあまり気にすることなく、高解像度・高品質モードでの撮影が可能となる。デコーダ機能が搭載されれば、ネットワーク環境をあまり気にすることなく、高品質な映像をストレスなく再生・視聴できるようになる。

参 考 文 献

- (1) 杉本和夫，ほか：次世代標準規格に向けた映像符号化技術，三菱電機技報，86，No.3，199～202（2012）
- (2) 村上篤道，ほか：高効率映像符号化技術HEVC/H.265とその応用，オーム社（2013）
- (3) Asai, K., et al.: New Video Coding Scheme Optimized for High-Resolution Video Sources, IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing, 5, No.7, 1290～1297（2011）
- (4) 峯澤 彰，ほか：HEVCのインタレース適用に関する一検討，画像符号化シンポジウム資料（PCSJ2012），27，55～56（2012）
- (5) 原田亜矢子，ほか：リアルタイムHEVC符号化アルゴリズムの開発と評価，電子情報通信学会総合大会講演論文，D-11-49（2013）

北陸新幹線列車無線システムのデジタル化

後藤泰史*
山崎 誠*
玉木 洋*

Digital of Train Radio System for Hokuriku Shinkansen

Yasushi Goto, Makoto Yamazaki, Hiroshi Tamaki

要 旨

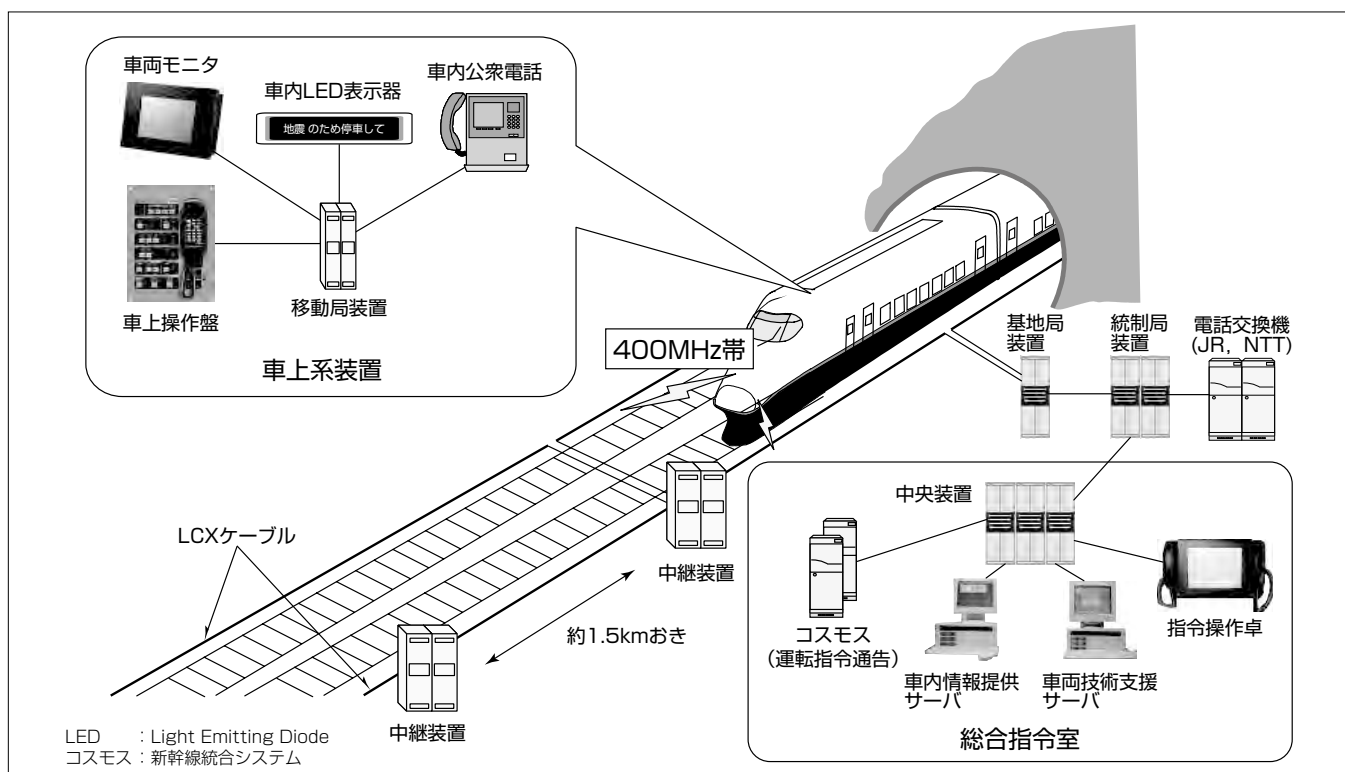
東日本旅客鉄道(株)の新幹線列車無線システムは、2002年11月に東北新幹線及び上越新幹線、2012年10月には北陸新幹線で、アナログ方式から三菱電機の無線通信技術を活用したデジタル方式へ切り換えられ、東北・上越・北陸の全線でのオールデジタル化を完遂した。当社は、列車の安全・安定輸送と旅客サービスの向上に貢献している。

北陸新幹線は、1998年開催の長野オリンピックに向けて1997年に開業した。列車無線システムは、アナログ方式で運用開始から15年間にわたり運用されてきた。デジタル列車無線システムは、地上と列車間の通信をデジタル無線化することで伝送容量を増やし、アナログ方式の課題であった多数の情報を迅速に伝えることが可能となった。

デジタル方式に切り換えることで、データ通信の更なる利用や音声通信の機能向上によって、情報伝達における様々な課題を解決した。音声通信では、チャンネル数の増強によって指令員から乗務員への放送通知(一斉情報機能)

が可能となり、指令員の負荷軽減につながった。また、緊急時にチャンネルの用途を業務電話専用に切り換える方式を採用することで、アナログ方式にない新たなサービスの提供を可能とした。データ通信では、パケット通信対応のシステムの構築と安定した無線回線品質の確保によって、列車運行や車内サービスの向上につながる車内情報提供システム及び車両技術支援システムを充実させ、無線による列車制御も可能とした。

北陸新幹線を走行する車両は、高崎を通過するたびにアナログ方式とデジタル方式の切り換えを実施していたが、すべてデジタル運用になったことで、切り換えが不要となり音声通信やデータ通信がスムーズに行え、特に大容量のデータ伝送が実現できたことで、車両の運行情報や乗客への配信情報量を増やすことができ、より安全な運行と品質の高い乗客サービスを可能とした。



北陸新幹線デジタル列車無線システム

2012年に更新された北陸新幹線列車無線システムは、アナログ方式で運用されていた400MHz帯のLCX (Leaky Coaxial Cable) 方式を継承し、地上設備は東京にある中央装置と長野にある統制局装置及び高崎・長野間の基地局装置・中継装置で構成され、移動局装置を搭載した列車とはLCXを介してデジタル無線伝送が行われる。最新のデジタル無線技術によって、高品質な音声回線を提供するとともに、高速データ回線を活用してあらゆるデータ伝送を行い、安全安定輸送に貢献し、旅客サービスの向上を担っている。

*コミュニケーション・ネットワーク製作所

1. ま え が き

高速走行する列車と地上間の無線通信には、安全・安心に対する厳しい要求に対応するため、高品質、高安定性、高速伝送等が求められる。当社は、国内すべての新幹線にデジタル方式の列車無線システムを納入し、多くの技術やノウハウを蓄積してきた。

東北・上越新幹線に関しては、2002年に北陸新幹線（高崎駅～長野駅間）を除き、アナログ方式からデジタル方式に切り換えた。さらに、2012年に北陸新幹線をアナログ方式からデジタル方式に切り換えた⁽¹⁾。これによって東北・上越・北陸新幹線のオールデジタル化が完成した。今回、北陸新幹線をデジタル化することによって、高崎駅～長野駅間についても高品質、高安定性、高速伝送等を実現できるシステムを構築することができた。

本稿では2012年10月にデジタル切り換えを実施した北陸新幹線の列車無線システムの概要と特徴について述べる。

2. システムの概要

北陸新幹線（高崎駅～長野駅間）をデジタル化するために新たに長野駅にデジタル統制局装置を設置し、その配下の基地局装置、中継装置もデジタル対応の装置にリプレースした。システム構成と変更した内容について述べる。

2.1 システム構成

新幹線列車無線システムは、中央装置、統制局装置、基地局装置、中継装置、LCX、及び移動局装置で構成している（表1）。

新幹線列車無線システムは、ツリー型構成となっている。中央装置に統制局装置を接続し、統制局装置の配下に基地局装置、基地局装置の配下に中継装置を接続しシステムを構成している。

表1. 各装置の機能

装置名	機能
中央装置	①指令電話、運転指令通告等、中央装置～移動局装置間の音声回線及びデータ回線の追跡制御 ②指令卓など総合指令所内の機器との接続
統制局装置	①指令電話、運転指令通告等中央装置、移動局装置間の音声及びデータ回線の追跡制御 ②業務公衆電話など、統制局装置～移動局装置間の音声回線及びデータ回線の追跡制御 ③JR電話及びNTT電話交換機との接続
基地局装置	①電波の送受信 ②無線信号と有線信号間の変換
中継装置	①LCX内の電波伝送損失を補償するための電波の直接増幅
LCX	①基地局装置送信電波の伝播（でんぱ）及び輻射（ふくしゃ） ②移動局装置送信電波の受信及び伝播 ③中継装置電源の伝送
移動局装置	①指令電話、運転指令通告等、中央装置～移動局装置間の音声回線及びデータ回線の追跡制御 ②業務公衆電話など、統制局装置～移動局装置間の音声回線及びデータ回線の制御 ③操作盤など車上機器との接続

今回、長野～高崎間のデジタル化に伴い、中央装置及び既設統制局装置のソフトウェアを変更し、長野統制局装置及び安中榛名駅～長野駅間の基地局装置を新たに設置した（図1）。システム切り換え日に、中央装置、統制局装置、基地局装置、中継装置を終電から始発までの間に、列車運行に影響を与えることなくアナログからデジタルへの切り換えを行った。

デジタル化にあたり、中継装置（図2）はアナログ方式運用中に機器を更新するため、アナログ方式とデジタル方式の両方に対応する必要があった。主な特徴を述べる。

- (1) アナログ基地局とデジタル基地局の両監視方式に自動対応する遠隔監視制御機能を搭載
- (2) 多段中継増幅によるデジタル無線信号の歪（ひず）み劣化を抑えるため、歪み補償増幅機を搭載
- (3) 列車無線の高度化に対応できるよう中継装置内部に将来拡張用スペースを確保
- (4) 電源はLCXに交流電源を重畳して給電し、約3kmご

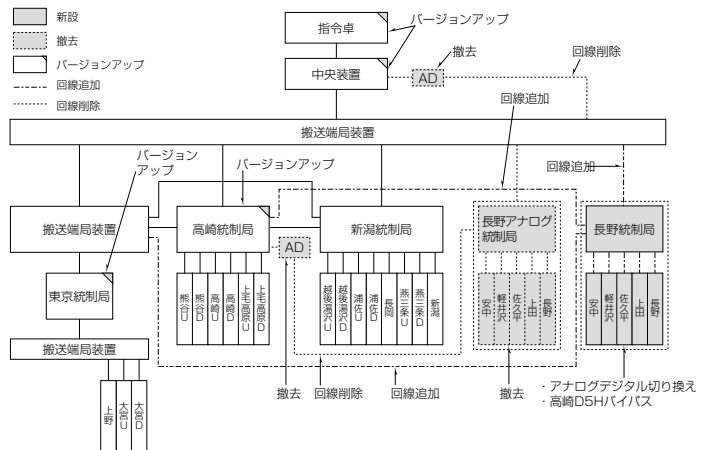


図1. システム構成(変更点記載)

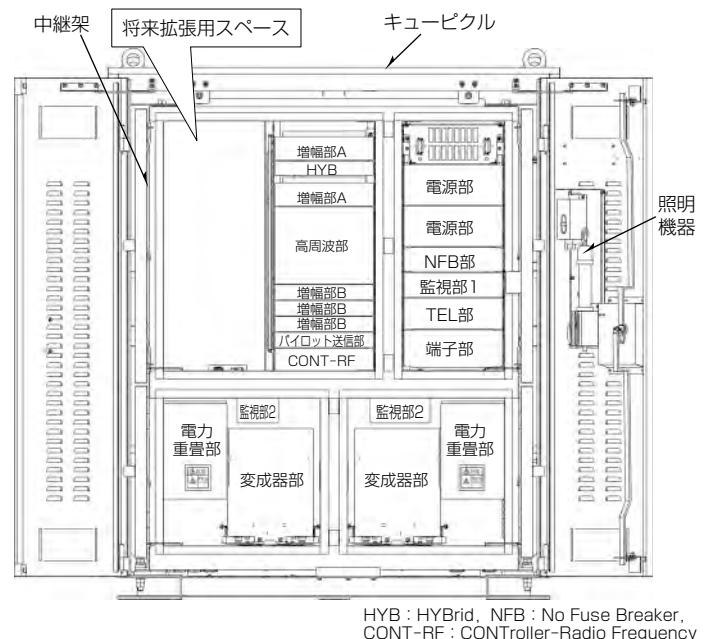


図2. 中継装置の実装図

HYB : HYBrid, NFB : No Fuse Breaker, CONT-RF : CONTroller-Radio Frequency

とに変成器を設け、電圧降下補正と雷害などの異常電圧の影響伝播を抑えるための絶縁を行うとともに、風速計などの沿線情報監視装置用に電源供給する機能を新設

2.2 無線仕様

このシステムの無線区間通信には、時分割多重アクセス方式(TDM-TDMA)を採用し、400MHz帯のアナログ方式と同一帯域で送受信各2波を使用した伝送速度384kbpsと307.2kbpsの無線回線を構成している。表2に、無線仕様を示す。

2.3 チャネル数

このシステムの機能は、音声系とデータ系に分類できる。音声系では、高効率音声符号化技術(RL-CELP)を導入し、音声1チャネルあたりの帯域を圧縮することで、従来のアナログ方式よりチャネル数を増強した。データ系では、チャネル数を増強するとともに、伝送速度の高速化を図った。

2.4 機能

このシステムは、次の主要機能を備えている。

2.4.1 音声通話・放送機能

(1) 運転指令電話

指令員が指定した列車の運転士を呼び出すことによって、又は運転士から指令員を呼び出すことによって、個別通話を行う機能

(2) 旅客指令電話

指令員が指定した列車の車掌を呼び出すことによって、又は車掌から指令員を呼び出すことによって、個別通話を行う機能

(3) 業務公衆系電話

運転士や車掌がJR電話網の加入者と、又は乗客が車内の公衆電話機から公衆網の加入者と、個別通話を行う機能。また、緊急時にチャネルの用途を業務電話専用に切り換える方式を採用することで、アナログ方式にない新たなサービスの提供が可能

(4) 運転／旅客一斉電話

指令員が無線ゾーンを指定して発呼し、そのゾーンに在線する複数の列車の運転士／車掌に対して運転／旅客指令電話による通話を行う機能。指令員からの送話は放送形式で行うが、運転士／車掌からの送話は、1列車ごとのプレストーク方式で行う。また、運転士／車掌からの応答機能があり、ボタン操作で指令員への受信確認通知が可能

(5) 運転／車掌一斉情報

指令員から放送形式で指定した無線ゾーンの運転士／車掌に対して放送形式で一斉連絡を行う機能

(6) ハンドオーバー

通話中又は呼び出し中の列車がゾーンを移動しても、切断することなく同じ状態を維持する機能

(7) 強制切断

複数の呼が同一無線ゾーンの同一チャネルを使用しないように、同一チャネルを使用する列車が他の列車の隣接無線ゾーンに移動した場合、又は前方の基地局装置が障害のため通話の継続が不可能な場合に、進入側の列車の呼を強制的に切断する機能

(8) 割り込み機能

指令員が運転士又は車掌と個別通話中に、他の指令員が通話に参加し、3者以上で同時通話を行う機能

(9) 転送

割り込み通話中から、元の指令員が切断することによって、割り込みを行った指令員と運転士又は車掌との通話に移行する機能

2.4.2 データ伝送機能

文字ニュース、PRメッセージなどの車内情報提供システム、車両技術支援システムなどの通信機能。

2.4.3 遠隔監視制御機能

保守端末から遠隔で各機器の装置状態及び回線状態を監視・制御する機能。

3. 安全・安心、快適・利便性の向上

3.1 指令通話機能の充実による安全性の向上

デジタル化によってチャネルを増強した。その結果、表3に示すサービスが対応可能となった。

一例として、運転一斉情報を追加したことで、同時に指令

表3. 主要音声通信サービス一覧

サービス名称	デジタル方式		アナログ方式	
	可否	チャネル数	可否	チャネル数
運転指令電話	○	4	○	4
旅客指令電話	○	2	○	2
業務公衆系電話	○	12	○	6
運転一斉電話	○	1	×	—
旅客一斉電話	○	1	×	—
運転一斉情報	○	1	×	—
車掌一斉情報	○	1	○	1

表2. 無線仕様

	伝播方式	デジタル方式	アナログ方式
		LCX方式	
アクセス方式		[基地局装置送信] 時分割多重方式	[基地局装置送信] 周波数多重方式
		[移動局送信] 時分割多重アクセス方式	[移動局装置送信] 単一方式
変調方式		[基地局装置送信] $\pi/4$ シフトQPSK	[基地局装置送信] 位相変調
		[移動局装置送信] $\pi/4$ シフトQPSK	[移動局装置送信] 周波数変調
周波数		[基地局装置送信] 400MHz帯 2波	[基地局装置送信] 400MHz帯 1波
		[移動局装置送信] 400MHz帯 2波	[移動局装置送信] 400MHz帯 24波
送信出力		基地局装置送信 2W	
		移動局装置送信 4W	

QPSK: Quadrature Phase Shift Keying

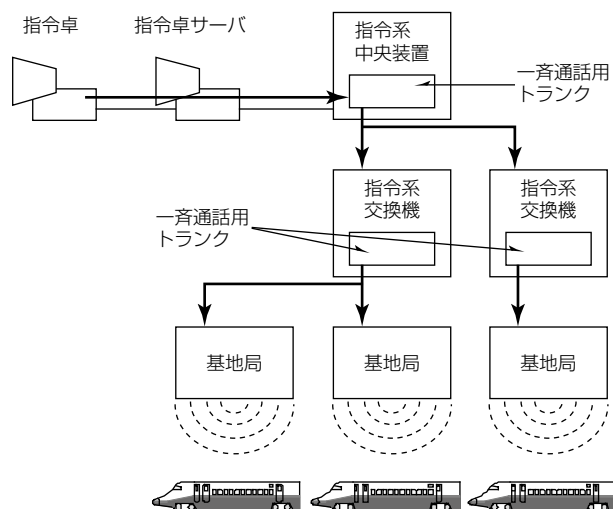


図3. 運転一斉情報サービス

員から運転士へ放送形式での情報伝達が可能となった(図3)。

3.2 保守端末によるサービス向上

デジタル化によって、保守端末による折り返し試験での回線の健全性確認、定常監視による送信出力の低下、出力電圧の低下をグラフ化することで予知保全を行えるようになった。

また、基地局装置の無線機性能測定機能を利用し、無線機の送信出力、送信周波数、占有帯域幅のリモート測定を行うことによって、正常性の確認が遠隔で可能となった。

さらに、障害ログの充実によって、装置故障時に早期の原因究明が図れるようになった。

3.3 車内情報提供システム

車内情報提供システムは、①新聞社からの文字ニュース、②列車遅延情報などの運行メッセージ、③企業のPRメッセージを電光掲示板に表示するシステムであり、アナログ方式では、③企業のPRメッセージが表示できなかったが、デジタル化によってすべてのメッセージへの対応を可能とし、乗客への情報提供を充実化できた(図4)。

3.4 車両技術支援システム

車両技術支援システムは、運転室の車両モニタ画面情報を指令室及び車両基地の端末によって運転室と同じ画面を監視することができる(図5)。

デジタル化によって情報伝達速度を大幅に改善したことで、不具合などが発生した車両の状態をモニタ画面に即座に表示できるようになった。その結果、指令員は瞬時に車両状態を把握して乗務員へ適切な指示が出せるようになり、輸送障害を最小限に抑えられることで、より安全かつ正常な運行が可能となった。

3.5 運転制御システム

運転制御システムは、速度超過や出発信号を正しく表示させるなど新幹線の安全運行を支えるシステムであり、ATC(Automatic Train Control)が用いられている。従来のATCでは、地上装置からレールを経由して送信される

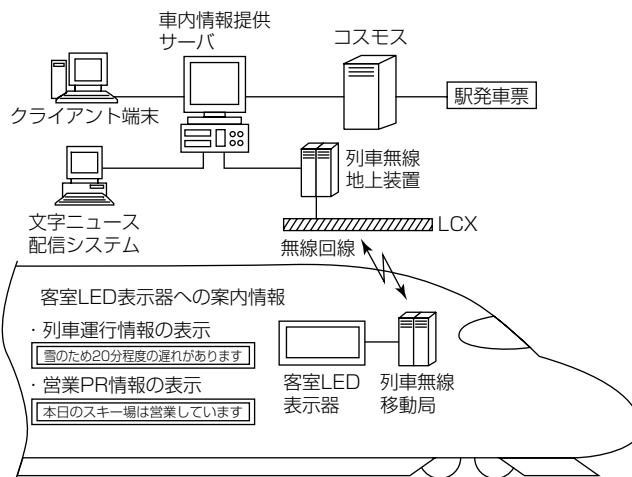


図4. 車内情報提供システムの構成

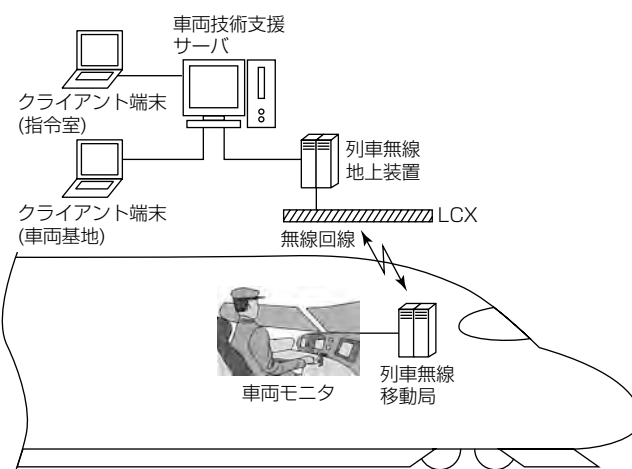


図5. 車両技術支援システムの構成

信号を車上装置で受信し、列車速度制御や追突防止制御を行っている。今回のデジタル化では、地上装置と車上装置がLCXを利用した無線データ通信を行うことによって運転制御を可能とする無線ATCを新たに導入し、従来のATCの補助的役割のシステムを構築した。

4. む す び

北陸新幹線の列車無線システムのデジタル化について述べた。今回の高崎駅～長野駅のデジタル化によって向上した“安全・安心、快適・利便性”を、今後の延伸時にも活用してもらえるよう提案を行う。

今後とも当社は列車無線のデジタル化によって新たなニーズに対応したネットワークを構築し、列車無線システムの新しいサービスを提供していく。

参 考 文 献

- (1) 藤岡 滋, ほか: 東北・上越新幹線デジタル列車無線システム, 三菱電機技報, 78, No. 2, 148~151 (2004)

2画面ディスプレイ技術

石川敬充* 西岡孝博**
石口和博* 佐竹徹也**
永野慎吾*

Dual Directional Display Technology

Yoshimitsu Ishikawa, Kazuhiro Ishiguchi, Shingo Nagano, Takahiro Nishioka, Tetsuya Satake

要 旨

三菱電機は、一つの液晶表示パネルを用いて、二つの画像をそれぞれ異なる方向に表示できる2画面ディスプレイ技術を開発した。

2画面ディスプレイ技術は、特に車載用ディスプレイで、運転席と助手席に別々の画像を同時に表示できるため、注目されている技術である。2画面化の実現のため、チェッカーボード状の開口部を持つ視差バリアを液晶表示パネルの前面に配置し、液晶表示パネルの画像を異なる2方向に分離させた。2画面ディスプレイに求められる特性は、実際に使用される視野角範囲が正面方向ではなく斜め方向にあるため、斜め方向で、輝度、コントラスト比、見栄え等の光学特性が最適化される必要がある。

当社では、TN(Twisted Nematic)モードをベースに新規の液晶セル設計とバックライト配光設計を開発し、水平方向視野角 $\pm 30^\circ$ で、高輝度($500\text{cd}/\text{m}^2$)、高コントラスト比(300:1)を実現した。さらに、ある方向に向けて表示される画像に、他の方向に向けて表示されるべき画像が観察されるクロストーク問題に関しても、視差バリアを含む液晶表示パネルの最適化によって、クロストーク自体を減少させるとともに、クロストークの視認性を低減させる信号処理技術によって、問題とならないレベルまで低減した。

この技術は、動作保証温度範囲が $-40\sim+95^\circ\text{C}$ であり、高い信頼性が求められる車載用ディスプレイにも対応可能である。



10.4型XGA(eXtended Graphics Array)の2画面ディスプレイ

右視野に対して桜の木の自然画像を表示するとともに、左視野に対しては地図を表示させている2画面ディスプレイ。地図が表示されているディスプレイは、桜の木の自然画像を表示させているディスプレイが鏡に映ったものである。

1. ま え が き

液晶ディスプレイは、フラットパネルディスプレイの中でもっとも活況を呈しており、スマートフォンなどの小型携帯端末機から大型テレビまで多様な用途に用いられている。その多くが、個人又は複数の人間が同時に一つの画像を見ることを前提に多くの技術が開発され、特性を向上させてきている。

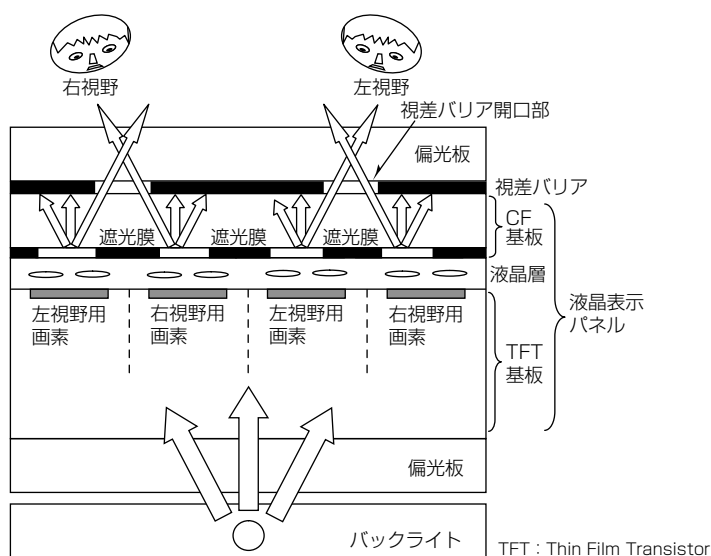
しかしながら、これまでのナビゲーションやDVD (Digital Versatile Disc) ビデオ等を表示する車載用のセンターインフォメーションディスプレイでは、運転者の安全性確保から、走行中にDVDビデオなどの動画を表示することができず、同乗者の快適性という点で、十分満足できるものではなかった。

近年、一つの液晶表示パネルを用いて、複数の画像をそれぞれ異なる方向の視野に表示することが可能なマルチビュー液晶ディスプレイが開発されている⁽¹⁾⁽²⁾。特に2画面ディスプレイは、運転席と助手席に対し、一つの液晶表示パネルで別々の画像を同時に表示することができるため、車載用ディスプレイとして運転者の安全性確保と同乗者の快適性を両立させることができる技術として注目されている。

2. 2画面ディスプレイ技術の原理と課題

2.1 2画面ディスプレイ技術の原理

図1に今回開発した2画面ディスプレイの断面図と、比較例として、従来の一つの画像だけを表示する1画面ディスプレイの断面図を示す。2画面ディスプレイは、ある周期で開口部を持つ視差バリアを液晶表示パネルの前面に配置する必要がある。そして、液晶表示パネルには、左視野用の画素と右視野用の画素を配置させておき、それぞれ異なる画像を表示させる。図1(a)は、視差バリアの開口部を



(a) 2画面ディスプレイの断面図

二画素に一つの周期で配置し、一画素おきにそれぞれ異なる視野用の画素を配置した例である。そして、各画素から出射される光を視差バリアで一部遮ることで、液晶表示パネルから出射される光を二つの方向に分離し、それぞれ異なる画像を異なる方向に向けて表示させることが可能となる。その際、画素からの光をそれぞれの所望の方向に分離するために、CF (Color Filter) 基板の厚みを0.1mm以下に設定し、高精度で制御する必要がある。

2.2 2画面ディスプレイ技術の課題

この2画面ディスプレイ技術は、異なる二つの画像をそれぞれ別々の画素を用いて表示させているため、それぞれの画像の精細度は、使用している液晶表示パネルの精細度の半分に落ちてしまう短所がある。

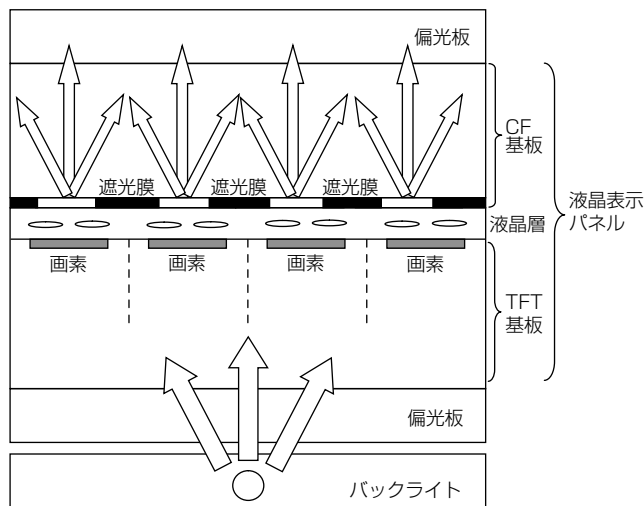
また、2画面ディスプレイは、実際に使用される視野角範囲が正面方向ではなく斜め方向にあるため、斜め方向で、輝度、コントラスト比等の光学特性が最適化される必要がある。

さらに2画面ディスプレイには、ある方向に向けて表示される画像に、他の方向に向けて表示されるべき画像が観察されるクロストークという問題があり、安全上の観点から、画像の混ざりが視認されないレベルまで防止しなくてはならない。

2画面ディスプレイではこれらの表示性能を改善、又は満たすことが求められる。

3. 光学特性と設計

2画面ディスプレイの課題を克服するために開発した技術とその技術を適用した場合の光学特性を述べる。当社は、2画面ディスプレイが車載用のセンターインフォメーションディスプレイに使用されることを想定し、実際に使用される視野角範囲が正面から水平方向に $\pm 15^{\circ} \sim \pm 45^{\circ}$ (中心値: $\pm 30^{\circ}$) 傾いたところにあるとし、設計最適化を行った。



(b) 従来の1画面ディスプレイの断面図

図1. ディスプレイ断面図比較例

3.1 精細度感の維持

ディスプレイの精細度感は同じ精細度でも画素の配置によって異なる。人間の目が感知しやすい水平方向の精細度が高い画素配置は、精細度感が高いことが知られている⁽³⁾。図2に2画面ディスプレイにおける画素と視差バリアの配置例を示す。図は、一方の視野(例えば右視野)から見た場合の画素(図のR, G, B領域)と視差バリア(図の黒領域)の位置関係を示している。2画面ディスプレイで、精細度感の劣化が最小になるような画素と視差バリアの配置を実機で確認した結果、図2(a)に示す縦方向一列状に画素と視差バリアを配置した場合は、水平方向の精細度が半分になるため精細度感の劣化を感じやすく、図2(b)に示すチェッカーボード状に画素と視差バリアを配置した場合がもっとも精細度感が高いことを確認した。

3.2 輝度の視野角特性

水平方向視野角 $\pm 30^\circ$ で輝度が最大になるように、CF基板の厚み、CF基板の遮光膜と視差バリアの平面設計、バックライトの配光特性を最適化した。

図3に輝度の視野角特性を示す。水平方向視野角 $\pm 30^\circ$ で輝度は 500cd/m^2 以上を達成し、色再現範囲はNTSC(National Television System Committee)比で72%である。視差バリアの設計によって、一側の視野角の輝度を+側の視野角の輝度よりも高く設計している。

3.3 コントラスト比の視野角特性

TFT-LCD(Liquid Crystal Display)は、CF基板側とTFT基板側に貼り付ける一対の偏光板の吸収軸のなす角を 90° に設定するのが一般的である。そのことによって、

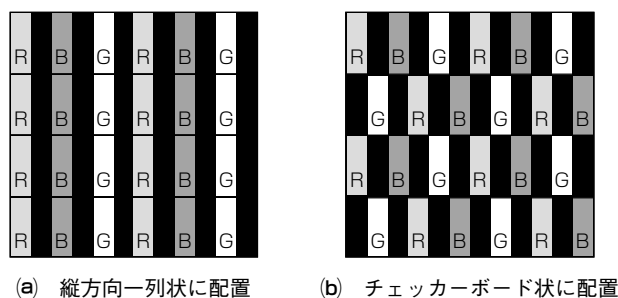


図2. 2画面ディスプレイにおける画素と視差バリアの配置

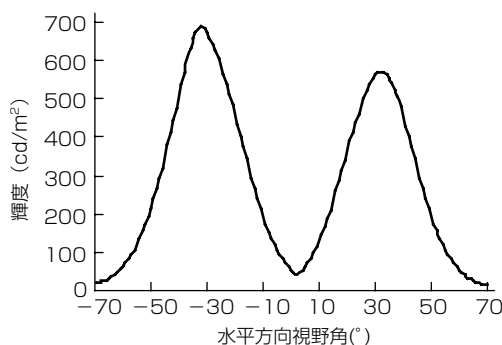


図3. 輝度の視野角特性

すべての液晶モードで、正面視野角でのコントラスト比が最大となり、視野角が正面からずれるに従いコントラスト比が低下する。

しかしながら、2画面ディスプレイでは、使用される視野角範囲が正面視野角ではなく、斜め方向の視野角にある。そこで、TNモードをベースに偏光板や位相差フィルムを含めた液晶セルの設計技術によって、所望の視野角で、コントラスト比を最大にする技術を開発した。

図4にコントラスト比(CR)の視野角特性を示す。水平方向視野角 $\pm 30^\circ$ で $\text{CR} > 300$ を達成し、良好な表示特性を得ている。

3.4 クロストーク

クロストークが発生した場合の画像イメージを図5に示す。クロストークとは、例えば左視野に、右視野で表示されるべき画像(Aという文字)が観察される現象である。安全上の観点から、画像の混ざりは視認されないレベルまで防止しなくてはならない。

まず、クロストークの要因を解析した。その結果、クロストークは大きく二つに分けられ、光学的なクロストークと電氣的なクロストークがあることが判明した。

光学的なクロストークは、図6に示すように、回折、反射、散乱等によるパネル内の迷光が、望まない視野角方向に漏れて出射されることによって発生する。漏れ光の絶対量としては僅かであるため、一定輝度以上の中間調表示で

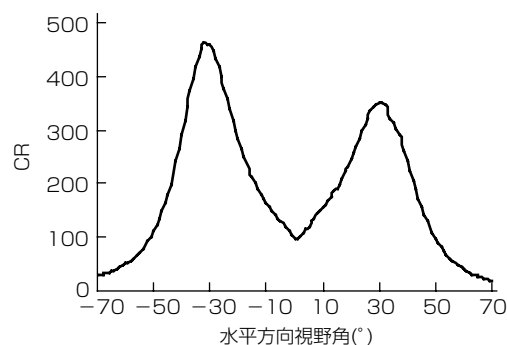


図4. コントラスト比の視野角特性

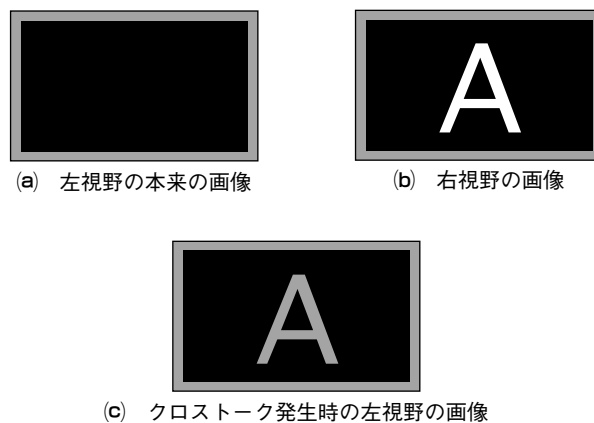


図5. クロストーク発生時の画像イメージ

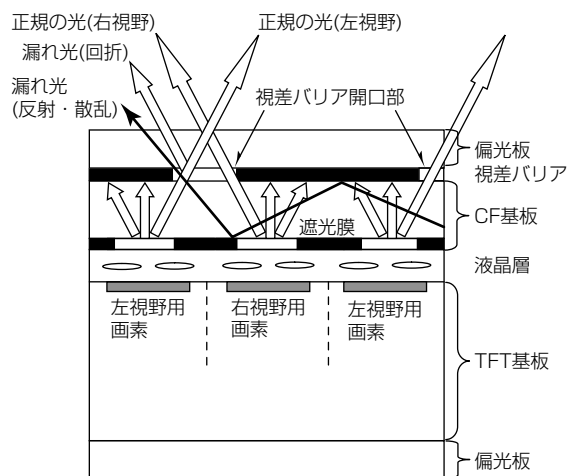


図6. 光学的クロストークの要因

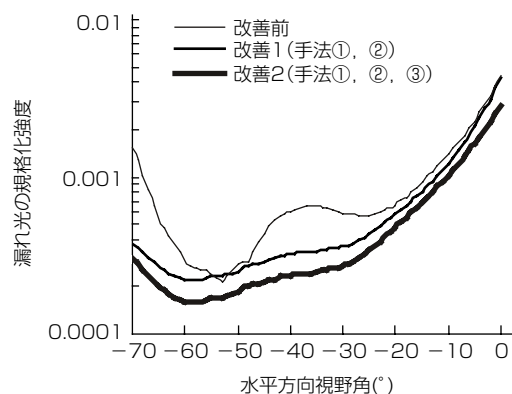


図7. 漏れ光低減の検討結果

は視認されないが、黒表示時で視認される。

電気的なクロストークは、隣接画素間の電氣的カップリングや広域な共通電極の電位変動等の要因で液晶パネルの透過率が変化することで発生する。液晶パネルの透過率－電圧特性の傾きが寝ている黒表示では電氣的なクロストークが発生しないが、透過率－電圧特性の傾きが急峻（きゅうしゅん）な中間調表示では電氣的なクロストークが発生する。

それぞれのクロストークの要因に対し、対策を行った。一例として、漏れ光低減の検討結果を図7に示す。図の縦軸は、黒表示させている片方の視野に対し、白表示させているもう一方からの漏れ光を示しており、漏れ光がない場合、任意の視野角で0となる。当社は、回折や散乱を擬似的に盛り込んだ光学シミュレーションを開発し、それを用いて、TFT基板上の配線や電極等のレイアウトを含めた液晶セルの最適設計（図の手法①）、視差バリアの最適設計（図の手法②）と視差バリアの材料最適化（図の手法③）を実施し、漏れ光を低減した。

さらに、漏れ光自体を低減させる検討に加えて、信号処理技術によって、クロストークの視認性を減少させる技術開発を行った。その結果を図8に示す。図の縦軸は、黒表示させている片方の視野に対し、白表示させているもう一方からの漏れ光の割合を示したものであり、クロストークの視認性を示す。クロストーク視認性減少技術によって、水平方向視野角 $\pm 30^\circ$ でクロストークの視認性を半減できることを確認した。

4. む す び

これまでに述べたように、当社は、2画面ディスプレイの技術を開発した。画素と視差バリアの配置を最適化することで、見栄え上の精細度感の劣化を防止した。また、

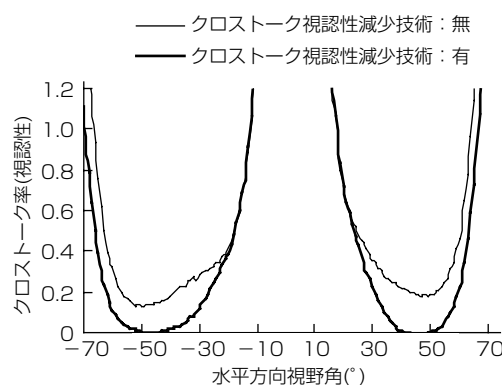


図8. クロストークの視認性

TNモードをベースに新規の液晶セル設計とバックライト配光設計を実施したことで、高輝度（水平方向視野角 $\pm 30^\circ$ で 500cd/m^2 ）、高コントラスト比（水平方向視野角 $\pm 30^\circ$ で300:1）を実現した。さらに、ある方向に向けて表示される画像に、他の方向に向けて表示されるべき画像が観察されるクロストーク問題に関しても、クロストーク自体とクロストーク視認性を低減させる技術によって、問題とまらないレベルまで低減した。

この技術は、動作保証温度範囲が $-40\sim +95^\circ\text{C}$ であり、高い信頼性が求められる車載用ディスプレイにも対応可能である。

今後は、更なる高精細化と広視野角化に取り組んでいく。

参 考 文 献

- (1) 高谷和男：「デュアルビュー液晶」「トリプルビュー液晶」について、シャープ技報，No.96，21～23（2007）
- (2) 山根 亨，ほか：'05年秋市販DUAL AVNの開発，富士通テン技報，23，No. 2，22～27（2005）
- (3) 増谷 健，ほか：ステップバリア方式立体ディスプレイ，映像情報メディア学会誌，62，No. 4，606～610（2008）

高視認性TFT-LCD技術

大槻英世*
清原 徹*

High Image Quality Technologies for TFT-LCD

Hideyo Ohtsuki, Toru Kiyohara

要 旨

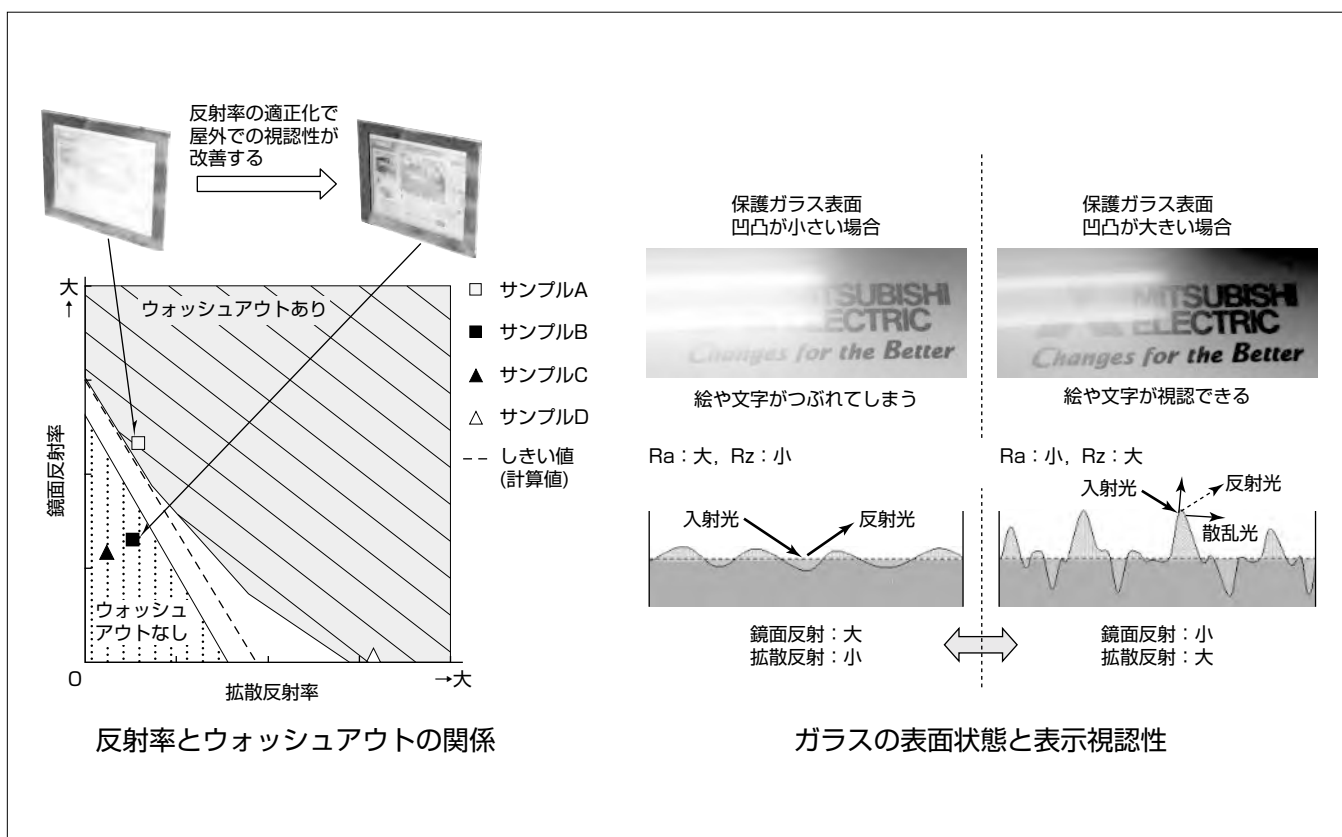
TFT-LCD (Thin Film Transistor-Liquid Crystal Display) (以下“LCD”という。)は表示面への保護ガラス装着やタッチパネル装着等の加工によって、新たな安全性能や入力機能を備えた高付加価値LCDとして、屋内、屋外を含む様々な分野の製品に搭載されている。その表示性能は表示面の加工に伴う表面反射特性の変化や、新たな使用環境による影響を受ける。三菱電機では、様々な条件におけるLCDの表示性能改善に取り組んでいる。

屋外のように明るい環境で保護ガラス、又はタッチパネルを装着したLCDを使用する場合、周囲の光が表示面で反射することによって画面が白くなり視認性が低下する“ウォッシュアウト”と、周囲の景色が表示面で鏡のように反射し、視認性を阻害する“映り込み”が課題である。

ウォッシュアウトに対しては、モデルを基に観察結果に適合する条件式を導き、様々な使用環境で表示装置が達成すべき鏡面反射特性、拡散反射特性を明確にした。

映り込みに対しては、アンチグレアコーティングなどの表面処理を行うことで対策することが多いが、LCDの画素ピッチとガラスの表面処理の干渉によって“ギラツキ”が発生する。ガラスの表面形状特性を測定することで、ギラツキ視認性、散乱・反射特性に相関するパラメータを見だし、保護ガラスの表面処理を最適化する手法を確立した。

このように反射特性及び表面処理を最適化することで、LCDは様々な環境で良好な表示性能を実現することができる。



反射率とウォッシュアウトの関係、及びガラス表面状態と表示視認性の関係

左は反射率の実測結果とウォッシュアウトの相関を示したものである。反射率を適切に低減することで、屋外での視認性が改善する。

右は表示面の表面状態と表示視認性の例である。表面状態の違いによって精細感が低下する。表面状態(算術平均粗さRa, 最大高さRz)を制御することによって様々な環境下でも高い視認性を得る。

1. ま え が き

TFT-LCD (LCD) は表示面への保護ガラス装着やタッチパネル装着等の加工によって、新たな安全性能や入力機能を備えた高付加価値LCDとして、屋内、屋外を含む様々な分野の製品に搭載されている。その表示性能は表示面の加工に伴う表面反射特性の変化や、新たな使用環境による影響を受ける。当社では、様々な条件におけるLCDの表示性能改善に取り組んでいる。

屋外のように明るい環境で保護ガラス、又はタッチパネルを装着したLCDを使用する場合、周囲の光が表示面で反射することによって画面が白くなり視認性が低下する“ウォッシュアウト”と、周囲の景色が表示面で鏡のように反射して視認性を阻害する“映り込み”が課題である。

ウォッシュアウトに対しては、屋外向け表示装置に要求される反射特性について検討した結果を述べる。映り込みに対しては、アンチグレアコーティング(AG)を表示面に施すことで対策することが多いが、表面処理による画素ピッチとガラスの表面処理の干渉によって“ギラツキ”が発生する。AGを最適化する手法と、新たに構築した散乱光角度特性測定システムについて述べる。

2. 屋外向け表示装置の反射特性検討

2.1 背景・目的

屋外では太陽光などの強い光が表示面で反射することによって画像が白っぽくなるウォッシュアウトが起こる。保護ガラス又はタッチパネルの装着によってLCDは表示面に積層構造を持つため、その各層の界面で反射が起こり、表示面で高い反射率を持ちやすい。ウォッシュアウトの抑制には、反射率の低減が必要である。

2.2 屋外向け表示装置に要求される反射特性⁽¹⁾

反射光には表示面で拡散反射する光と鏡面反射する光がある。拡散反射と鏡面反射によってウォッシュアウトが発生するモデルを図1に示す。観測者が視認する光は、表示

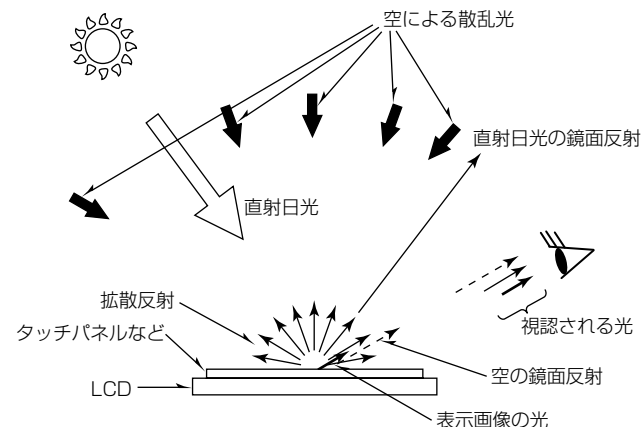


図1. ウォッシュアウトのモデル

画像の光と、太陽光が表示面で拡散反射した光と、空で散乱された太陽光が表示面で鏡面反射した光である。空全体は太陽光の散乱による2次光源と考えられる。表示画像の光が反射光と比べて相対的に少ない場合にウォッシュアウトが起こると考える。

異なる反射率を持つLCDサンプルについて、直射日光下でのウォッシュアウトの観測と反射率の測定を行い、相関の確認を行った。反射率の測定方法は、ISO13406-2に基づく⁽²⁾。ウォッシュアウトの観測は、100klx環境下で、太陽光の鏡面反射方向からずれた位置から行った。各サンプルの輝度は1.2kcd/m²である。

表1は、サンプルの状態及びサンプルの反射率の測定結果である。アンチリフレクションコーティング(AR)とは表示面に透明薄膜を構成し、光の干渉を利用して反射を低減する処理である。AGとは表示面に細かい凹凸をつけることで光を散乱する処理である。図2は各サンプルの反射率の測定結果とウォッシュアウトの観測結果の関係をまとめたものである。図2中の写真は直射日光下で各サンプルに画像を表示した際の目視イメージである。斜線部はウォッシュアウトが発生したことを、点描部はウォッシュアウトが起こらなかったことを意味する。ウォッシュアウトは、拡散反射と鏡面反射の両方に依存して発生することが分かる。

ウォッシュアウトの発生と反射率の関係のモデルについて、数式化を検討する。拡散反射光と鏡面反射光の輝度は、

表1. 反射率とウォッシュアウトの評価結果のまとめ

サンプル名	サンプル条件		測定結果	
	表示面への加工	表面処理	反射率(%)	
			拡散	鏡面
A	タッチパネルあり	AR	0.27	1.15
B	タッチパネルあり(低反射構造)	AR	0.26	0.65
C	なし	AR	0.12	0.58
D	なし	AG	1.58	0.03

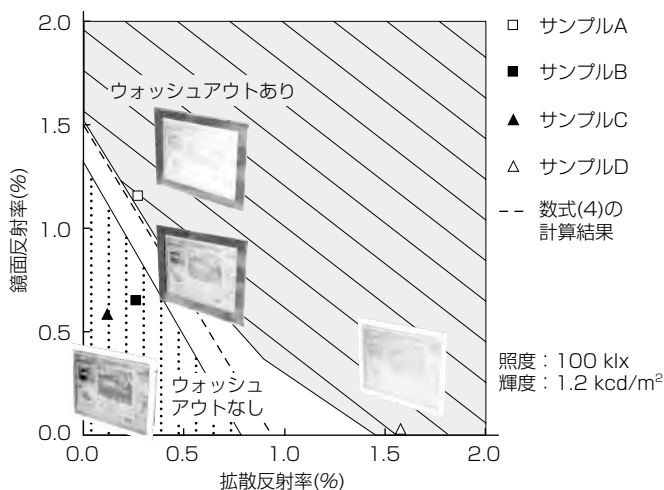


図2. 反射率とウォッシュアウトの関係

それぞれ式(1)、式(2)のように表される。直射日光下での液晶のコントラスト比は、式(3)のように表される。

$$Ld = \frac{Rd \cdot E}{\pi} \dots\dots\dots(1)$$

$$Ls = Rs \cdot Li \dots\dots\dots(2)$$

$$Cr = \frac{Lw + Ld + Ls}{Lk + Ld + Ls} \dots\dots\dots(3)$$

Ld : 拡散反射光の輝度

Rd : 拡散反射率

E : 照度

Ls : 鏡面反射光の輝度

Rs : 鏡面反射率

Li : 鏡面反射方向の輝度(二次光源を含む)

Cr : LCDの屋外でのコントラスト比

Lw : LCDの白の輝度(暗室条件)

Lk : LCDの黒の輝度(暗室条件)

式(1)、式(2)、式(3)から、ウォッシュアウトを発生させない条件式(4)を導く。

$$\frac{Lw + Ld + Ls}{Lk + Ld + Ls} > Cw$$

Cw : 屋外でウォッシュアウトが発生しないコントラスト

$$Lk \ll Ld + Ls$$

$$Ld + Ls < \frac{Lw}{Cw - 1}$$

$$\frac{Rd \cdot E}{\pi} + Rs \cdot Li < \frac{Lw}{Cw - 1} \dots\dots\dots(4)$$

式(4)に図2の観測条件である照度(100klx)と空の輝度20kcd/m²を適用した場合、コントラスト比5で式(4)は図中の破線のように計算されて実験結果と良く合う。コントラスト比5以上である式(4)が、屋外用表示装置が満たすべき反射特性であると考えられる。式(4)は天候やLCDの輝度等の条件によって変化することを考慮する必要がある。

このように、屋外用途の表示装置におけるウォッシュアウトの低減には、拡散反射率と鏡面反射率の両方をバランスよく低減する必要がある。ウォッシュアウトの観察結果と反射率の実測結果の関係から、数式(4)及びコントラスト比5以上が屋外向け表示装置で達成すべき反射特性であることを見出した。

3. 表面処理の最適化

3.1 背景・目的

映り込みを抑える一つの方法として、表示面にAGが施されることが多い⁽³⁾⁽⁴⁾。図3に示すように、付加されるAGの状態によってLCDの画素ピッチとの干渉によるギラツキが発生し表示品位が悪化するという課題がある。視認性向上を目的とし表面処理を最適化するためには、表面形状の違いによって光がどのように散乱するかを把握するこ

とが重要である。

3.2 表面処理最適化手法⁽⁵⁾

AGの程度は一般にHazeによって表現される。Hazeとは全透過光に対する拡散透過光の割合を指し、値が大きいほど拡散光が増える。様々なHaze値の異なるAG処理されたガラスサンプルを用いてギラツキの視認性について確認した結果を図4に示す。ほぼ同じHaze値を持つ材料でもギラツキの視認性が大きく異なることが明らかになった。Haze値を指標として表面処理を最適化することは難しいことが分かった。

ギラツキはLCDの画素と保護ガラスのAGで拡散した光との干渉によって生じ、そのギラツキの視認性は拡散光の強度とガラス表面の粗さによって決まると考える。各ガラスの表面状態をAFM(Atomic Force Microscope: 原子間力顕微鏡)を用いて観察し、得られた表面粗さ特性を表2に示す。Raはガラス表面の算術平均粗さであり、Rzは最大高さである。



図3. AGと画素ピッチ干渉によるギラツキ発生サンプル

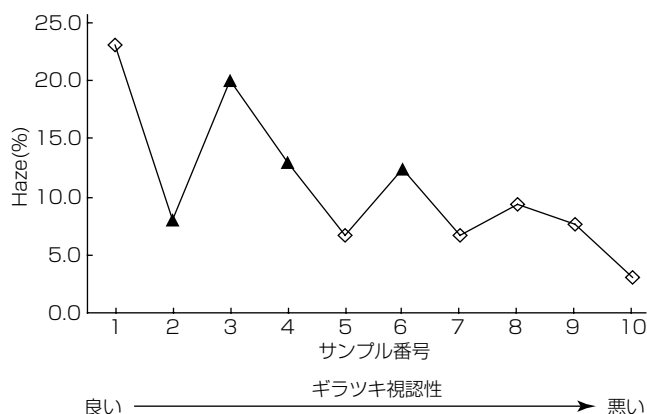


図4. 各種AGガラスサンプルでのギラツキ視認性

表2. 表面粗さ特性

サンプル番号	ギラツキ視認性	反射率 (拡散+鏡面)	Haze (%)	Ra(nm)	Rz(nm)
No.2	++	1.10	8	69.6	431.6
No.3	+	0.51	20	83.4	1,024.6
No.4	+	0.55	12	86.9	1,081.7
No.6	-	1.00	12	94.1	497.3

ギラツキ視認性 - : 悪い, + : 良い, ++ : とても良い

Ra : 算術平均粗さ, Rz : 最大高さ

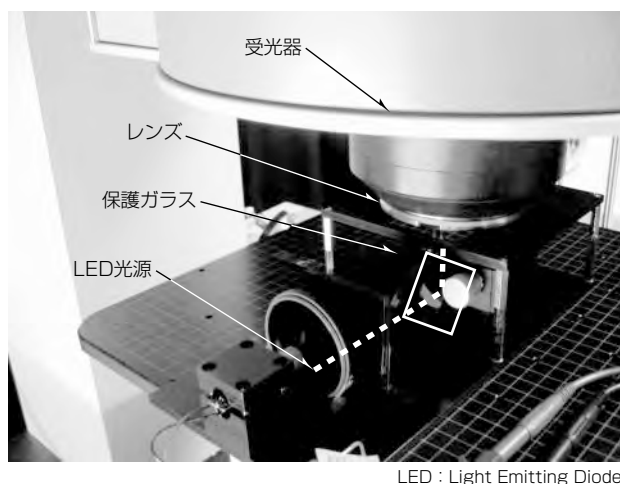


図5. 散乱光角度特性測定系

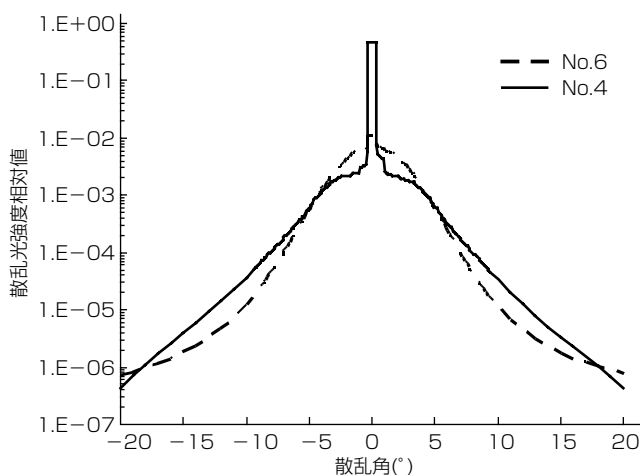


図6. 散乱光角度特性の測定結果

ギラツキ視認性はRaに依存しており、Raが小さくなるにつれギラツキ視認性が良くなることを確認した。

一方、ガラス表面での光の散乱・反射に対してはRaでなくRzが大きく寄与していると考えられる。Rzが小さい場合はRaの大小に関わらず表面は平滑であるが、Rzが大きくなると表面の凹凸が大きくなり、散乱光が増えることが考えられる。従来のHaze値では光がどの方向にどの位散乱しているかを知ることができなかったため、今回図5に示す測定系を新たに構築した。

この測定系は光源から出射した光をサンプルへ垂直に入射させ、サンプルを透過後表面で散乱した光をレンズ系で平行光にして受光器へ入射させるものである。測定結果の一例を図6に示す。

表2のNo.4とNo.6のサンプルを比較した結果、いずれも従来のHazeでは12%程度のサンプルであるが大きく透過光の散乱特性が異なることが分かる。Rzの大きいNo.4の方が $\pm 5 \sim \pm 20^\circ$ の範囲でより散乱光強度が大きくなっており、散乱光が多いことが今回構築した測定系で確かめることができた。散乱光を多くすることによって表面の鏡面反射の割合を低減し拡散反射の割合を増加させることができ、その結果映り込みを低減することができる。

このように、従来のHaze値ではなく保護ガラスの表面形状特性をパラメータとすることで、ギラツキ視認性及び散乱・反射特性を最適化する手法を確立した。また、今回構築した散乱光角度特性測定系によって得られる結果を光線シミュレーションへ応用することによって、表面形状の違いによる散乱光の振る舞いが計算可能となる。これによって、保護ガラスに求められる所望の特性を計算によって求めることが可能になる。

4. む す び

LCDは保護ガラス又はタッチパネルの装着に伴う表面反射特性の変化や、新たな使用環境の影響によって、その表示性能が変化する。ウォッシュアウトに対しては、表示装置が各環境で達成すべき拡散反射特性、鏡面反射特性を具体的に見出した。映り込みに対しては、AGのギラツキ視認性及び散乱・反射特性を最適化する手法を確立した。反射特性及び表面処理を最適化することで、LCDは様々な環境で良好な表示性能を実現することが可能となる。

LCDは今後、更に付加価値を備えた表示デバイスとして、様々な分野で応用範囲を広げることが予想される。当社は、高付加価値化に伴う新たな部品との組合せ、新たな使用環境でも、良好な表示性能を実現するように、製品開発に取り組んでいく。

参 考 文 献

- (1) Ohtsuki, H., et al.: The Proposal for Improving the Image Quality of LCD with Touch Panel for Outdoor Use, IDW/AD2012, INPp-6, 329~332 (2012)
- (2) 窪田 悟: 液晶ディスプレイの反射特性と反射グレアの関係, 照明学会誌, **79**, No. 5, 226~233 (1995)
- (3) Brunnstrom, K., et al.: Visual Ergonomic Effects of Screen Gloss on LCDs, SID Symposium Digest of Technical Papers, **39**, No. 2, 1014~1017 (2008)
- (4) Antiglare vs Antireflection, White Paper http://www.gdoptilabs.com/documentation/pdf/white_paper-antiglare_vs_antireflection.pdf
- (5) Kiyohara, T., et al.: Optimization of the Surface on Cover Glass for Automotive TFT-LCDs, IDW/AD2012, FMC2-4, 177~180 (2012)

産業用投影型静電容量方式タッチパネル

森 成一郎* 中川直紀**
岡野祐一* 上里将史**
宮原景泰*

Projected Capacitive Touch Screen for Industrial Use

Seiichiro Mori, Yuichi Okano, Kageyasu Miyahara, Naoki Nakagawa, Masashi Agari

要 旨

投影型静電容量(PCAP)方式タッチパネルは、軽いタッチのジェスチャー入力で直感的な操作を可能とするため、近年、スマートフォンやタブレットPCなどとともに急速に普及している。操作性、意匠性、堅牢(けんろう)性、耐久性に優れる同方式タッチパネルは、POS(Point Of Sale)端末、FA(Factory Automation)機器、船舶用モニタ等の産業機器でも、今後普及していくことが予想される。

産業機器では、厚い保護ガラスの適用や、屋外での視認性を高めるガラスボンディング構造⁽¹⁾(タッチパネルー液晶間を樹脂で接着し、空気層をなくすことで反射光を低減する構造)等の要求があり、高感度で、耐ノイズ性が高く、高速動作が可能なタッチパネルが必要となる。

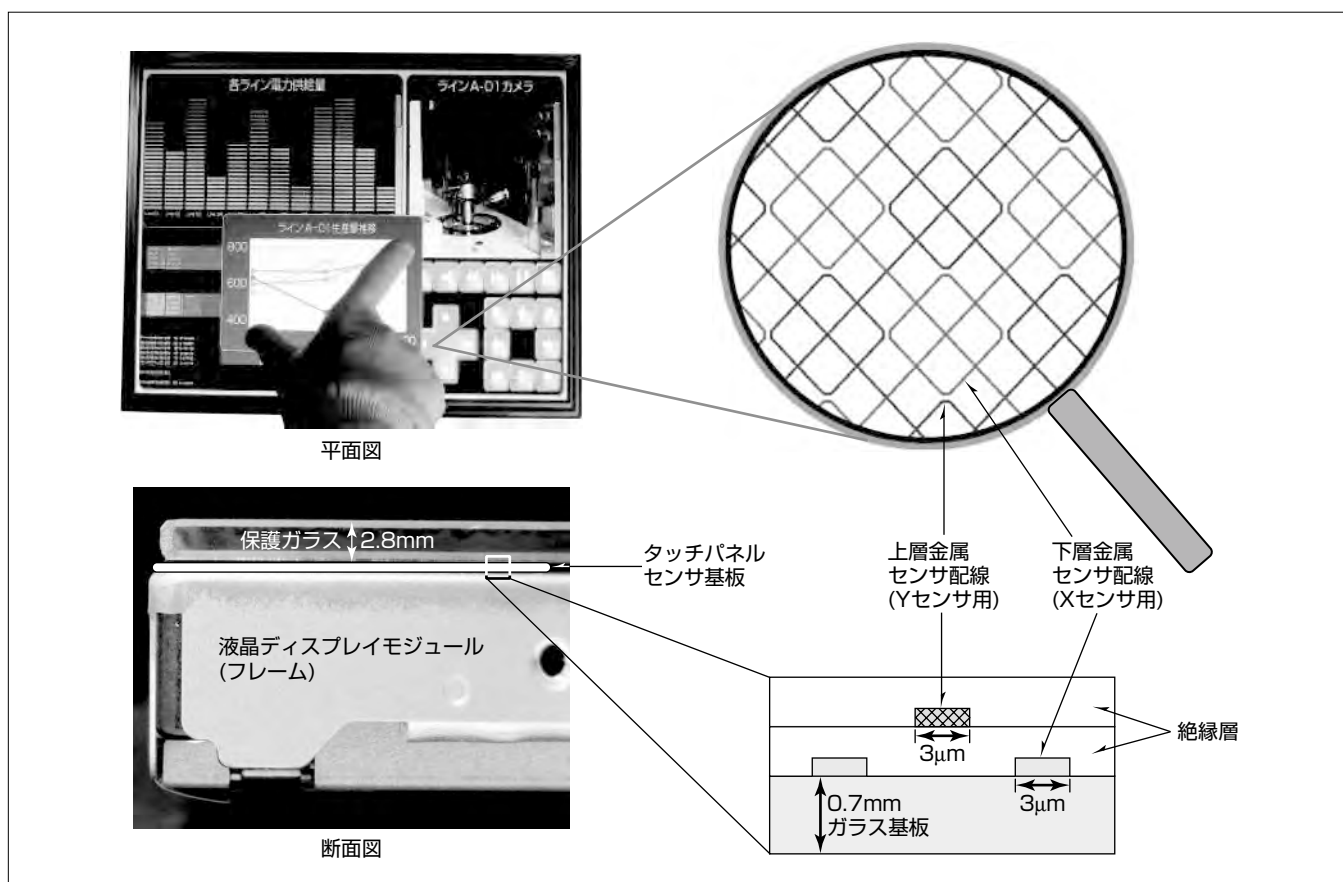
一般的には、静電容量センサ電極としてITO(Indium

Tin Oxide:酸化インジウムスズ)材料が用いられているが、表面抵抗率が高いITO材料で低抵抗とする場合、センサ電極の厚膜化が必要になり、透過率の低下や、センサパターンが視認されやすくなるなどの課題がある。

三菱電機ではITO材料より低抵抗の微細金属配線を使用し、産業用途に適したタッチパネルを開発した。

センサ設計の最適化と低反射微細配線プロセス技術によって、15型の画面サイズ、保護ガラス2.8mm厚、ガラスボンディング構造の試作機で、全光線透過率93%、高感度で手袋操作を可能とするタッチパネル性能を達成した。

現在、同技術を使用したタッチパネル付液晶モジュールの製品化を進めている。



産業用投影型静電容量方式タッチパネルの構造

低抵抗のアルミ材料を用いた独自の2層構造微細金属配線タッチパネルである。微細金属配線のピッチ、センサパターンレイアウトの最適設計によって、見栄え、透過率、タッチ検出感度に優れたタッチパネルを実現した。このタッチパネルを使い、大型サイズ、厚い保護ガラス越しでも動作する産業用途向けタッチパネル付液晶モジュールを製品化する。

◇一般論文◇

1. ま え が き

投影型静電容量(PCAP)方式タッチパネルは、軽いタッチのジェスチャー入力でも直感的な操作を可能とするため、近年、スマートフォンやタブレットPCなどとともに急速に普及している。操作性、意匠性、堅牢性、耐久性に優れた同方式タッチパネルは、POS端末、自動販売機、券売機、ATM(Automatic Teller Machine)、車内表示機、船舶用モニタ、FA機器に代表される産業機器でも、今後普及していくことが予想され、産業用液晶モジュールに最適なタッチパネルが求められている。

当社は、独自の2層構造微細金属配線センサを使用し、産業用途向け液晶モジュールに最適な、高感度で高透過率のタッチパネルを開発した。

本稿ではタッチパネル開発と試作した保護ガラス厚2.8mm、ガラスボンディング構造の15型タッチパネル付き液晶モジュールについて述べる。

2. 産業用タッチパネルの開発目標と課題

2.1 産業用タッチパネルの開発目標

産業用途でも、PCAP方式タッチパネルへの要求が強くなっているが、既存の民生向けとは要求仕様が異なるため、新たに産業用液晶モジュールに搭載可能なタッチパネルを開発する必要がある。

産業用途でのユースケースを踏まえ、開発目標を次のように設定した。

- (1) 大型サイズ(15型以上)
- (2) 高感度なタッチパネル性能と堅牢性の両立(保護ガラス2.8mm厚で手袋越しに操作できること)
- (3) 屋外環境対応(ガラスボンディングで動作可能)
- (4) 液晶表示性能の維持(センサパターンが視認されず、透過率90%以上、低反射率、タッチパネル搭載による色変化がないこと)

2.2 産業用タッチパネルの課題

PCAP方式タッチパネルは、保護ガラス越しに指先の有無による微弱な静電容量の変化を検出して入力位置を特定するため、液晶モジュールから発生するノイズの影響を受けやすい。2.1節で述べた開発目標を満足するためには、2.2.1項から2.2.3項の3つの課題を解決する必要がある。

2.2.1 保護ガラスを厚くした場合の影響

堅牢性を向上させるため保護ガラスを厚くすると、指先とタッチパネルセンサ間に形成される静電容量(以下“タッチ容量”という。)は小さくなりタッチパネルの感度は低下する。

図1は保護ガラスの厚さとタッチ容量の関係を示したグラフである。保護ガラスの厚さをタブレットPC機器などで一般的に使用される1.1mmから2.8mmに変更した場合、

タッチ容量は40%まで低下する。

2.2.2 タッチパネル画面の大型化の影響

画面の大型化はタッチパネルと液晶モジュール間の重なり面積を増加させる。その結果、タッチパネルー液晶モジュール間の結合容量(寄生容量)が増加し、液晶ノイズの影響が大きくなり、タッチ検出時の信号雑音比(S/N比)が悪化する。

2.2.3 グラスボンディング構造の影響

屋外での視認性を高めるガラスボンディング構造はタッチパネルー液晶間を樹脂で接着し、空気層をなくすことで反射光を低減する構造で、異物の混入、結露などを防止し堅牢性が高く、高い屋外視認性と信頼性を実現する。しかし、タッチパネルー液晶間に充填される樹脂の比誘電率は空気よりも大きいため、寄生容量が増加し、液晶ノイズがタッチパネルに伝わりやすくなり、タッチ検出時のS/N比が悪化する。

図2は保護ガラスと液晶画面の間に空気層がある通常構造とガラスボンディング構造の寄生容量を示している。グ

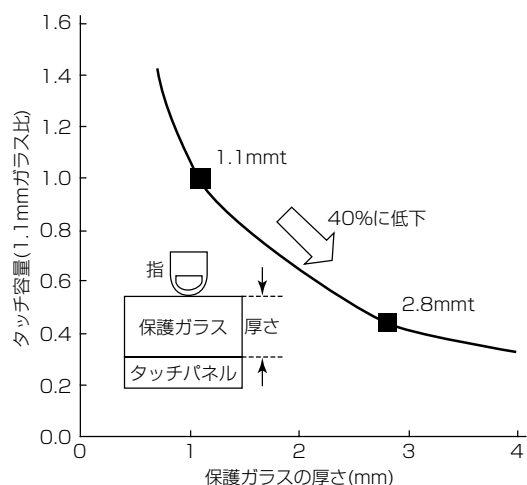


図1. 保護ガラスの厚さとタッチ容量の関係

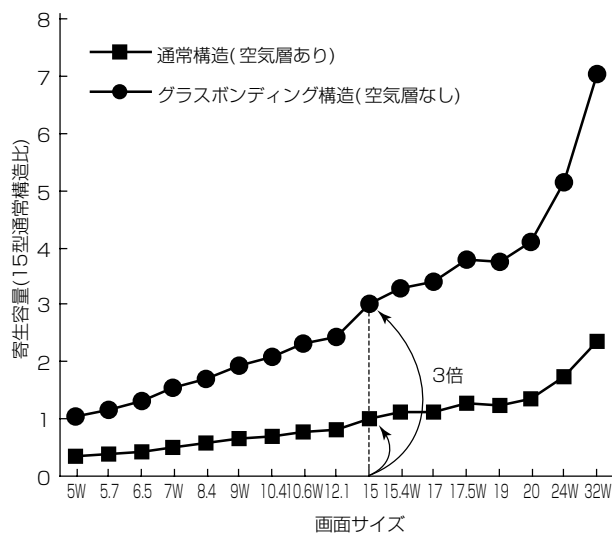


図2. 画面サイズとタッチパネルー液晶間寄生容量

ラスボンディング構造での値は、通常構造に対し約3倍となり、液晶ノイズも比例して拡大する。

このように厚い保護ガラスの適用、画面サイズ的大型化、グラスボンディング構造の適用時は、タッチパネル検出動作のS/N比が大幅に低下するため、高感度で耐ノイズ性が高く、高速で動作することが可能なタッチパネルが必要となる。

3. 新構造タッチパネルの開発

3.1 センサ材料

一般的に静電容量センサ電極として使用される透明電極にはPET(ポリエチレンテレフタレート)フィルムやガラス基板に成膜したITO材料を用いることが多い。しかしながら表面抵抗率が高いITO材料で大型化する場合、センサ電極の厚膜化が必要になり、透過率の低下や、センサパターンが視認されやすくなるなどの課題がある。近年、銀ナノワイヤ材料、高透過カーボンナノチューブ、グラフェンを利用した透明導電膜など、新しい低抵抗材料⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾が提案されているが、大型化に必要な十分な性能と量産性に課題も残る。当社では、センサ電極を低抵抗にするため、液晶モジュールの製造で実績のあるアルミ材料を用いた微細金属配線構造のタッチパネルを開発した。

3.2 センサ構造と課題

新開発したタッチパネルセンサの構造を図3に示す。3 μm 幅の金属微細配線は、光が透過するように一定間隔(配線ピッチ)で、網目状に接続し4~8mm幅のセンサ電極を構成する。各センサ電極はX及びY方向にマトリクス状に配置し、2層構造のタッチパネルセンサ(図3(a))となる。同図(b)はX及びYセンサ電極の交差部分を拡大した図である。同図(c)はセンサ配線部の拡大図となる。

一般的にアルミなどの不透明な金属配線を網目状に配置したセンサパネルを、液晶モジュールの表示面に重ねると

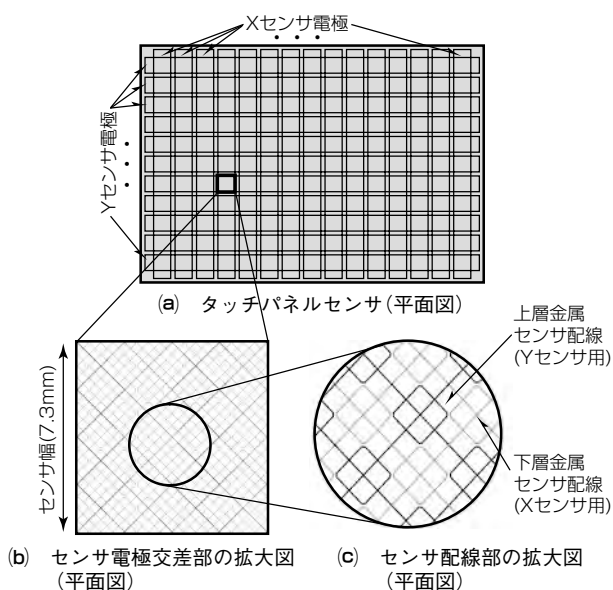


図3. タッチパネルセンサの構造

センサ配線そのものが視認されたり、周期的な縞模様(モアレ)が視認されたりする。このような課題を改善するには網目状の微細金属配線センサの配線幅、センサ配線間の配線ピッチ、液晶モジュールの画素配列方向に対するセンサ配線パターンの角度や形状を、感度と透過率を損なわずに最適化する必要がある。

3.3 センサの最適化設計

図4はセンサ基板に1.3mm厚の保護ガラスを0.2mm厚の透明粘着シートで貼り合わせた構造における、タッチ容量及びセンサ透過率とセンサ配線ピッチの関係を示したものである。

センサ配線ピッチに対し、タッチ容量と透過率はトレードオフの関係にある。透過率95%とするために、センサ配線ピッチを500 μm に広げても、指とセンサ間には電界の広がりがあるため、タッチ容量の低下は20%と少なく、保護ガラスの厚さを2.8mmにした場合の低下を考慮してもセンシングに必要なタッチ容量を維持できる。

次にセンサ配線の視認性やモアレの最適化を行った。

図5はセンサ表面に拡散光源を照射した条件で、視点からセンサ面までの距離30cmで4 μm 幅のセンサ配線パターンが視認される限界点を計算した結果である。必要な透過率とタッチ容量を得るためにセンサ配線ピッチを500 μm に

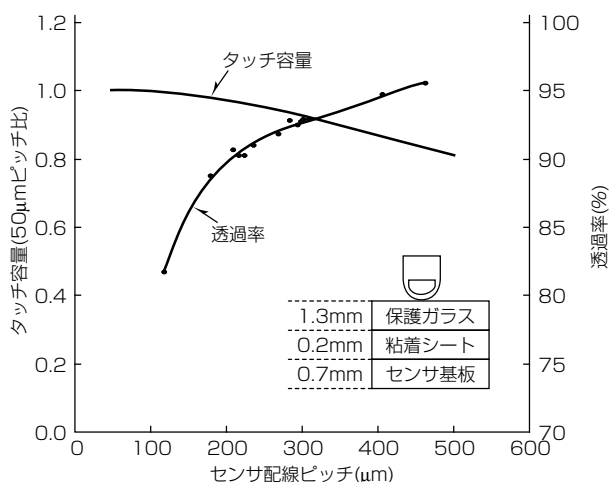


図4. タッチ容量と透過率のセンサ配線ピッチ依存性

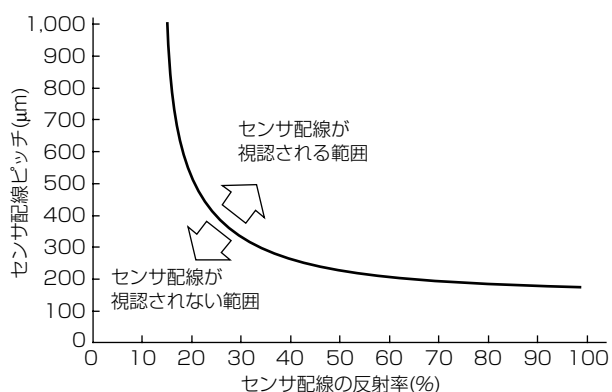


図5. パターン視認性とセンサ反射率、配線ピッチの関係

◇一般論文◇

広げても、センサ表面の反射率を20%以下に下げればセンサ配線が視認されないことを示している。この反射率は、新たな低反射微細配線プロセス技術の採用によって実現している。

また、液晶モジュールの画素ピッチとセンサ配線ピッチの差による周期的な輝度変動によって発生するモアレも、透過率の面内分布の計算によって、液晶パネルの画素配列方向に対するセンサ配線パターン角度を45°にするとともに、配線ピッチを最適化することで改善した。

これらによって、試作パネルのセンサ配線幅、センサ配線ピッチ、センサパターン形状を決定した。この結果、試作パネルのセンサ抵抗は一般的なITOセンサと比較し1/2～1/5にすることができ、見栄えや透過率についても開発目標を満足することができた。また、反射、透過特性に波長依存性を持つITO材料を一切使用していないため、タッチパネルによる色変化がないことも新センサの特長となる。

3.4 新構造センサ対応コントローラの開発

センサ開発とともにタッチパネルコントローラも開発した。独自センサパターンに対応した座標演算処理や、意図しないタッチ入力による誤動作を抑制するための指と掌(てのひら)等を判別する処理など、性能を向上させる独自の検出制御処理技術を用いることで、厚い保護ガラス越しでの高精度な位置検出など、産業用途で求められる性能を満足するタッチパネルを実現した。

4. 15型試作機

図6は試作モジュールの外観で、図7はモジュールの断面図である。表1は、試作モジュールの仕様を示す。

開発目標通り、15型の画面サイズで座標出力レート8ms/回の高速動作、2.8mm保護ガラス越しでも手袋操作が可能なタッチパネル性能を達成できた。

また、超高輝度液晶モジュールと組み合わせることで、タッチパネル付きで1,500cd/m²の超高輝度を達成し、明るく過酷な屋外環境でも高い表示性能を実現することができた。

5. む す び

低反射微細配線プロセス技術とタッチパネルセンサ配線設計技術を用いて、ITO材料より低抵抗のアルミ材料を用いた独自の2層構造微細金属配線タッチパネルセンサを開発した。

この技術によって15型の画面サイズ、保護ガラス2.8mm厚、ガラスボンディング構造の試作機で、全光線透過率93%、手袋操作が可能な高感度性能を達成した。

現在、同技術を使用して6.5型、10.4型、12.1型の産業用途向けタッチパネル付液晶モジュールの製品化を進めている。今後、9型ワイド、10.6型ワイドなどの他の画面サイズへの展開も随時行っていく予定である。



図6. 試作モジュール

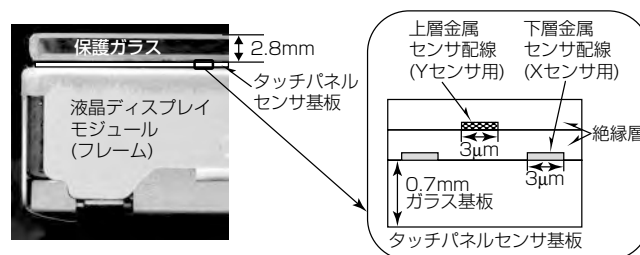


図7. 試作モジュールの断面図

表1. 試作モジュールの仕様

液晶モジュール	AA150XS11
画面サイズ	15型(307×234(mm))
解像度	1024×768
輝度	1,500cd/m ²
センサ数	X: 42本, Y: 32本
センサ幅	7.3mm
保護ガラス厚	2.8mm
センサガラス厚	0.7mm
タッチパネルー液晶間構造	ガラスボンディング
全光線透過率	93%
座標出力レート(1点タッチ時)	8 ms
手袋操作	可能
インタフェース	USB/UART

USB : Universal Serial Bus

UART : Universal Asynchronous Receiver/Transmitter

参 考 文 献

- (1) 河野誠之, ほか: 屋外対応TFT-LCD技術, 三菱電機技報, **83**, No.5, 337～340 (2009)
- (2) Ho, T.-K., et al.: Simple Single-Layer Multi-Touch Projected Capacitive Touch Panel, SID Symposium Digest, **40**, No. 1, 447～450 (2009)
- (3) Sierros, K.A., et al.: Highly Durable Transparent Carbon Nanotube Films for Flexible Displays and Touch-Screens, SID Symposium Digest, **41**, No.1, 1942～1945 (2010)
- (4) Yun, Y.S., et al.: Transparent conducting films based on graphene oxide/silver nanowire hybrids with high flexibility, Synthetic Metals, **162**, No.15-16, 1364～1368 (2012)

オールOSSによる通信事業者向け大規模メールサーバ構築へのアプローチ

稲垣尚史* 松下年伸*
小杉英司* 福島慎一*
川野啓一*

Large-scale Email and Messaging Service System based on Open Source Software for Telecommunications Carrier
Naoji Inagaki, Eiji Kosugi, Keiichi Kawano, Toshinobu Matsushita, Shinichi Fukushima

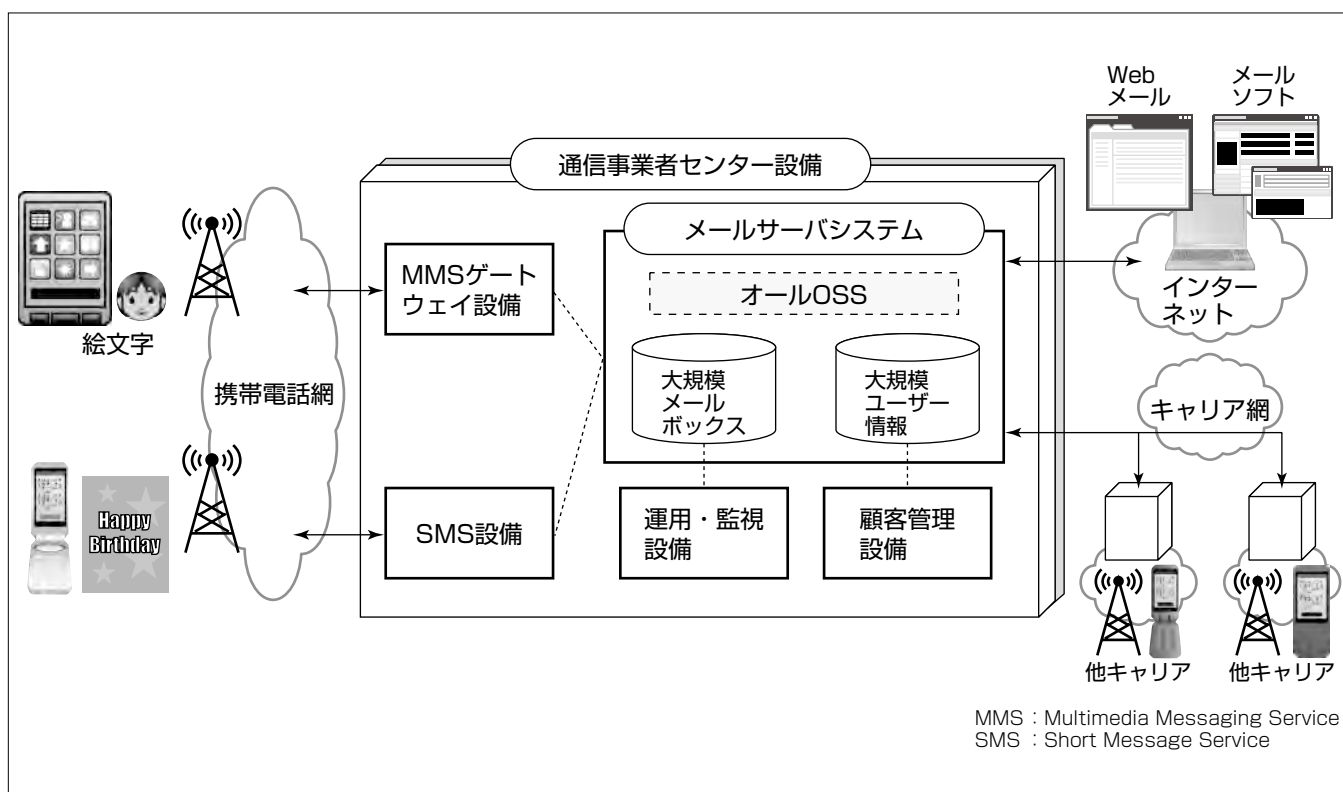
要 旨

近年のインターネットの普及に伴い、電子メールは必須のコミュニケーションツールとして、情報発信、ビジネス等に幅広く利用されている。背景として、電子メールが、専用ソフトウェアで相互交換するインターネットメール、携帯電話向けショートメッセージサービス、ウェブブラウザだけで動作するWebメール等と加入者の利便性を向上させる様々なサービスへ進化していることが一因としてある。通信事業者各社は、これらの多彩なサービスを実現するために、サービス提供を行うサーバシステムを日々整備・拡充している。サービスの拡充では、商用パッケージ製品では事足りず、サービス拡張を柔軟に行いたいという要望がある。さらに、電子メールは緊急時も含めた連絡手段として定着し、社会インフラとしての重要性が高まり、システムに求められる信頼性はより一層増している。

ライセンスフリーなどのメリットがあるため、近年、オ

ープンソースソフトウェア(Open Source Software : OSS)の企業での採用の動きが増加している。しかし、OSSはインターネット上のコミュニティの活動などにメンテナンスが委ねられ、責任の所在がはっきりしないことなどから、信頼性・安定性に不安があり、ミッションクリティカルなシステムでは、採用を見送られることも多い。

このような背景のなか、三菱電機インフォメーションシステムズ株式会社(MDIS)は、OSSだけを組み合わせ、通信事業者向けメールサービス提供システムの構築に取り組んだ。システム構築にあたり、OSSの選定検証、信頼性確保に向けたOSS内部構造にまで及ぶシステム設計、携帯電話向けメールも配慮したOSS間の整合性確保、性能確保等を行うことで個々の課題を解決し完成させた。MDISでは、この実績を基に、2012年10月から“OSSによる携帯電話メールサーバ構築支援サービス”を開始している。



通信事業者向け大規模メールサービス提供システム

大規模加入者を収容する通信事業者向けメールサービス提供システムで、オールOSSでの構成に取り組んだ。携帯電話網、他キャリア網、インターネット網とのインタフェースを持ち、相互にメールの送受信が可能である。

◇一般論文◇

1. ま え が き

OSSの組み合わせによる通信事業者向け大規模メールサービス提供システム構築にあたり、採用するOSSの候補選定からOSS選定検証を経て商用として利用可能なシステム構成を決定するアプローチをとった。本稿では今回の構築に際しての取組みについて述べる。

2. OSS採用のメリットと課題

近年、国内ユーザー企業が使用しているOSSの種類は“オペレーティングシステム(OS)”が最も多く、続いて“Webサーバ／アプリケーションサーバ”“メール／グループウェア／コラボレーションツール”“データベース管理システム”も多く利用されている。特定の分野・業種向けのOSSも増えており、携帯電話のメールサービスであるSMSやMMSを実現するためのソフトウェアも存在する。しかしながら、これら特定のOSSは、商用稼働の前例が少なく品質面での不安があり、採用にあたって見極めが課題である。

2.1 OSS採用のメリット

(1) ライセンス料が発生しない

OSS採用の最大のメリットは、ライセンスフリーという点である。多くの加入者向けにサービスを提供するキャリアにとって、加入者ごとのライセンス料が発生しないOSSの採用は、サービス提供コストの低減に貢献する。

(2) ソース公開なので内部仕様把握が可能

商用パッケージ製品では内部仕様が開発ベンダーによってブラックボックス化されるため、通信事業者は思うように新サービスを提供できないという問題があるが、OSSを採用することによって開発ベンダーへの依存性が軽減され、低コストで迅速な新サービス対応開発が可能となる。

2.2 OSS採用に対する課題

(1) 信頼性・安定性を見極め

OSS採用には信頼性・安定性の不安があるため、MDISでは、事前の選定検証によって、OSSの機能面、安定稼働面の実現性評価を実施し、見極めを行った。OSSは開発の主体となる組織が存在せず、責任の所在がはっきりしないインターネット上のコミュニティの活動に委ねなければならない場合も多い。MDISでは、OSSに造詣が深いベンダーとの協業によって、自社開発したアプリケーションソフトウェアと同等の主體的な開発と品質管理を実施している。

(2) 機能不足への対応

OSSを採用する場合、実現機能に対して機能不足、又は機能の差異が発生する場合がある。OSSへの機能追加、機能修正はソース修正も含めて、次のような対応方法が考えられる。

①OSS自身を持つプラグインを利用した機能追加

②対象OSSと連携する外部プログラムによる機能追加

③対象OSSのソースコードの修正による機能追加

OSSは機能追加を想定し、プラグイン機能を持つものも多い。このような対応方法の選択肢がある中で、どのような方針で機能不足を補うことが最も効果的か見極めることも、OSS採用時の課題である。

3. OSS選定と課題抽出

システム構築にあたり、まずOSSの候補選定からOSS選定検証までを実施した。選定検証では、2.2節に示す機能面、安定稼働面に対するリスクを見極めるため、フィージビリティスタディによる多角的な試行評価を行った。

3.1 OSS候補の選定

まず実現すべき機能を分解することで各要素機能を抽出し、それぞれの要素機能を持つOSSを選定して、それらを組み合わせることで、表1のOSS基本構成を策定した。

3.2 机上でのフィット&ギャップ分析と実機によるOSS選定検証

策定したOSS基本構成について、目的とする機能・非機能要件に対する机上でのフィット&ギャップ分析を行うことで、適合性が不透明な要件を課題として抽出した。次ステップとして、フィット&ギャップ分析結果をインプットとしてOSS選定検証計画を策定し、実機によるOSS選定検証を進めた。OSS選定検証計画では、検証項目、検証方法、スケジュールに加え、評価の実施方法を定義した。また、OSS選定検証のまとめでは、問題検出の報告で終わらず

表1. 選定したOSS

機能名	OSS名	選定理由
メールサーバ	Postfix	・多数のMTA(Mail Transfer Agent)実績あり ・大規模設備での利用実績あり
メールボックス管理	Dovecot	・多数のIMAP(Internet Message Access Protocol)サーバ実績あり ・パフォーマンスが良く、標準規格への準拠度が高い ・柔軟な設定が可能
MMS	Mbuni MMS Gateway	・MMSC(MMS Center)機能を持つOSS ・最新のMMS規約に準拠
SMS	Kannel SMS Gateway	・SMS配信機能を持つOSS ・多数のSMSC(SMS Center)インタフェースを持つ
データベース	MySQL ^(注1)	・PostfixやDovecotのサポートするリレーショナルデータベース ・パフォーマンスが良い
メールフィルタ管理	Milter manager	・メールフィルタのプラグイン適否を制御可能
Webメール	Squirrel Mail	・多くの実績を持つ ・IMAPインタフェースを持つ ・プラグインで機能追加が可能

(注1) MySQLは、Oracle Corp.の登録商標である。

に、その問題の解決方法と、解決に必要なとなるコストの試算も含めることで、商用機開発時に活用できるものとした。

3.3 OSS候補選定時の確認事項

OSSの選定では、ソフトウェアの機能面に留まらず、次の観点でMDISとして取組みが可能か否かを検討した。

(1) ライセンス条件の確認

選定したOSSのライセンス条件(再配布、ライセンス料、派生ソフトウェア作成等)を調査し、今回構築するメールシステムの利用目的で問題がないことを確認した。

(2) コミュニティの活動状況の確認

品質を評価する目的で、選定したOSSのコミュニティで、バージョンアップやバグ修正が活発に行われているかを確認した。

4. システムへの適用

4.1 アーキテクチャの決定

OSS選定検証の結果、判明した課題とその解決策に沿って、システムとしてのアーキテクチャの策定を進めた。

4.1.1 採用OSSの問題点と対策

OSS選定検証の結果、幾つかの日本独特の携帯電話サービスは、OSSだけでは実現できないことが判明した。主なものを表2に示す。

OSSだけでは実現できない機能に対しては、機能追加を実施した。今回はOSSプロダクトのバージョンアップにできるだけ追従できることを方針として、各追加機能に対して、プラグインでの対応、連携プログラムの追加、ソースコード修正の順に実装方式を検討した。

4.1.2 機能不足部分への対応

(1) インターネットメールとの変換を強化

MMS機能では、ローカル配信(携帯メッセージ)はMMS形式で送受信を行うが、インターネット(外部メール)との送受信はSMTP(Simple Mail Transfer Protocol)形式に変換している。そのため、ヘッダ変換、文字コード変換、マルチパート構成変換等を行う方式を実装し、相互通信を実現した。また、この機能のベースとなるOSSには、プラグインインタフェースがなかったことと性能面への影響を考慮し、カスタマイズはソース改修によって実現した。

(2) キャリアごとの絵文字・文字コード変換に対応

絵文字変換処理及びメール個別のフィルタ処理は、Postfixのメールフィルタ拡張プラグインを使い、実装する方法をとった。これによって、Postfixの持つ安定性を

損なわず、また、今後のPostfixのバージョンアップに追従できるようにした。

①キャリアごとの変換ルールへの対応

携帯電話向けのメールサービスでは、キャリアごとに採用している文字コード、絵文字コードが異なるため、送付先ごとにこれらを変換して送信を行う必要がある。また、近年ではGmail^(注2)などのWebメールでも絵文字をサポートしており、これらに向けても同様の変換を行う必要がある。

このシステムでは文字コード変換、絵文字コード変換をメールフィルタとして実装した。

②拡張性を考慮した構成

キャリアごとに専用MTAを配置し、それぞれの変換ルールを持つメールフィルタを組み込むことで、複数の変換ルールに対応するとともに、変換対応キャリアが増加した場合も、MTAとメールフィルタの追加によって、既存部分に影響を与えずに対応可能な構成とした。

(3) ユーザー個別フィルタ機能

幅広い年代層が利用する携帯電話のメールサービスでは、ユーザーごとに複数のフィルタを組み合わせ、効果的に迷惑メールなどのフィルタリングを行いたいというニーズがある。ユーザー個別フィルタ機能は、多くの加入者を対象として個別にフィルタを適用する必要があるため、ユーザーごとの異なる適用条件に柔軟に対応するとともに、負荷対策を考慮する必要があった。

①性能上の課題

通常、複数のフィルタ処理をメールフィルタとしてMTAに組み込むが、全てのメールフィルタから応答があるまで処理を待ち合わせる構造となるため、メールフィルタの処理遅延がボトルネックとなる懸念があった。また、ユーザーごとの適用可否を判定するためには、全てのメールフィルタが個別にデータベース上のユーザー情報を参照する必要があり、即時性が求められるため、高トランザクションが発生する携帯メールシステムでは、データベース性能がボトルネックとなる懸念があった。

②このシステムでの工夫点

このシステムで採用したMilter managerは、MTAとメールフィルタの間に位置し、データベース上のユーザーのフィルタ設定情報を参照して、必要なメールフィルタだけ動作させる制御を行っている。これによって、データベースの参照とメールフィルタ処理を最小限に抑えることができ、携帯メールシステムにも耐え得る性能を確保することができた。また、新たなサービス(ウイルスチェック、スパムチェック等)に対しても、メールフィルタを追加することで、柔軟に対応できる。

(注2) Gmailは、Google Inc. の登録商標である。

表2. OSSだけでは実現できない機能

No.	項目名	必要機能
1	MMS機能	インターネットメールとの相互通信機能
2	絵文字変換処理	キャリア間で異なる絵文字を変換する機能
3	ユーザー個別のメールフィルタ処理	利用者ごとに定義できるメールフィルタ機能

◇一般論文◇

4.1.3 プラットフォーム構成面での工夫

今後のスマートフォン の普及や、通信事業者の提供サービス増加による利用者増や利用回数増に備え、性能確保や拡張性を検討した。その結果、このシステムでは、図1のとおりにSMTP/IMAP/MMSの各種プロトコル処理やメールフィルタリング処理を行うフロントエンド部と、メールボックスの管理(メールボックス配信、保存容量制限、SMS通知)を行うバックエンド部の2階層構成とした。

(1) 将来のトラフィック増加を想定したフロントエンド部
将来のトラフィック増加を想定し、フロントエンド部によるスケールアウト可能な構成を検討した。フロントエンド部の機能は、フロントエンド部がメールを受け付けると、メールアドレスをシステム内部メールアドレスに変換してバックエンド部に処理を引き継ぐ方式とし、Postfix、Dovecotの組み合わせによって実現した。この機能によって、フロントエンド部はトラフィックに応じて単純増設可能となり、性能確保を可能とした。

(2) 容量拡張可能なバックエンド部

バックエンド部は、将来のユーザー数の増加に応じて、メールボックス格納用ストレージを増設することで、拡張可能な構成を検討した。フロントエンド部からバックエンド部への処理引き継ぎは、メールボックスの格納領域(バックエンド部)が複数に分散されても、フロントエンド部には影響がないように、データベースに格納されたユーザー情報で紐(ひも)付ける方式によって実現した。この機能によって、バックエンド部は利用者増に伴う増設が可能となった。

4.2 信頼性、安定性の確保

採用したOSSの中で、携帯電話機への接続を実現するMMS/SMS部分のソフトウェアについては、商用稼働の前例がなく信頼性や安定性に対して懸念があった。このリ

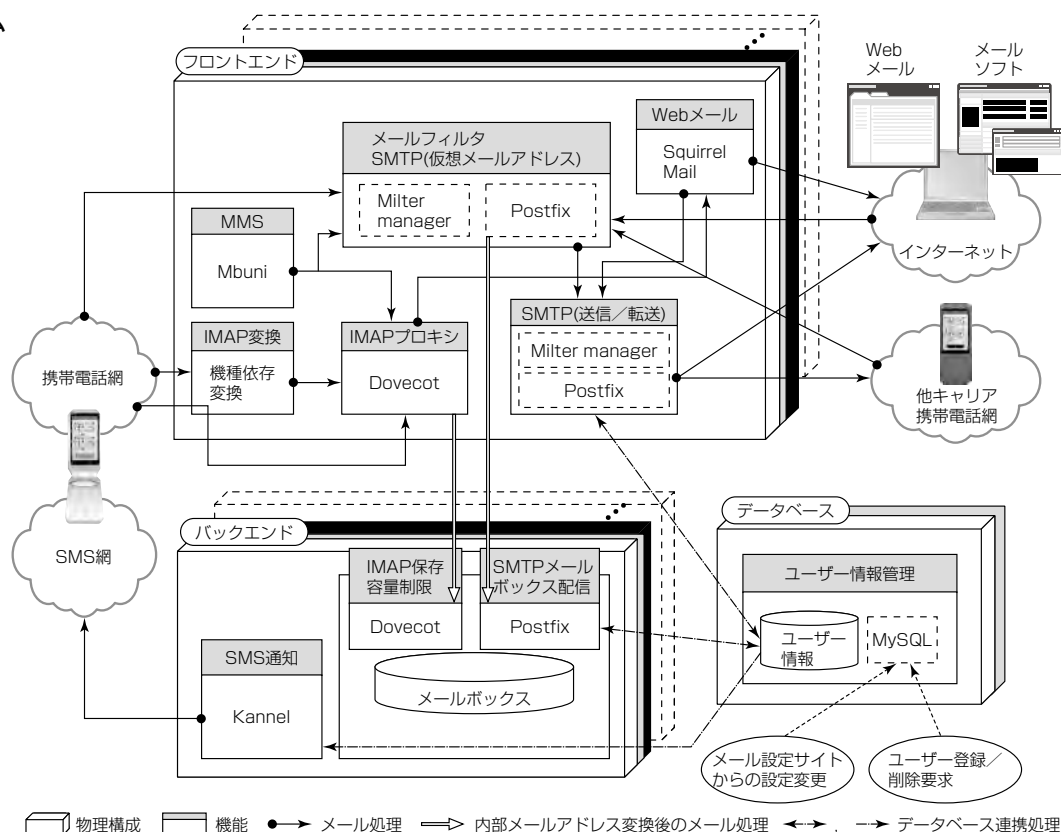


図1. システム構成

スクに対しては、先に述べたとおり、フィット&ギャップ分析とOSS選定検証を行うことで、設計段階で不足する機能や品質の把握を可能とし、開発上位フェーズから対策を打てるようにした。また、検証環境を使つての連続運転試験、過負荷試験、異常試験を行うことで信頼性、安定性の確認を行った。

5. む す び

MDISは、これらのプロセスを経て、通信事業者向け大規模メールサーバのシステム構築を完了し、このノウハウを活用して、2012年10月から、“OSSによる携帯電話メールサーバ構築支援サービス”を開始している。なお、OSSは導入後にも、サポートの継続性の課題がある。MDISは、システムのライフサイクル全般にわたって、ソースコードレベルでの当事者責任を全うするための、OSSコンソーシアム⁽¹⁾の参加企業とのネットワークによって、必要十分な体制・技術を維持する。

なお、今後も他の分野へのOSS適用の可能性を探っていく予定である。

参 考 文 献

- (1) OSSコンソーシアムのホームページ
<http://osscons.jp/>