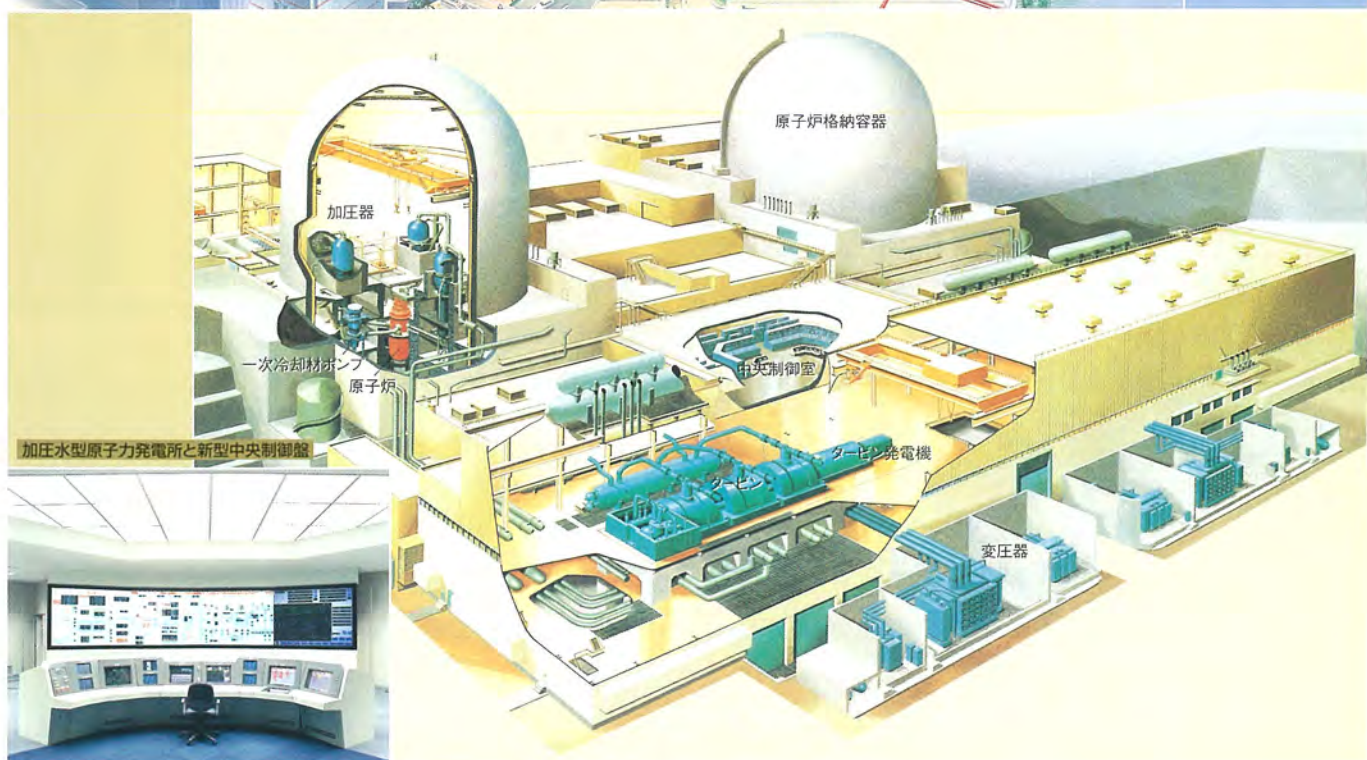


MITSUBISHI

三菱電機技報 Vol.74 No.8

特集Ⅰ「原子力プラント電気・計装技術」
特集Ⅱ「ATM通信」

2000 8



目次

特集 I「原子力プラント電気・計装技術」

未来に向かう先進人工システムへの期待	1
秋山 守	
原子力プラント電気・計装技術への取組	2
早川利文	
原子力プラント総合デジタル化システム	7
赤木克己・門原穂積・谷口 学	
新型デジタル制御棒位置指示装置	11
田室 勝・松村俊明・福光裕之	
新型放射線計装システム	15
松尾慶一・高岡 章・浦中康夫	
原子力保全管理システム	19
山路好弘・阿部紀彦	
原子力用大容量タービン発電機	23
前田 進・三木隆広・鈴木一市	

特集 II「ATM通信」

ATM通信特集に寄せて	27
森山光彦	
ATMネットワークシステムの現状と展望	28
菊地克昭・大島一能・手島邦夫	
ATMクロスコネクシステム	32
小須田伸一・井上博義・高橋 章	
ATMアクセスシステム	36
上田広之・土田 充・鈴木孝昌・高井伸之・福田康宏	
次世代IPネットワーク“IP over ATM”	41
妹尾尚一郎・松本 康・東方敦司・市橋立機・枝廣圭一	
ATMトラヒック制御技術	45
横谷哲也・山田浩利・大久保啓示・寺内弘典・吉田俊和	
ATM通信用LSI	49
小泉直子・小口和海・工野勝彦・小浜茂樹・小崎成治	
ATM光通信用デバイス	53
野上正道・金子進一・小崎成治・浅芝慶弘・牧野真也	

特許と新案

「ステップモータの動特性計測装置」「しゃ断器」	57
「蓄冷器」	58

スポットライト

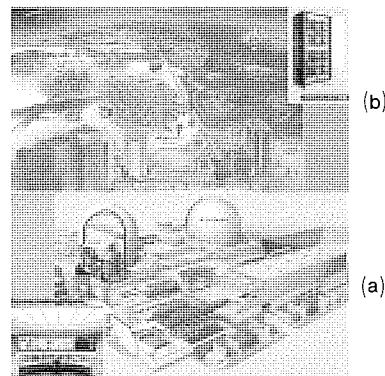
海外向けATM-PONシステム	(表3)
-----------------	------

表紙

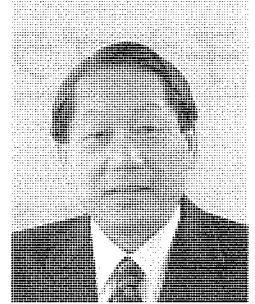
加圧水型原子力発電所と新型中央制御盤 (a)
三菱電機の発電機、変圧器、開閉所設備、大型モータ、中央制御盤、制御保護・計装システム、プラント計算機等の主要な電気・計装設備が稼働している。各分野で新技術と社会的要請を反映し、安全性と経済性の一層の向上、大容量化に取り組んでおり、今後、新型中央制御盤、総合デジタル化システム、大容量発電機等を適用する。

ATMクロスコネク装置 (b)

ATMネットワークシステムは、高度な情報通信社会のバックボーンのインフラストラクチャを提供する。右上の図は、20Gbpsの大量の情報を長距離中継伝送するATMクロスコネク装置の外観である。



【 未来に向かう先進人工システムへの期待

財エネルギー総合工学研究所
理事長 秋山 守

21世紀の開幕を目前にして、先端科学技術の動きは最近ますます目覚ましいようです。わけても、情報の分野の勢いは一段と激しくて、情報を扱う基盤や環境の高度化と並んで、コンテンツ自体も極めて多彩なものとなってきています。それは広く科学技術・社会人文学・哲学・芸術などの、いわば“学芸融に向かう大きな潮流”とでも見る事ができるでしょうか。

その背景には、近頃流行の“感性”“アメニティ”“知遊”などの言葉に象徴されるような、これまで以上に自由で豊か(饒)な“人間精神”への、いわば渴望があるようにも思えます。

そうであれば、機械でも建築物でも、あるいは町全体の姿にまでも及んで、これからの人工物は“遊び”や“面白さ”の要素が強く前面に出る方向にいくのではないかと予感されます。

もちろん昔から、人々はたくさんの夢を描き、その実現に努め、あるいは後世に望みを託そうと願ってきました。古くはバベルの塔や空中庭園などの着想がありますが、それらは現代ではガウディのサグラダ・ファミリアや、都心のガーデン付き高層ビルとして具現してきているように思えます。そして、それらは時代ごとの文化の影響を受けたとはいえ、多くは個々の天才の勢いのなせる業であったろう、と思います。

これからは、そうした“創像”にかけての個人の天分に加えて、情報科学技術の支援による“人工知情=Artificial Imagination”の世界が期待されるように見え、そうであれば無限に彩る新たな創像世界への扉が、今正に開きつつあ

るように思えるのです。そして、このように人の感性を受けて創像された人工物は、それ自体として、これまで以上に感性を内包していくとも思えるのです。

ところで、これまでも、機械に人の名前や愛称を付けて優しくきめ細やかに接することは随所で行われてきました。実際、工場や発電所などの現場を見学させていただくとき、担当の方々が人工物を慈しみ愛するお気持ちを持っておられるのを感じずにはられません。

日常生活でも、例えば車を運転するとき、今日は調子が良いなと思ったり、どうもご機嫌が芳しくないと思ったりするとき、そこには幾分かの感情の移入があり、心なしか、いとおいしい気さえしてくることがあります。

いつか見たマンマシンインタフェースのイラストですが、見事に設計され順調に動いているシステムは笑顔をしており、そうでないものは泣き顔であったように記憶しています。とすれば、時には思慮深い表情だとか、いささか意地悪い顔なども出てくるのでしょうか？

ともあれ、これからは機械に限らず、建物も街全体の景観も、そしてさらにはソフトな情報通信や社会経済のシステムなどにも及んで、すべからく精神的交流の対象として、これまで以上に親しみと深い感興を覚えるのです。

電力を生み出し、そして、いずれは熱や燃料や淡水や光をも広く視野に入れる原子力プラントは、正に未来に向かう先進人工システムであります。それは近い将来、さらに“知・情・意”の次元も取り込んだ総合活力源として、また多彩な交流のキーステーションとして発展し、その中でインタフェースの役割も一層増していくと思えるのです。

原子力プラント電気・計装技術への取組

早川利文*

1. ま え が き

原子力発電は、現在国内全発電量の1/3以上を担っており、2000年以降においても安定した電気エネルギー供給源として重要な位置を占めている。

三菱電機㈱は、三菱重工業㈱とともに、1970年代の草創期以来、加圧水型原子力発電プラントの電気・計装技術の国産化開発を進め、そして計装制御設備、発電機、開閉所設備、プラント全域通信システム等の発電所内のほとんどの電気・計装設備を供給し、技術の進歩と新たな社会的要求等を反映した開発・改良に努めてきた。

これらの原子力プラント電気・計装技術への取組の最近の例として、計装制御システムにおいては、中央計装及び制御保護の分野で高度なマイクロプロセッサ応用技術と高速データ伝送技術を中央監視操作とプラント制御保護に適用して運転員負担の軽減、ヒューマンエラーの防止、システム信頼性の向上、経済性の向上を図った新型中央制御盤及び総合デジタル化システム、原子炉計装の分野では従来システムを運用経験と最新技術に基づいて改良した新型デジタル制御棒位置指示装置、放射線計装の分野ではローカルネットワーク技術による現場分散処理方式を採用し原子力プラントへの適用を考慮して広い応用分野で実績を積んでいる新型放射線計装システム、運転保守・管理の分野では運用経験と最新のデータ処理・通信技術を適用して発電所の運転保守管理のより一層の効率化を図った原子力発電プラント保全管理システムがある。

大型電気設備の中には、今後の大容量原子力プラントに対応するため、径方向を実機寸法としたモデル機を製作して検証を行った発電機がある。この検証によって1,800MVA級の大容量発電機も製作可能であることを実証した。

以下にこれらの動向と概要について紹介する。

2. 計装・制御システム

2.1 中央計装システム

原子力発電所の中央計装については、多数の系統設備に対応する表示機器・操作機器を中央に集中して監視・制御を行うため、通常運転時及び異常時にプラントシステムの状態を正しく把握し誤りなく適切な判断・運転操作が行える中央計装システムを実現するよう、操作器・計器類の形状、盤面配列、表示を工夫して視認性・操作性を改善する

段階から、やがて、計算機的能力向上及び情報処理技術の急速な進歩とTMI事故以降の人間信頼性研究の動向とを背景として、計算機とカラーCRTによる適切な集約情報の表示・活用を運転監視システムの主体とする段階に移行した。

運転員の負担軽減、誤認・誤操作の防止を目指した運転監視操作の実状分析と人間工学に基づく評価を詳細に行い、運転監視操作の緊急度に応じたCRT表示の階層化・集約を研究し、緊急時に必要な情報のCRTへの自動表示や運転員へのガイダンス表示等の運転支援技術を発展させ、標準となる中央制御盤を実現して実績を積んだ。

次期プラント以降の新型中央計装システムでは、運転員の負担軽減、誤認・誤操作の防止、経済性向上を更に進め、運転員が新型中央盤に向かって座った姿勢でプラント全域の状況を整理された形で画質の良い画面で常時監視し、系統設備機器の状態を詳細に画面及び音声を含むガイダンスを活用して監視・確認しながら、画面上の操作機器映像に触れて系統機器に直接操作信号を送る(タッチオペレーション)方式を採用している。

2.1.1 全タッチオペレーション方式

この新型中央計装システムの運転監視操作方式は、運転員負担軽減、誤認・誤操作防止を目指した最新の形態であり、高画質のCRT、フラットディスプレイパネル、大型表示装置、音声技術、高速・大容量・高信頼性の信号伝送処理技術、知識・情報処理技術を総合したものである。

これらはいずれも要素技術の開発・検証、プロトタイプを試作・検証、本格的なモデルシステムの製作・検証、及び運転経験者・システム設計者・学識経験者等による運転操作性の検証などを経て実用化した。

この新型中央計装システムは、運転員負担軽減、誤認・誤操作防止への対応として以下の特長を持っている。

- (1) 運転員が運転席に座った姿勢でプラント運転監視操作が可能な全タッチオペレーション方式のコンパクトな運転コンソールを適用する。
- (2) 大型表示装置により、プラント状態や系統設備機器状態等の主要情報を運転員全員で共有する。
- (3) 大型表示装置には系統図と警報を対応させて表示し、異常時の警報認識・判断を正確・容易なものとする。

また、警報発信後、運転員がインタロック確認、対応処置用画面表示、警報処置手順ガイダンス等の支援情報を容易に参照できる警報システムを備える。

(4) 異常時や事故時に事象判別・対応操作判断を支援する事故時運転支援機能を備える。

次期プラント以降、プラント計測・制御システムは全域がデジタル化され、中央計装システムと相互に高速・大容量・高信頼度のデータ伝送・処理システムで緊密に結合された総合デジタル化システムを構成する。

上記の全タッチオペレーション方式の運転監視操作と総合デジタル化システムによって、監視と運転操作を一体化した信頼性の高い運転監視操作を可能とし、運転員負担軽減、誤認・誤操作防止の観点で新たな標準となる中央計装システムを実現した(図1)。更に次の段階として、国の支援を得て続けてきたセーフティサポートシステム開発の成果の具体的適用がある。

2.1.2 セーフティサポートシステム

セーフティサポートシステム開発は、原子力発電プラントの異常事象を早期に発見して異常の影響を拡大させないことと運転・保守における人間の負担を高度な自動化によって軽減することを目的に、機器故障及び人的過誤を低減して広義の安全性と運転信頼性を更に高めるための高度な運転支援システムを開発するもので、以下のように基本技術を確立している。

(1) 異常予知総合判断技術

一次冷却系の最重要機器である一次冷却材ポンプを主な対象として、比較的ゆっくり進展する異常事象に対して運転員の対応に十分余裕を確保できる段階で異常を診断し、情報を提供する。

このために、異常の原因と影響に関する知見、運転記録等の異常予知に要する知識データベース、機器の状態監視データから異常兆候を検出・判定するシステム等を開発している。

(2) 高度自動化技術

制御機器故障を検知してプラントに現れる過渡変化を予

測し、有効な手動処置を行える時間内に異常拡大防止措置を提示したり、又は必要に応じて自動処置を実行し、故障によるプラント停止を回避する。

このために、一つの制御機器の故障によって直ちに性能低下を起こさないような制御システムの分散構成とバックアップ方式、プラントに外乱を与えずに正常な制御系に高速切換えを行う技術等を開発している。

(3) 高度運転情報提供技術

異常予知総合判断技術や高度自動化技術等から得られる運転支援に有効な情報を、マルチメディア技術等を用いて運転保守監視情報として運転員に提供する。また、重要なプラント運転操作の教育訓練システムを提供する。

このために、プラント・機器の運転状況の変化を適切に表示し運転員の判断・操作能力を十分引き出せるように、運転員が従来の半分以下の操作回数で要求した情報を最も判断しやすい形で入手できる情報提供技術を開発している。

今後、これらの技術を、総合デジタル化システム適用を踏まえて、実機の中央計装システム、制御システムに適用し、広義の安全性を備えた次世代の原子力プラントを実現していく。

2.2 プラント制御・保護システム

原子力発電所の計装制御システムは、プラントの運転状態を規定の範囲に制御・調節する制御システムと、正常な運転状態からの逸脱を検知して原子炉停止信号を発信する保護システムからなる。

当初、原子力発電所の制御システム、保護システムには、共に、一般工業、火力発電等の分野で実績を持つアナログ計器、電磁リレー等に原子力プラントで要求する高い信頼度を満足するよう改善・検証を加えたものを適用していた。

当社では、原子力発電所計測機器の国産化に加えて、'70年後半に原子力発電所用カード式アナログ計器、ソリッドステートロジック回路等を国産化して制御システム、保護システムへの適用を開始し、国産技術と運用経験を生かして安全性確保・信頼性向上・保守性向上・稼働率向上を目指して計器単体及びシステムの両面から改善を図ってきた。

これとほぼ並行して原子力プラントの補助的な監視・制御設備へのデジタル式制御装置の導入を行い、'80年代末にはプラント主要制御システムに原子力用マイクロコンピュータシステム及び多重データ伝送技術を駆使したデジタル化を適用した。

この動向は、マイクロコンピュータの性能向上及び大容量・高速の信号伝送処理技術の進歩を背景とした一般工業、火力発電分野のデジタル化動向、デジタル化による制御システムとしての信頼性・保守性・経済性の向上要求を反映したものである。

保護システムのデジタル化については、'90年代初頭

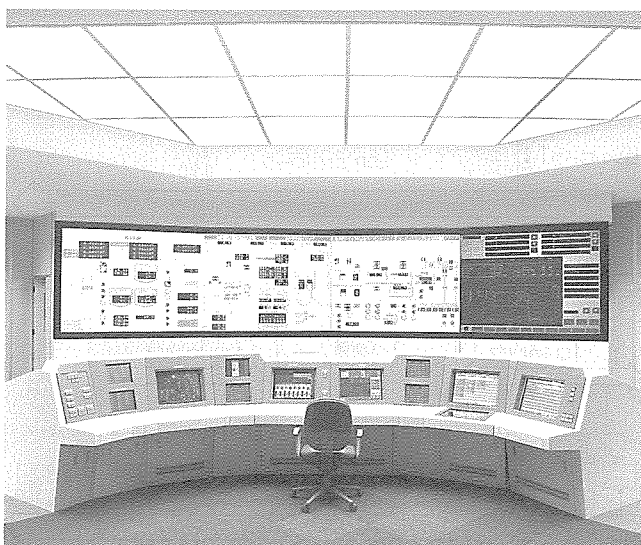


図1. 新型中央制御盤(動的検証実施盤)

にデジタル化保護システムの基本機能・構成・性能・基準適合性について検証を完了している。

2.3 総合デジタル化システム

次期プラント以降の計装制御システムでは、新型中央計装システムを頂点として、制御システム(常用系)、保護システム(安全系)をすべてデジタル化し、これらを高速・大容量・高信頼度のデータ伝送・処理システムで結合した総合デジタル化システムを適用する。

総合デジタル化システムは、運転員とプラントを直結する運転監視操作システム、プラントの中枢神経として働く計測・制御・保護システム、設備の異常・故障を未然に防止する運転保守管理システムの三つに着目して、プラント経験、最新のコンピュータ技術、情報伝送処理技術を用いて安全性・信頼性・保守性・稼働性の一層の向上を図ったものである(図2)。

主な特長は以下のとおりである。

- (1) 新型中央計装システムの適用によって運転員負担軽減、誤認・誤操作防止、異常時の運転支援を強化し、運転操作の信頼性を大幅に向上させ、また、プラント全域にわたるデジタル化と情報通信によってプラント全体としての運転信頼性を向上させている。
- (2) 通常運転時の運転員負担を占める監視・確認作業の計算機化、プラント起動・停止を含む運転の自動化等により、運転員のより高度な役割・判断が可能である。
- (3) 運転監視・制御・保護の各装置の機能分担を見直し、故障時の影響範囲、制御処理内容、ケーブル量等を最適とする観点から機能・設備の分散を図っている。
- (4) 保護システムのデジタル化において、フェールセーフ性の向上、自己診断機能・自動試験の充実により、保守時を含めたシステム安全性及び保守性を向上させている。
- (5) プラント全域にわたるデジタル化と通信システムによる結合により、保全・状態監視等に必要な設備情報・デ

ータの集中管理、試験・記録の集中管理等の保守保全業務支援を容易にしている。

2.4 原子炉計装

原子炉計装の分野で、当社は原子炉の中性子束計測装置、制御棒駆動装置用制御装置、制御棒位置指示装置等を担当し、国産化以来、運用経験と新技術動向を反映して改良・改善を進めてきた。

これらの原子炉計装における改良・改善は、制御・保護システムの場合と同様のアナログ計装をデジタル化して機能向上・合理化を図る技術動向のほか、格納容器内環境に対する耐性の向上、設備コンパクト化による合理化等を総合している。

最近の新型デジタル式制御棒位置指示装置における改善では、アナログ回路の設定・調整・校正の合理化、自動試験機能の充実等の保守点検作業合理化及び指示値のドリフト対策・計測精度向上等をデジタル化によって改善し、プラント定期検査に占める所要期間の短縮及び信頼性の向上を図るとともに、格納容器内設置キャビネットの環境温度耐性を部品レベルから向上させ、専用空調エリアを不要として設備小型化を図っている。

この新型装置は、既設プラントに対しては制御棒位置指示装置の更新を有利かつ容易に行えるよう考慮しており、また、今後のプラントに対しては総合デジタル化システムの構成要素として新型中央計装システムに直接データ伝送し運転員コンソールのCRTに制御棒位置表示を行う構成としている。

2.5 放射線計装

原子力発電所の放射線計装分野で、当社は格納容器内を含む原子力施設の雰囲気、排気、排水・廃液、及び発電所周辺の雰囲気、排水の多種類の放射性物質濃度・放射線レベルを広範囲にわたって計測・監視する放射線監視設備を担当してきた。

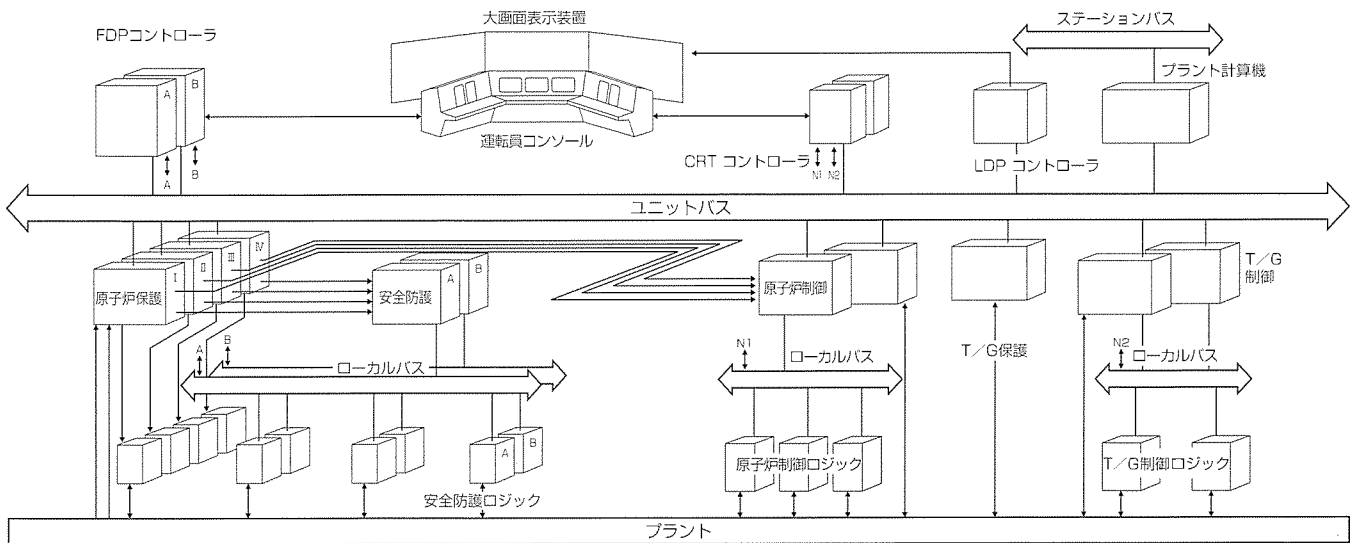


図2. 総合デジタル化システムの構成(例)

この分野は特殊な計装分野であるが、一般社会からの放射線安全に対する要求と直接に接する分野であることから、公的規制の強化、技術の進歩、運用経験等を背景として改善を続けている。

次世代放射線監視設備における改善においては、検出器の検出特性変化の影響排除、検出器の長寿命化、信号伝送経路でのノイズの影響排除、異常診断機能の強化、保守・点検所要時間短縮等の基本的課題に対して、検出器側及び計装システム側の両面で更なる改善を図るとともに、総合デジタル化システムに適合したデータ通信インタフェースを採用して、広範囲の放射線監視情報を中央制御室に集約表示できるものを目指している。

具体的には、半導体検出器等の特性変化・寿命が実用上問題にならない検出器を採用し、検出器の近くでデジタル化した測定処理ユニットで放射線計測パルスを計数率デジタルデータに変換して光多重伝送ネットワークによって中央に伝送する。測定処理ユニットには入力パルス波形によって異常パルスを判定除去するノイズフィルタを設ける。この方式により、検出器の測定信頼性を向上させ、また、検出器系及び伝送経路でのノイズの影響を排除する。

この次世代放射線計装システムは、小型化した検出器・測定処理ユニットのセットを現場分散配置とし、それらを伝送ネットワークで結合して総合デジタル化システムに取り入れる構成とする。

なお、検出器信号を中央制御室近くの放射線監視盤に通常ケーブルで伝送している既設プラントの放射線計装システムに対しては、改良された検出器を適用し、放射線監視盤にノイズフィルタ、データ伝送インタフェースを置く方式も適用できる。

2.6 運転保守・管理

原子力発電所では、プラントの運転、日々の点検保守、定期点検等を高い品質・信頼度を保って円滑に処置・管理していく技術管理業務において、膨大な技術情報・データが記録・確認・比較・意思決定・作業指示連絡・報告等の目的に合わせて様々の形で使用されている。

このため、当社は、プラントにおける要望を反映して、運転保守、管理業務の効率化・省力化、信頼性向上を目的として技術情報・データを個別の目的に応じて必要な形に整理・表示する技術・業務支援計算機システムを、計算機技術・情報処理技術の進展及びプラント運用経験の蓄積を踏まえて構築してきた。

(1) 運転支援システム

異常時の運転操作を的確なものとするため、異常診断結果、状況確認・判断に必要なプラント情報、運転操作ガイダンス等を自動表示する。

(2) 警報処置支援システム

運転要領書をデータベースとして、警報発報時に警報に

対応した運転要領を整理した形で自動表示する。

(3) 系統隔離支援システム

系統図をデータベースとし、定期点検時、保守・点検時の多様な点検作業・点検作業に対応して、点検・保守を対象とする系統機器範囲を隔離するための隔離対象の検討・確認・設定を支援し、隔離指示タグの自動作成、機器隔離状態の自動表示等を行う。

(4) 補機制御ロジックシミュレータ

ポンプ、モータ、弁等の系統補機を制御する制御ロジック、信号・電源の結合を示すEWDをデータベースとし、補機の起動・停止操作、電源の入/切操作等によるロジック動作の伝搬と影響範囲をEWD上でビジュアルに表示する。

次の段階として、保守・保全の高度化を目指し、プラント設備・機器の状態のデータを長期的に監視しながら変化傾向、異常の兆候を把握して適切な時期に保守・保全を行う状態監視保全を指向する大きな流れがある。

当社は、これらのニーズに対応して、初期の運転管理、図面管理、計装品管理等の個別業務を機械化した支援システムから、定期点検期間内に系統隔離作業・点検作業・試運転を高効率・高品質で実施するための支援システム、さらに、プラント異常の兆候を早期に把握するためにプラントデータを長期にわたって定量把握し評価するシステム等の発電所全体での運用を考えた総合システムまで、広範囲のニーズに対応する運転保守・管理システムを電力各社の指導の下に提案し構築してきた。

最近の原子力発電プラント保全管理システムに対する取組の例では、最新のデータ処理・通信技術、運用経験を生かして、プラントデータ、状態監視保全情報、設計情報、管理要領等を総合する要素システムを統合し、欲しい情報をパーソナルコンピュータレベルで容易に適切な形で活用できるようにし、発電所の運転保守・管理をより一層効率化・高信頼化する原子力保全管理システムを目指している。

3. プラント電気機器

原子力発電プラントの計画においては、既設プラントの技術実績・運用実績及び新しい技術動向を踏まえた一層の安全性・信頼性・保守性の向上を目指すとともに、電力需要と経済性の要請を背景としたプラントの大容量化への取組を行ってきた。

当社は、国産初の原子力用タービン発電機の製作以来、発電機、一次冷却材ポンプモータ、循環水ポンプモータ等を含む大型のプラント電機機器について、プラント出力の大容量化の要請に対応して、先行プラントの建設及び運転保守経験を通して蓄積した技術改良を基に、更に高い信頼性を持つ大容量機器の開発と製作を進めてきた。

最近の取組として、今後の大容量プラントに対応するため、1,800MVA級の原子力用大容量タービン発電機を計画

してその信頼性検証を完了し、また、大容量プラント向けの一次冷却材ポンプモータ、循環水ポンプモータ等についても大容量化への取組を進めている。

原子力用大容量タービン発電機の信頼性検証には、既設機で十分な実績を積んだ基本技術・材料技術を適用した。そして無理なく大容量化・大型化を成立させるための技術検証を行い、回転子径の大型化を考慮して径方向を実機寸法としたモデル発電機を製作し、固定子コイル端部振動特性、絶縁特性、各部の温度上昇、回転子機械強度等を含む各種の機械的強度、電気的特性について多角的な信頼性検証を実施した。

この結果、高い信頼性を備えた原子力用大容量タービン発電機を製作し供給できることが確認できた(図3)。

4. む す び

以上、原子力プラント電気・計装技術に対する当社の取組と最近の事例について紹介した。

原子力発電は、長期的な電気エネルギー供給の基幹の一つとして、今後も容易に代替のできない重要な役割を担っていく。

原子力発電がその役割を果たしていくためには、原子力プラントを一層安全で信頼性・経済性の高いものにする努力が続けられなければならない。

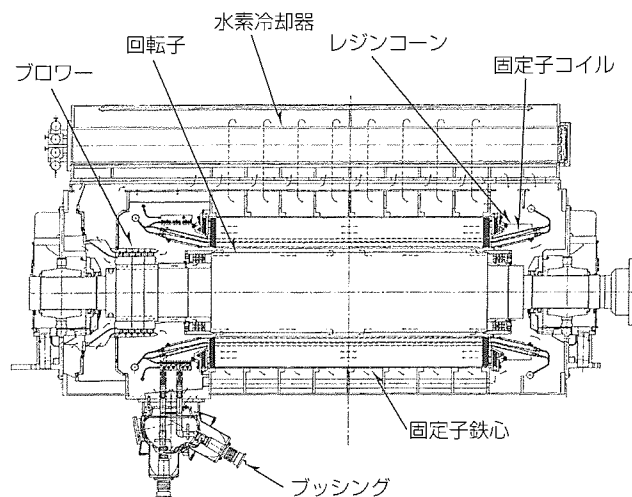


図3. 原子力用大容量タービン発電機

このために、当社は、マイクロエレクトロニクス技術・情報処理技術に基づく計装システム、蓄積された経験と開発技術に基づく電気設備の分野を通して、三菱重工業㈱とともにたゆまぬ努力を続けていく所存である。

また、発電所の建設・運転・改善・共同研究等を通してご指導をいただいている電力会社関係各位に対して深く感謝の意を表するとともに、一層のご指導、ご協力をお願いする次第である。



原子カプラント総合デジタル化システム

要 旨

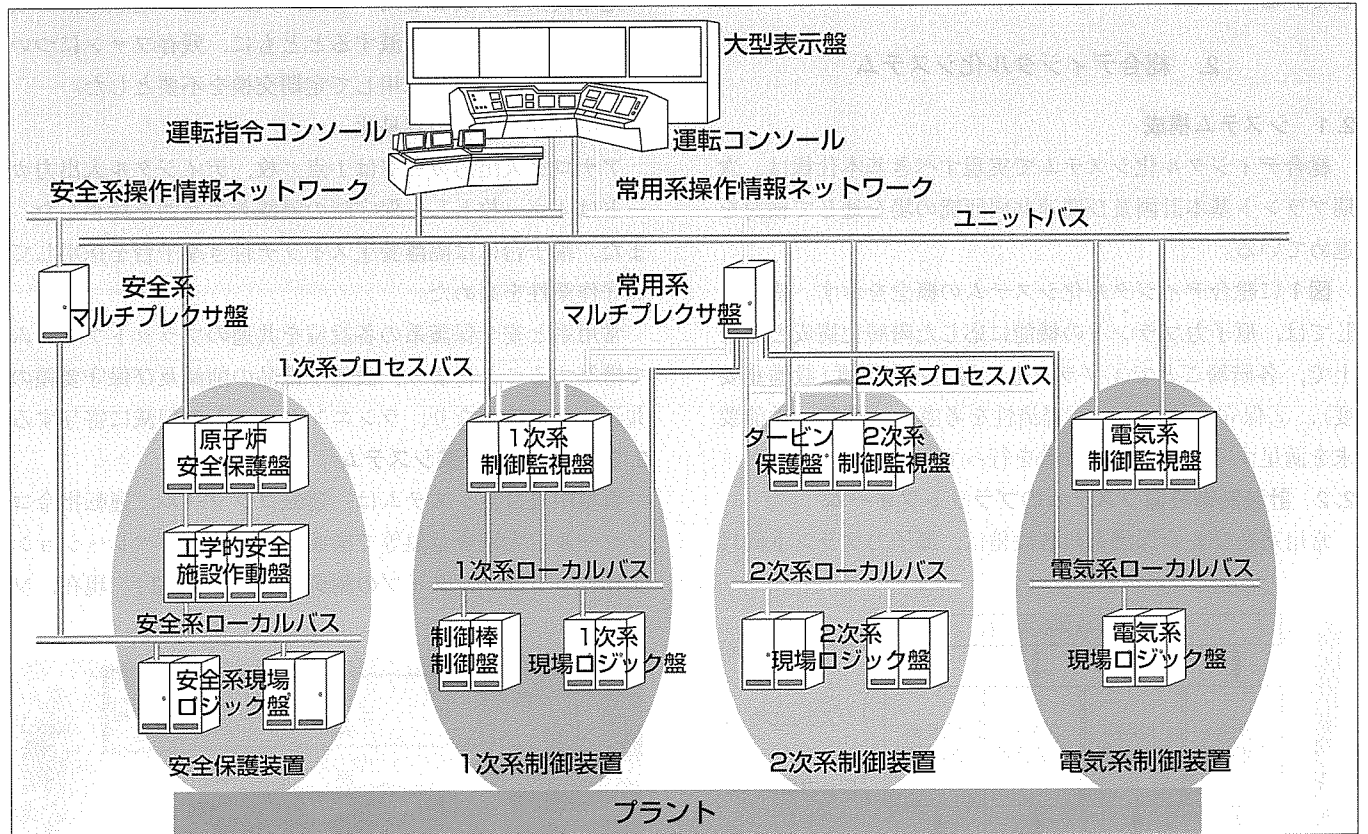
これまで加圧水型原子力発電プラント(PWR)計装制御システムでは、常用系(1次系/2次系制御装置等)へのデジタル計装制御装置の適用、監視機能へのCRT表示システムの適用など、段階的にデジタル技術を採用しており、運転自動化範囲の拡大による運転員負荷軽減、自己診断機能による信頼性・保守性の向上、多重伝送によるケーブル物量の削減、情報集約による視認性の向上を実現している。

次期PWR計装制御システムでは、これまでのデジタル技術の適用実績を踏まえ、安全保護系を含めた全計装制御設備のデジタル化、ソフトオペレーション主体の中央

計装システム(新型中央計装システム)を採用し、信頼性・安全性を確保しながら経済性・保守性・操作/監視性の更なる向上を図る総合デジタル化システムの適用を計画している。

次期プラント建設計画の具体化に伴い、システムの基本技術の確立を目的として総合デジタル化システムプロトタイプでの検証を行っている。

本稿では、総合デジタル化システムの概要と、次期プラントで採用するデジタル式安全保護装置の特長について述べる。



総合デジタル化システム全体構成図

次期プラントで適用する総合デジタル化システムは、常用系に加え安全保護系をデジタル化するとともに、新型中央計装システムを採用することを特長としている。各設備をプラントの機能に応じた階層化構成とし、各階層ごとで機能分散している。ネットワークについても設備の階層化・分散化に応じた構成としている。常用系と安全保護系に適用するプラットフォームを統一することでコスト合理化に寄与する。

1. まえがき

原子力発電プラントにおける最重要使命である安全性を確保しながら経済性を向上するため、次期PWR計装制御システムでは、これまでのPWRプラント建設及び運用経験に基づくニーズの反映、最新の技術開発成果の適用を考慮した総合デジタル化システムの適用を計画している。

総合デジタル化システムは、従来のPWRプラントにおける常用系へのデジタル計装制御装置の適用に加え、万一原子力発電所に異常が発生した際にも安全を確保する安全保護系をデジタル化するとともに、プラントの運転をつかさどる中央計装システムへの新型中央計装システムの適用を特長としている。

安全保護系のデジタル化については、1980年代後半から電力会社との共同研究、(財)原子力発電技術機構(旧原子力工学試験センター：原工試)での実証試験等を通じ、三菱グループとしてシステム成立性の実証を行ってきた。また、新型中央計装システムについても、'80年代から電力会社との共同研究を中心とした基本技術開発及びプロトタイプシステムの開発を実施している。計装制御装置については最新プラットフォームの適用、新型中央計装システムについてはソフトウェアの標準化を目的に開発・検証を実施している。

2. 総合デジタル化システム

2.1 システム構成

総合デジタル化システムで実現すべき基本仕様は、次期プラント基本計画及び関連共同研究の場を通じて検討を進めている。

図1に総合デジタル化システムの概念を示す。構成としては、原子力プラントの機能に応じた階層化構成とした上で、各階層ごとに①プラントに対する影響度(設備重要度)、②保守・試験性、③経済性を考慮し、機能・性能要求を満足する適切な機能分散を行っている。

2.2 計装制御設備システムのプラットフォーム

常用系及び安全保護系の各設備は、原子力プラント向け

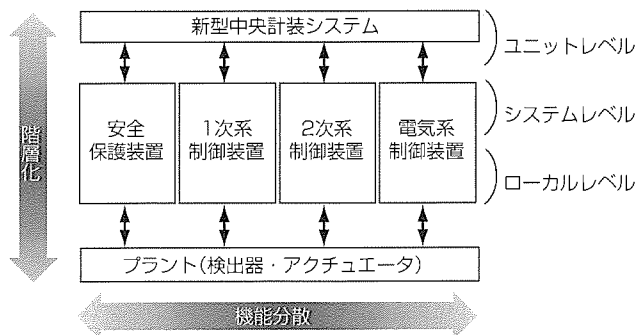


図1. 総合デジタル化システムの構成概念

デジタル計装制御装置であるMELTAC-N Plusを共通プラットフォームとして構築することで計画している。MELTAC-N Plusは、従来PWRプラントの常用系に適用してきた計装制御装置(MELTAC-N)をベースに特に保守性・信頼性の観点から改良開発したデジタル計装制御装置である。常用系は待機冗長構成、安全保護系については

3.2節で述べる多重化構成としてシステムを構築する。

MELTAC-N Plusの主な改善点を以下に示す。

- (1) 共通部の削減
待機冗長二重化システム構成時に両系の共通部となっていた二重系切換えロジック部を排除するとともに、二重化入出力構成時に共通部となっていたシグナルコンディショナ部の二重化によってシステム信頼性・保守性を向上した。
- (2) 自己診断範囲の拡大
入出力カードをインテリジェント化し、入力回路及び出力回路の自己診断範囲を拡大し、システム信頼性を向上した。
- (3) 機能集約
従来約10種あったCPU部カードを4種に機能集約した。また、入出力部とシグナルコンディショナ部を一体化し、システム構成を合理化した。
- (4) 定期取替部品の削減
過電流保護素子としてヒューズ抵抗を採用し、ヒューズの定期交換を不要とした。また、入出力部の通風設計の改善によってファンを削減するとともに、残存ファンについても長寿命ファンを採用して定期交換を不要とした。
- (5) 隔離養生作業の容易化

アナログ入出力カードは1点/枚、デジタル入出力カードは4点/枚とし、保守時の隔離養生範囲を縮小した。また、端子台には隔離養生スイッチ付き端子台を採用して保守作業性を高めた。

常用系と安全保護系の各設備を共通のプラットフォームで構築することにより、設備予備品の削減及び保守要領の共通化が可能となり、ランニングコストの削減に寄与する。

2.3 新型中央計装システム

新型中央計装システムは、運転コンソール、運転指令コンソール、大型表示盤等で構成するソフトオペレーション主体のコンソールタイプの制御盤である(図2)。現在、ソ

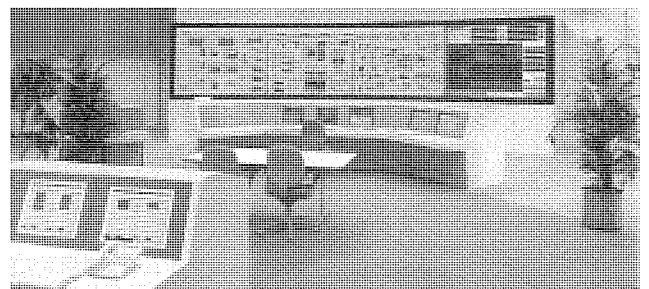


図2. 新型中央システムマンマシン制御盤

ソフトウェアの標準化を目的として検証を進めている。

以下に各構成要素の概略を述べる。

(1) 運転コンソール

操作監視用VDU(Visual Display Unit), 安全系操作FDP(Flat Display Panel), 警報用VDU, 及びハード機器等を配置する。

(2) 運転指令コンソール

運転クルーの指揮・監督を行うため, 運転員と同一の情報を監視できるように運転コンソールと同一画面を表示する。

(3) 大型表示盤

プラントの状態を運転クルーの共通認識情報として提供するため, プラント系統画面上に常時監視すべきパラメータと, 代表警報を配置する。

2.4 ネットワーク

各設備を接続するネットワークも適切な階層・分散構成としている。

以下にネットワークの特長を示す。

(1) 信頼性

単一故障でネットワークの機能喪失に至らないように, 各々のネットワークを冗長化構成とする。

(2) 伝送方式

監視・操作応答最悪時間を保証するために, 操作情報についてもサイクリック伝送を基本とする。

(3) 情報管理

情報一元化の観点から, 運転に必要なデータ及び応用計算・運転管理に必要な基礎データをユニットバスに集約する。

3. デジタル式安全保護装置

3.1 デジタル式安全保護装置の概要

安全保護装置は, 多重化により, 単一故障が起きても安全保護機能が失われることのない設計としている。また, フェールセーフシステムとしており, いかなる場合にも安全側に動作する設計としている。

次期プラントでは, 以下の点から安全保護装置にデジタル計装制御装置を適用することとしている。

- 自己診断機能と機能分散構成による信頼性向上
- 安全保護ロジック試験の自動化, 及び自己診断機能による保守性の向上
- 機能集約及び多重伝送によるシステム構成合理化

デジタル計装制御装置の適用に関しては実証試験等を経て'90年代初頭にシステム実証を完了しているが, このたび, 建設プラント計画の具体化に伴い, 最新プラットフォーム(MELTAC-N Plus)を適用しての開発・検証を実施した。

3.2 デジタル式安全保護装置のシステム構成

デジタル式安全保護装置の全体構成を図3に, また原

子炉安全保護検証盤の外観を図4に示す。

以下に各構成要素の概略を述べる。

(1) 原子炉安全保護盤

4チャンネルの多重化構成としている。各チャンネルで原子炉トリップに関する保護演算処理, 2/4多数決論理による原子炉トリップ信号出力処理を行う。また, 非常用炉心冷却機能に代表される工学的安全施設作動系の演算処理を実行して工学的安全施設作動盤に出力する。

(2) 工学的安全施設作動盤

2トレン又は4トレンの多重化構成とし, 各トレンごとに並列冗長化構成としている。工学的安全施設作動に関するロジック演算を実行し, 同一トレンの安全系現場ロジック盤に工学的安全施設作動信号を出力する。

(3) 安全系現場ロジック盤

各トレンごとに並列冗長化構成としている。補機ごとのロジック演算を実行し, 補機に動作信号を出力する。

3.3 チャンネル内部分散構成

原子炉安全保護盤は4チャンネルの多重化構成としているが, 更に各々のチャンネル内部で下記のとおり機能分散構成とすることでより一層の信頼性の向上を図っている。その結果, 1チャンネル当たり, 原子炉保護機能と工学的安全

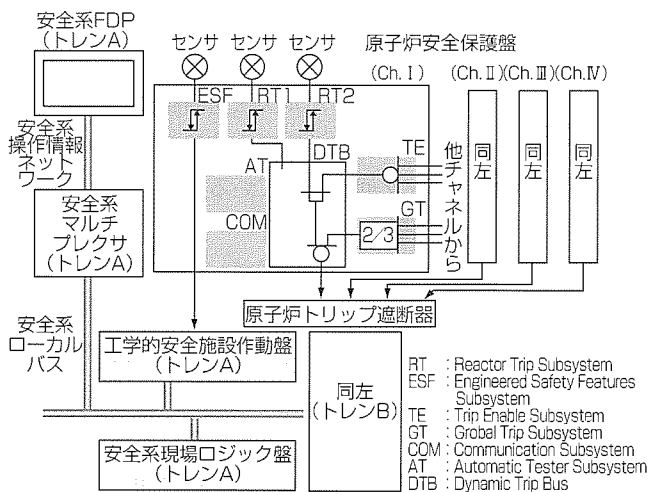


図3. デジタル式安全保護装置の構成

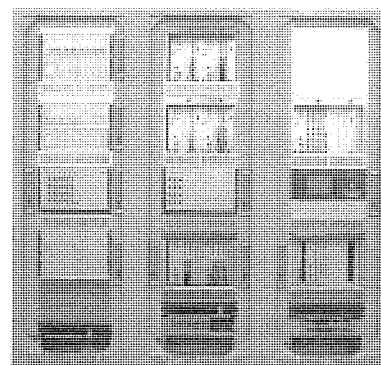


図4. 原子炉安全保護検証盤

施設作動機能を5CPUサブシステムで演算しており、そのほか、自動試験機能(AT)、コミュニケーション機能(COM)を合わせて全7CPUサブシステムで構成している。

(1) 深層防護(Defense in Depth)の観点から、原子炉保護機能と工学的安全施設作動機能を独立したCPUサブシステムで演算する(RT, ESF)。

(2) 多様化の観点から、原子炉保護機能を二つの独立したCPUサブシステムで演算する(RT1, RT2)。

(3) また、他のチャンネルとの信号通信機能についても二つの独立したCPUサブシステムで演算する(TE, GT)。

3.4 フェールセーフ設計

原子炉安全保護盤は単一故障で安全機能を損なわない設計としているが、特にシステムに故障が発生した際に安全側の動作となるように、フェールセーフシステムとしている。具体的には、各サブシステムからのトリップ信号を最終的に集約して2/4多数決論理を演算し原子炉トリップ信号を発信するダイナミックトリップバス(DTB)については、パルスの有/無を通常状態/原子炉トリップに対応させたダイナミック動作の回路とすることにより、断線、電源喪失、回路の固着などの故障に対して安全側の動作となるようにしている。また、パルス伝送回路には磁気コアのヒステリシス特性を利用した回路を適用しており、非常に信頼性の高いロジック回路としている。

3.5 ソフトウェア検証

安全保護装置のデジタル化に当たっては、特にソフトウェアについてその健全性を十分に確認する必要がある。

要求される機能がシステム設計段階から製作段階まで間違いなく展開されていることを検証するため、設計・製作の各段階に対応した検証と健全性確認を組み合わせたソフトウェア検証手法(Verification & Validation: V&V)が“安全保護系へのデジタル計算機の適用に関する指針: JEAG4609”として制定されている。

JEAG4609に示された検証を確実にを行うために、次の特長を備えたソフトウェア構成としている。

- (1) 汎用OSを用いず、必要最小限の基本ソフトウェアを実装し、全ソフトウェアのホワイトボックス化を図る。
- (2) 割り込み、マルチタスク処理は行わず、各処理のシングルタスク、定周期性を確保する。
- (3) ロジックはシンボル化言語(Problem Oriented Language: POL)を使用し可視化する。

3.6 システム検証試験

デジタル式原子炉安全保護盤1チャンネル、1トレン構成のプロトシステムを構築し、システム検証を実施した。

表1. デジタル式安全保護装置の試験項目

試験項目	試験条件
安全保護機能確認試験	各種条件下で安全保護機能を維持することを確認(通常状態, ノイズ印加状態, 加振状態, 温度ストレスなど)
トリップ応答性試験(性能試験)	トリップ応答目標時間以内であることを確認
耐震試験	(1) 最大加速度 水平方向 24.5m/s ² (2.5G) 垂直方向 9.8m/s ² (1.0G) (2) 地震波形 正弦ビート波及び人工地震波
耐ノイズ試験	(1) 電源ライン誘電ノイズ IEC61000-4-4 (2) 信号ライン誘電ノイズ IEC61000-4-4 (3) 静電ノイズ IEC61000-4-2 (4) 雷インパルス JEC210

また、耐震検証盤を製作し耐震性を実証した。表1に検証試験項目と内容を示す。この検証試験により、MELTAC-N Plusをベースとしたデジタル式安全保護装置の各種条件下での品質維持を確認し、実機適用に向けての準備を整えた。

以下に主な検証結果を示す。

(1) 応答性

原子炉の異常を検知してから原子炉トリップ信号を発信するまでの時間(トリップ応答時間)については、次期プラントに向けてハードウェアの性能の向上を踏まえ、'90年代初頭に実施した原工試実証試験よりも厳しい値を目標として応答性試験を行い、目標を達成することを確認した。

(2) 耐震性

原工試実証試験での加振試験条件の約1.5倍の加速度での加振試験を行った。加振中/加振後も安全保護機能を喪失することなく、高い耐震性を持つことを確認した。

4. む す び

以上、次期原子力プラントへの適用を計画している総合デジタル化システムの概要と、デジタル式安全保護装置の特長について紹介した。現在、総合デジタル化システムプロトタイプを構築し、三菱グループとして全体システム検証を実施し、要求仕様への適合性を確認している段階である。実機設計に向けては、PWR電力各社のご指導、ご助言を賜り、一層の運転操作性・保守性の改善に寄与するシステムの開発・設計に努めていく所存である。

参考文献

- (1) 山脇雅彦, 赤木克己, 北村 久, 稲積義則, 高島誠: 次期原子力プラント向け計装制御保護システム, 三菱電機技報, 66, No.12, 1149~1152 (1992)
- (2) 今瀬正博, 岡本浩希: 原子力プラント向け新型中央計装システム開発の取り組み, 三菱電機技報, 72, No.6, 554~559 (1998)

新型デジタル制御棒位置指示装置

田室 勝*
松村俊明*
福光裕之*

要 旨

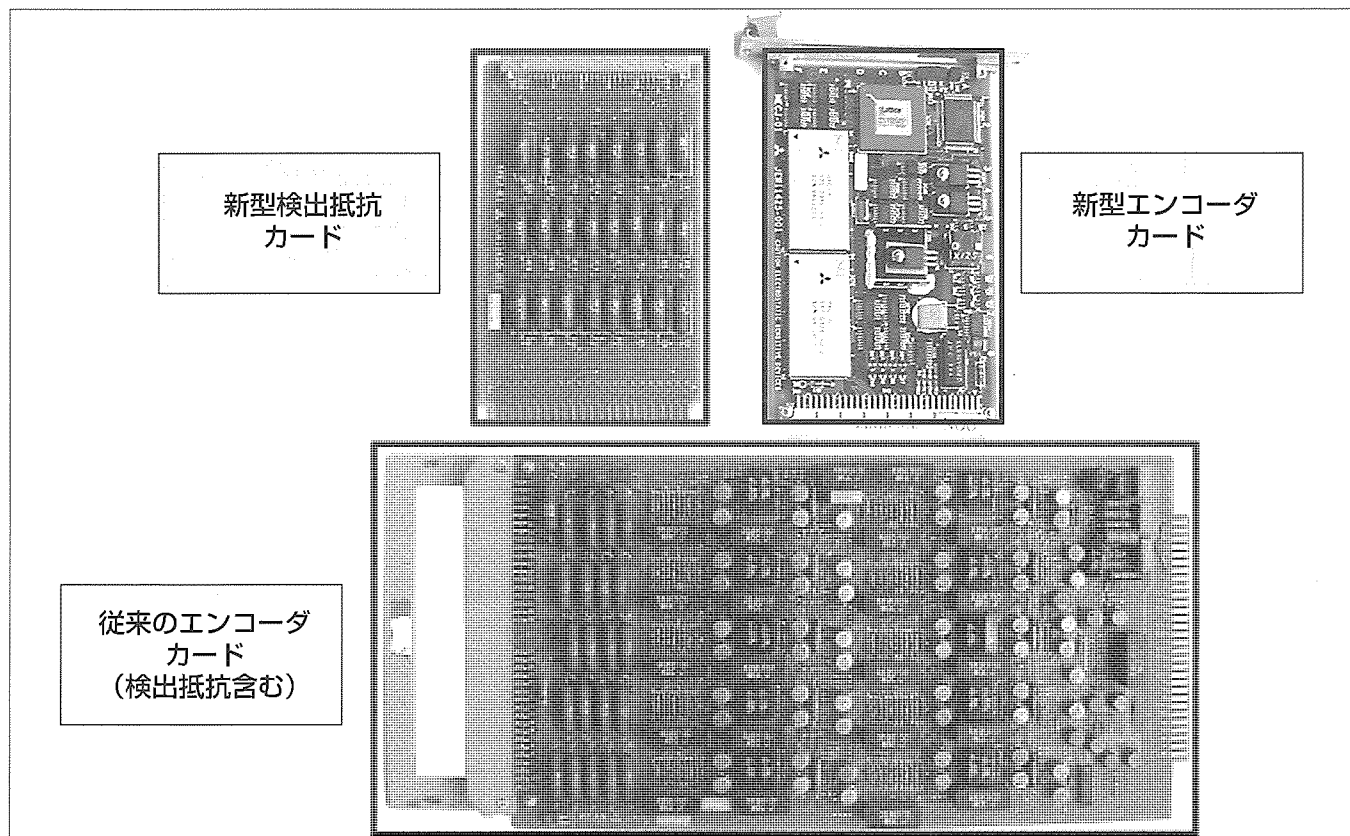
PWR発電プラントにおけるデジタル制御棒位置指示装置(DRPI)は、原子炉格納容器内に信号処理盤を設置し、格納容器における電線管貫通部を少なくすることを特長としている。しかし、既設プラントにおけるアナログ式からデジタル式への更新に当たっては、格納容器内に、信号処理盤及び盤の温度環境を整えるための空調設備を設置するためのスペースを十分に確保できないケースが想定される。

また、原子力プラントの計装制御設備は、現在、機能向上と経済性・保守性の向上をねらう総合デジタル化が進められており、デジタル計装設備と適切にインターフェー

ス可能な機能が要求されている。

三菱電機は、これらの課題を解決するため、①ケーブル細線化及びコネクタ小型化、②ハイブリッドICの採用による制御(エンコーダ)カード小型化、③盤構造設計の見直しによる盤内温度上昇低減化、④位置指示演算と異常診断のマイクロプロセッサによる処理、を実現した新型デジタル制御棒位置指示装置の開発を行った。

本稿では、小型化と空調レスを実現する技術、新型システムの設備構成と特長、検証試験の結果概要を中心に述べる。



新型制御棒位置指示装置データキャビネットに適用するエンコーダカード

このカードは①HIC(ハイブリッドIC)の採用、②検出抵抗の別カード化(熱源の分離)、③通信ネットワーク対応の特長を持っている。

1. まえがき

原子力分野における計装制御装置は、昨今の電力業界を取り巻く社会情勢の変化により、高品質、高信頼性に加えて、経済性(イニシャルコスト及びランニングコストの低減)と保守性の向上が強く求められている。これらの要求に加え高機能を実現するものが計装制御設備の総合デジタル化であり、“Vintage(熟成した)Instrument”と呼ばれている原子炉計装分野に関しても例外ではない。

本稿では、原子炉計装設備に関する総合デジタル化の一例として、従来のデジタル制御棒位置指示装置の制御ラック部をマイクロプロセッサ化するとともに、各部の改良/高機能化を実現した新型デジタル制御棒位置指示装置について述べる。

2. 制御棒位置指示装置の原理と従来型設備の構成

制御棒位置指示装置は、原子炉の熱出力を制御する多数の制御棒の位置を検出し指示するとともに、制御棒落下時

に警報を発するもので、原子炉の運転監視上特に重要な役割を果たす装置である。

加圧水型軽水炉の制御棒位置指示装置には、差動トランスの原理を用いたアナログ式のほかに、駆動軸ハウジングの外側に多数のコイルからなる検出器を配置し各コイル間の制御棒駆動軸の有無を検出するデジタル式がある(図1)。

デジタル制御棒位置指示装置は、アナログ式に比べ、次の特長を持っている。

- 高安定性 : 温度変化や駆動軸透磁率変化に対する影響が少ない
- 高精度 : 位置検出精度(アナログ±12ステップ, デジタル±6ステップ)
- 高信頼性 : 検出器(二重化), 信号処理系(二重化), 検出器電源(二重化)

従来型デジタル制御棒位置指示装置の構成ブロック図を図2に、デジタル制御棒位置指示装置の検出原理を図3に示す。

特集
I

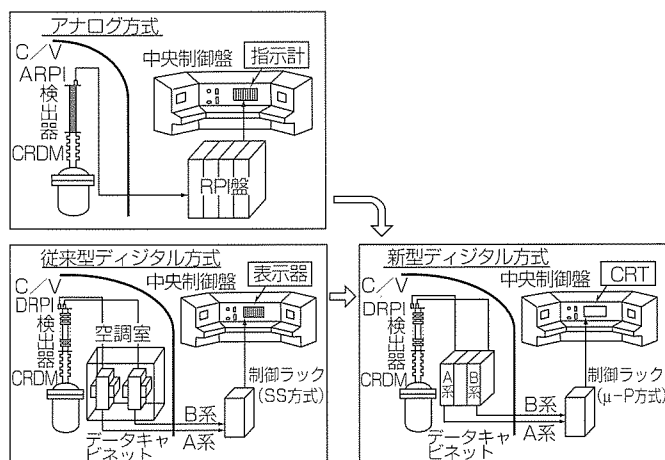


図1. 各方式の制御棒位置指示装置の比較

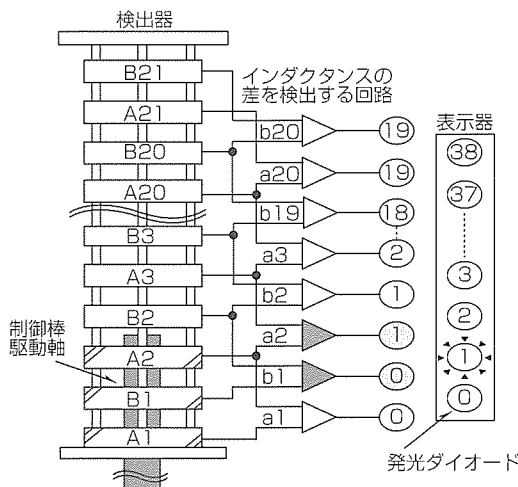


図3. デジタル制御棒位置指示装置の検出原理

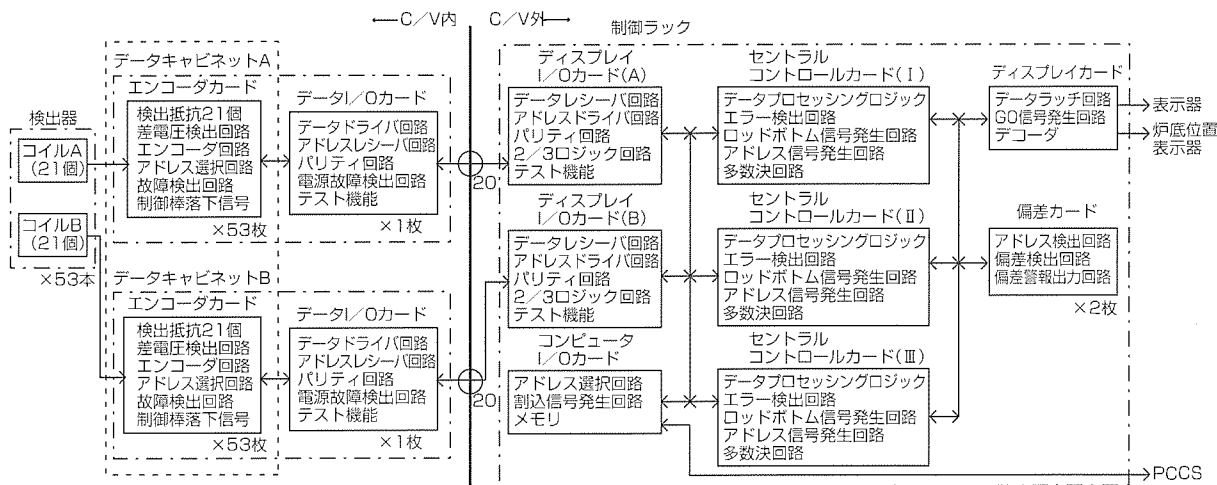


図2. 従来型デジタル制御棒位置指示装置の構成ブロック図

3. デジタル制御棒位置指示装置のシステム構成

新型制御棒位置指示装置は、当社のこれまでの制御棒位置指示装置の設計／製作／保守の経験に基づいて計装設備の総合デジタル化に対応するための制御ラックのマイクロプロセッサ化を行うと同時に、格納容器内に設置するデータキャビネットの小型化、膨大な物量となる検出器～データキャビネット間のケーブル／コネクタの細線化／小型化等を実現したものである。

システム構成を図4に示す。データキャビネット～制御ラック間はシリアル通信を採用しているが、従来型のデジタル制御棒位置指示装置に適用可能なパラレル通信対応のエンコーダカードも開発し、設置環境の悪い格納容器内に設置されるデータキャビネットのみの既設リプレース要求にも対応可能としている。

4. 新型デジタル制御棒位置指示装置の構成要素

新型デジタル制御棒位置指示装置は、検出器、検出器～データキャビネット間ケーブル／コネクタ、データキャビネット、制御ラックからなっており、以下の特長を持っている。

4.1 データキャビネットの小型化、空調レス化

データキャビネットは、検出器に駆動電源を供給し、また検出器からの信号を位置情報(制御棒ステップ数)に変換して制御ラックに送信するもので、格納容器内に設置する。このため一般制御装置に対して設置環境が厳しく、既設プラントでは、格納容器内に空調室を設けてその中にデータキャビネットを据え付けている。

格納容器内の限られたスペースに設置するためには、空調設備を不要とするとともに、データキャビネットをできる限り小型化する要求がある。

これらを実現するため、以下の項目を主眼として開発を実施した。

(1) エンコーダカードの小型化

エンコーダカードは、検出器からの信号を制御棒位置(ステップ数)に変換するものである。これは、制御棒本数分のカードをA, Bそれぞれのデータキャビネット内に収納(4ループプラントでA, B各53枚)しており、カード小型化によるキャビネットの小型化効果が著しい。

新旧のエンコーダカードの比較を要旨のページに示す。小型化に際してはHICを採用した。これは、HIC基材の上に個別集積回路素子、抵抗、コンデンサを配置し、機能特化したICとして製作したものである。

エンコーダカードに実装したHICの様子を図5に示す。

(2) 検出抵抗の別カード化

検出抵抗は消費電力が大きいため発熱量が大きい。従来型ではトランジスタやICの近傍に検出抵抗を配置していたため、温度上昇による半導体の劣化加速が否定できず、空調室を設けていた。新型のエンコーダカードでは、この検出抵抗を検出抵抗カードとして別置きとし、半導体素子への熱の影響を防ぐ設計とした(要旨の図)。

(3) データキャビネット内温度上昇抑制

下記の対策を行うとともに、データキャビネットの熱シミュレーションを実施し、盤内ラックアップの細かな位置調整によって盤内温度上昇を抑制した(図6)。

- 検出抵抗カードを別盤(列盤)に設置
- 盤きょう(筐)体の開口率のアップ

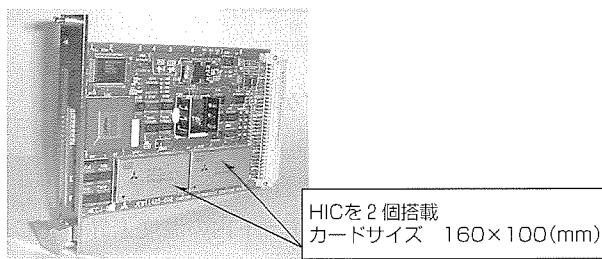


図5. 新型エンコーダカード

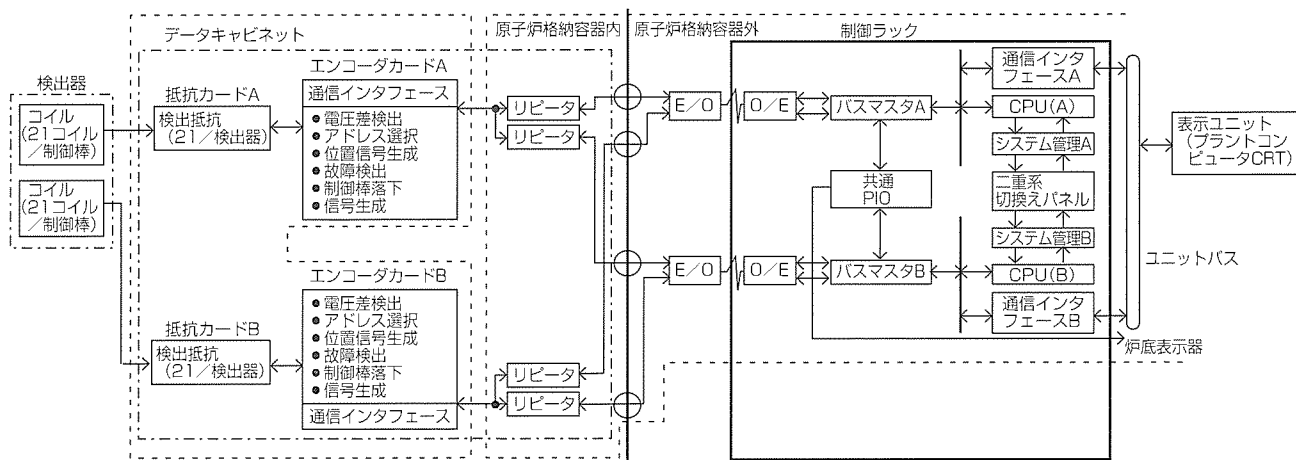


図4. 新型デジタル制御棒位置指示装置の構成ブロック図

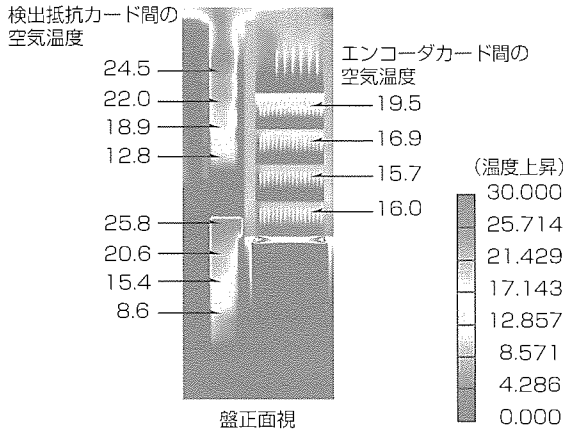


図6. 新型制御棒位置指示装置の熱シミュレーション例

	FR-S-DRPI-INR(新型)	FR-DRPI-INR(従来品)
断面図		
導体	すずめっき軟銅線	すずめっき軟銅線
絶縁体	PEEK	シリコンゴム+ガラス編組
遮へい	すずめっき軟銅線編組	すずめっき軟銅線編組
シース	難燃高強度シリコンゴム	難燃高強度シリコンゴム
線心数、サイズ	0.5mm ² ×36心	0.5mm ² ×46心
仕上外径(約)mm	15.0	16.5
概算質量 kg/km	375	455

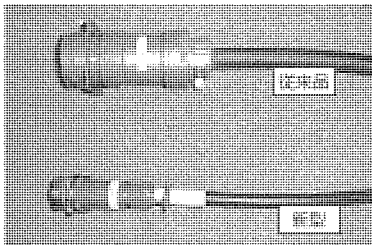


図7. コネクタ/ケーブルの比較

● 整流板設置(対流による自然空冷効率アップ)

これにより、データキャビネット内の温度上昇を20℃以下に抑えることが可能となり、格納容器内に空調設備なしで設置することを可能な設計とした。

4.2 コネクタ, ケーブルの小型軽量化

コネクタ及びケーブルも、制御棒本数分必要であり、小型軽量化の効果は大きい。コネクタ、ケーブルの小型軽量化に際し、材質や構造の評価を行うとともに、試作し、強度及び耐環境性等の徹底的な検証を実施した。

ケーブルの構造(断面)及び外観を図7に示す。

4.3 制御ラックのマイクロプロセッサ化

制御ラックは当社の原子力向けデジタル制御装置“MELTAC-N Plus”を適用し、前述のエンコーダカードもこのPIOの1シリーズとして位置付けている。N Plus適用に当たっては、故障警報に専用のPOLメニューを追加する等、信頼性の向上を図っている。

新型制御棒位置指示装置のデータ処理ロジックを図8に示す。

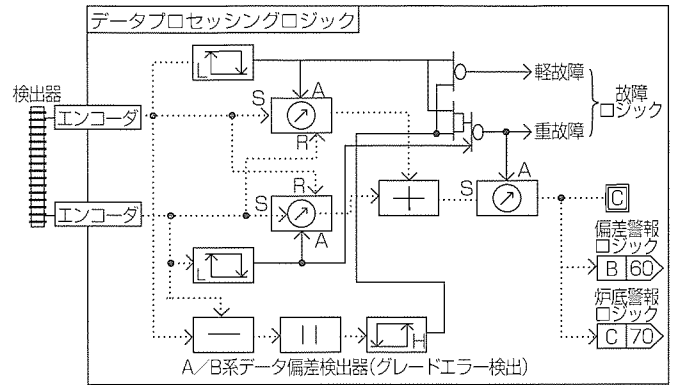


図8. 新型制御棒位置指示装置のデータ処理ロジック

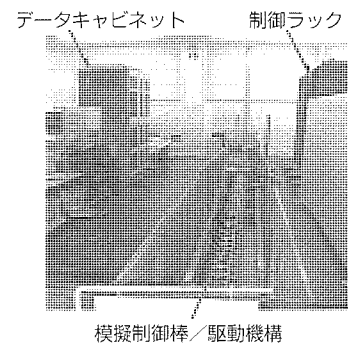


図9. 新型制御棒位置指示装置のシステム試験

4.4 システム検証

模擬制御棒/駆動機構1本と、データキャビネット及び制御ラック、この間のコネクタ/ケーブルを組み合わせ、システム検証を実施した(図9)。

制御棒の位置指示精度は、従来と同等の±6ステップを確保している。また、同時に、データキャビネット内の温度上昇を実測し、周囲温度+20℃以内であることを確認した。

5. む す び

PWR発電プラント計装設備の総合デジタル化に対応する新型デジタル制御棒位置指示装置を開発し検証した。この装置は、従来設備の課題を解決するため、①ケーブル細線化及びコネクタ小型化、②HICの採用による制御カード小型化、③盤構造設計の見直しによる温度上昇低減化、④位置指示演算と異常診断のマイクロプロセッサ処理等を実現した。

新型デジタル制御棒位置指示装置は、今後の新設プラントだけでなく、既設アナログ制御棒位置指示装置のリプレースや、従来型のデジタル制御棒位置指示装置データキャビネットのリプレースについても適用中であり、原子炉計装の高信頼化、経済性向上に寄与するものである。

なお、この装置の実機適用に当たってのシステム要求提示、システム検証にご協力をいただきました三菱重工業㈱に謝意を表する次第である。

新型放射線計装システム

要 旨

三菱電機では、原子力発電所の放射線を監視するシステムを、1969年から、全PWRプラントを対象に納入している。

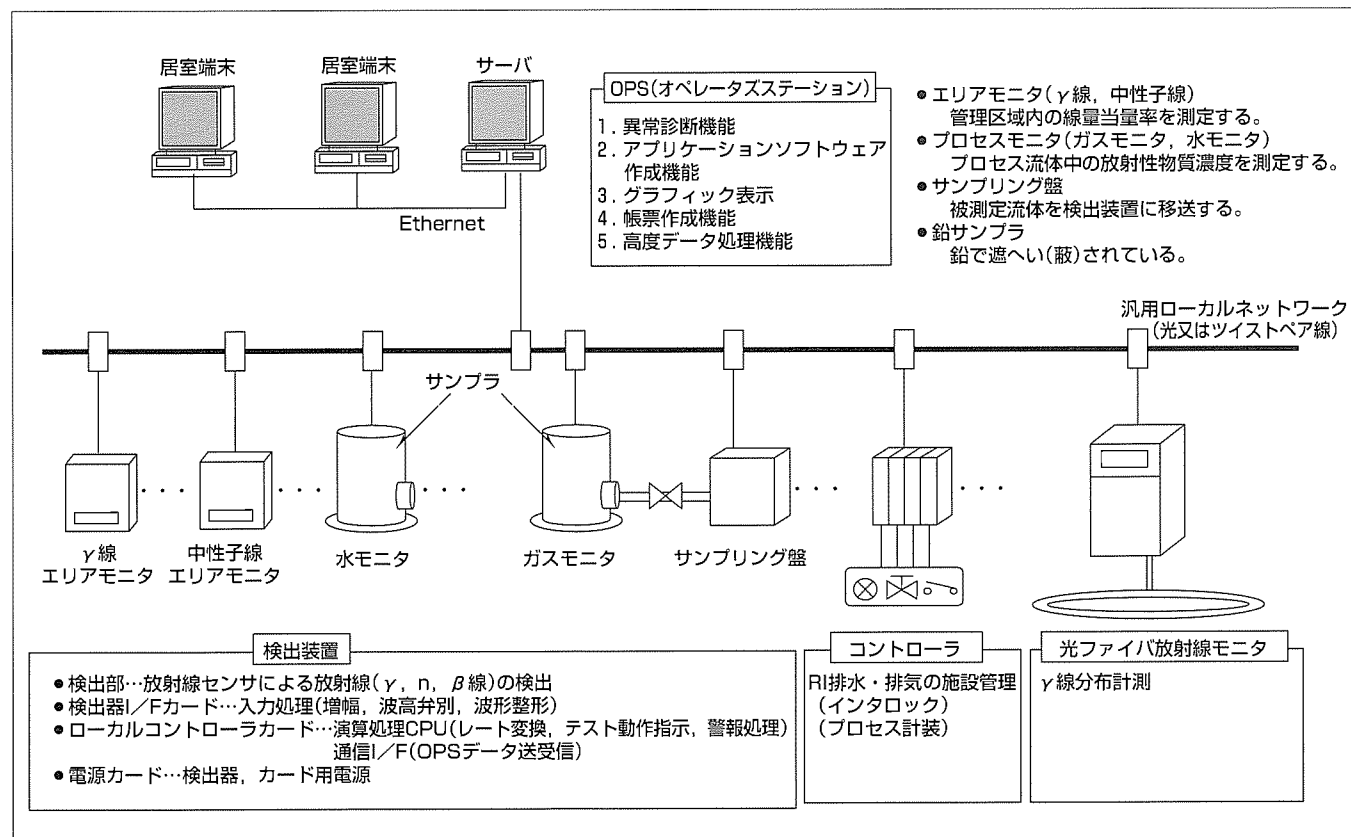
一方、放射線監視システムは、原子力発電所以外の原子力関連施設、例えば研究所や病院など放射性物質を取り扱う施設では必ず必要とされている。

このような電力会社以外の一般市場も対象として、従来からの放射線検出に計算機技術やネットワーク技術等の最新技術を導入した放射線計装システムを開発した。

従来のシステムでは、現場に検出器、中央に演算処理盤を配置し、検出器から微弱パルス信号を測定処理盤へ伝送していた。このため、ケーブル布設、検出器や演算処理盤の設置においては、ノイズ対策を考慮した工事計画、及び

現場工事を実施することが不可欠であった。新型放射線計装システムでは、現場の検出器ユニット内に演算処理機能及びネットワークインタフェース機能を付加し、微弱信号の伝送ではなく、測定結果をデジタル信号として伝送することでノイズ耐性を強化した。また、現場設置の検出器ユニットの中にも検出器からの信号パルス波形のみを選択的に通過させノイズ波形を判別できるノイズ除去機能を付加し、徹底したノイズ除去を行った。また、現場設置の各装置間をもネットワークで接続することによってケーブル工事の削減が可能なシステムとした。

本稿では、この新型放射線計装システムの概要とその特長であるノイズ除去機能について紹介する。



新型放射線計装システム

新型放射線計装システムは、現場設置の各検出装置で測定処理を行い、測定データを汎用ローカルネットワーク経由でOPSで収集することを特長としている。検出装置では、入力処理において、波形によるノイズ除去を行い、ノイズ耐性を強化している。

1. ま え が き

放射線計装システムは、原子力関連施設や放射線利用施設において、施設敷地内の放射線監視が必要とされる系統及び区域に放射線検出器を設置して放射線を連続監視し、異常発生時に警報を発信するシステムであり、対象施設内の従事者及び近隣住民の放射線被ばく(曝)に対する安全確保を行う機能を持つ重要度の高いシステムである。

一方、放射線検出器本体からの信号は微小パルスであるためノイズに対する最大の考慮が要求され、検出器の設置や信号ケーブルの布設についても一般の電気・計装システムと同一に考えることができず、施設の中でも特殊計装の位置付けとなっている。そこで三菱電機では、放射線計装システムを一般の電気・計装システムと同様の感覚で取り扱えるように、検出器本体に小型コントローラを組み込み、これらの検出器を光又はツイストペアのローカルネットワークで直結し、全システムの監視をローカルネットワークに接続したパソコンで可能なシステムを開発した。また、検出器ユニットには、検出器部分で混入するノイズを除去するために、検出器からの信号パルス波形のみを選択的に通過させてノイズ波形を除去する新しいノイズ除去機能を付加し、耐ノイズ性の向上を図っている。

2. システム概要

2.1 システムコンセプト

新型放射線計装システムの開発に当たり、市場ニーズと最新の計装制御システムの技術動向の調査を行い、システムコンセプトを構築した。

(1) 最小限の機器構成、及び工事物量

現状の放射線計装システム構成の見直しと最適化を行う。

(2) 汎用の計装制御システムと同様の取扱いが可能

最新の計測技術、マンマシンインタフェース技術、ネットワーク技術を放射線計装システムに取り込み、一般の計装システムと同様の感覚で監視できる。

(3) 耐ノイズ性能の向上

放射線検出器ユニットの対ノイズ性向上、光ファイバユニットによる通信を採用することでシステムとして耐ノイズ性の向上を図る。

2.2 システム構成

従来、放射線計装システムでは、現場に放射線検出器(エアモニタ、ダストモニタ等)を設置して、検出器からのパルス信号をアンプで増幅して、放射線監視盤に同軸ケーブルで伝送し、放射線監視盤に収納したプリントカードで計数率演算を行い、結果を記録計や指示計に表示していた。また、必要に応じ、放射線監視盤からRS-232C等の標準通信を用いて監視用計算機に送信し、監視を行っていた。

新型放射線計装システムでは、検出器ユニットの内に演算機能・通信機能を持った超小型コントローラを組み込んで、この超小型コントローラで検出器本体からの信号を入力し、演算処理後のデジタルデータを直接ネットワーク経由でデータ処理を行うパソコンに送信を行う構成とした。

これにより、従来は線量当量率計算や警報演算のために必要であった放射線監視盤が不要となり、かつ、信号伝送についても、光ケーブルで行うため、完全なノイズフリーの通信が可能となった。

また、ローカルネットワークには、必要に応じてサンブラ等の放射線計測用や情報表示器などの制御コントローラ、及び入退出管理用機器等の現場設置機器も接続でき、小規模の施設/プラントであればすべての現場機器をこのローカルネットワークで統合(接続)することも可能となる。

従来と新型の放射線計装システム構成を図1に示す。

2.3 システム機能

γ 線エリアモニタの内部システム構成を図2に示す。

システムコンセプトを実現するために新たに採用した機能/構成のうち特長的な点について以下に説明を行う。

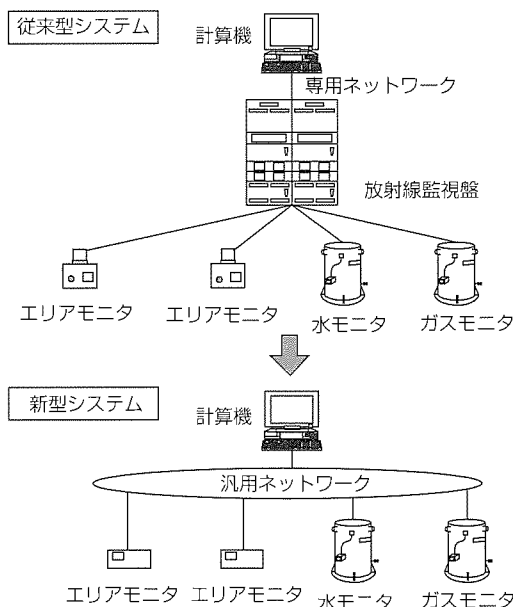


図1. 新旧放射線計装システム構成

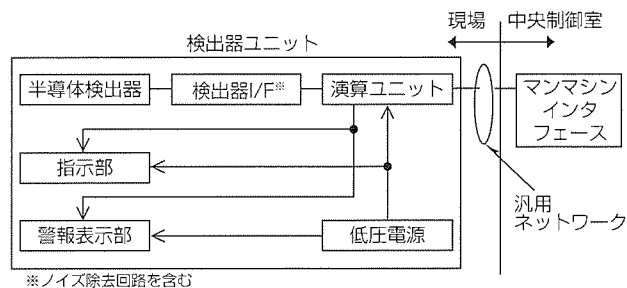


図2. γ 線エアモニタの内部システム構成

(1) 半導体検出器

放射線検出センサとしてシリコン半導体を用い、ユニットの小型化、長寿命化、高感度を実現している。

(2) ノイズ除去機能

放射線計測で常に考慮することが必要なノイズの影響を除去するために、放射線検出ユニットとマンマシンインタフェース(パソコン)間の通信は光伝送としている。さらに、放射線検出ユニット内には検出器本体からの信号のみを選択的に取り出すノイズ除去回路を設け、ノイズによる誤警報や指示変動が起こらないようにしている。

(3) 演算ユニット

検出器ユニット内に演算機能、プロセス入出力機能、通信機能を持つ小型の計装コントローラを組み込み、このコントローラで計数率演算、警報演算、インタロック演算、上位計算機との通信を行う構成とした。演算部の機能構成を図3に示す。また、演算部の仕様を表1に示す。

計装コントローラのプログラムは、原子力プラントを始め汎用の計装制御システムで広く使用されているPOL (Problem Oriented Language) 言語で記述している。弁別電圧設定点、警報設定点、計数率演算パラメータ、測定範囲等は必要に応じオンライン機能でパソコンを用いて容易に設定でき、さらに、オンラインモニタ機能を用いて、演算ユニットの入出力信号状態及び演算の状態をパソコンでリアルタイムにモニタすることもできる。

(4) ネットワーク

放射線検出器とマンマシンインタフェース間の信号授受は、単に検出器から放射線計測信号データをマンマシンイ

ンタフェースに送信するのみでなく演算プログラムのダウンロード及びオンラインでのモニタ情報のパラメータチューニングデータの授受を行うため、中容量のデータを高速で送受信できるネットワークを選定した。ネットワークには、単に放射線監視のみでなく入退出管理の現場機器等を接続して放射線監視と入退出管理等の別機能を統合することも考慮して、当社独自の仕様のネットワークではなく、一般に広く使用されているネットワークの中から選定を行った。表2にネットワークの仕様を示す。

(5) マンマシンインタフェース

マンマシンインタフェースとしてWindows NTを適用したパソコンを用いて、ユーザー側でも自由に画面の作成及びデータ処理ができるようにした。

放射線監視に必要な画面については標準画面としてパソコンに標準実装を行い、ユーザー側で設定又は組合せを変えるのみで自由にカスタマイズできるようにしている。また、放射線監視以外の機能をこのパソコンでも実現できるように、汎用のGUIを実装して、それを用いて任意のCRT画面を作成し、他のシステムとのデータ接続ができるようにしている。新型放射線計装システムでの画面例を図4に示す。

3. ノイズ除去機能

放射線計測では、微小信号を取り扱うため、ノイズをいかに除去するかに従来から注力を行ってきた。

表2. ネットワークの仕様

項目	仕様
伝送プロトコル	超自律分散型トークンパッシング
適合規格	Std. ANSI/ATA 878.1
伝送速度	2.5Mbps
最大接続チャンネル数	128
伝送路構成	バス、スター、ツリー、混在可能
最大延長距離	6.4km/ネットワーク
伝送路規格	絶縁型RS-485/光ファイバ
符号化方式	ベースバンド、RZ符号
誤り検出	CRC

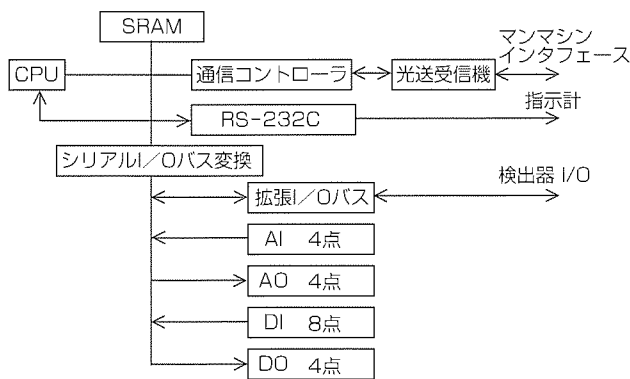


図3. 演算部の機能構成

表1. 演算部の仕様

項目	仕様
CPU	RISC型32ビット
内蔵フラッシュROM	256kバイト
内蔵RAM	4kバイト
外付けRAM	256kバイト
POLプログラム	最大約2,000個

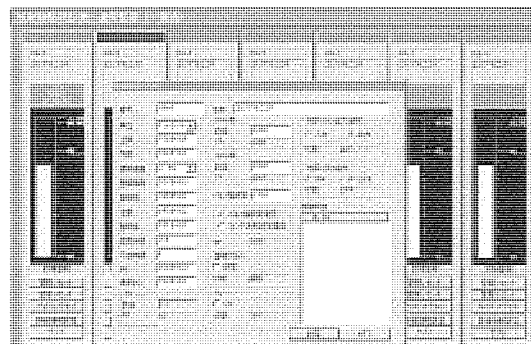


図4. 画面例(詳細設定)

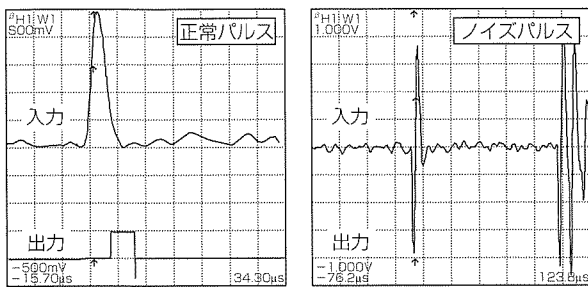


図5. ノイズ除去回路試験結果

この章では、新型放射線計装システムで耐ノイズ性の飛躍的向上をねらったノイズ除去機能について述べる。

(1) ノイズ除去回路の概要

検出器からの信号波形のみを選択的に通過させるノイズ除去回路は、以下のフィルタで構成している。

(a) パルス波高フィルタ

必要な高さのパルスのみを通すフィルタであり、従来から使われているフィルタである。

(b) パルス幅フィルタ

検出器からの波形はある一定の幅のパルスである。このフィルタは、パルスの幅が検出器からの信号パルス波形と異なるものはノイズとみなして通過させないフィルタである。

(c) 振動波形除去フィルタ

ノイズ波形の代表的なものとして溶接作業時に発生するスイングしたノイズ波形がある。検出器の信号パルスはスイングはしないため、波形がスイングしていることを検出することでノイズとみなし除去するようにしている。

以上の三つのフィルタを効果的に組み合わせることによって電磁ノイズ、溶接ノイズ等に対して検証を実施し、十分に効果があることを確認した。確認試験結果を図5に示す。

以上述べてきたノイズ除去機能を搭載したγ線エリアモニタの外観及び主要構成部品を図6に、仕様を表3に示す。

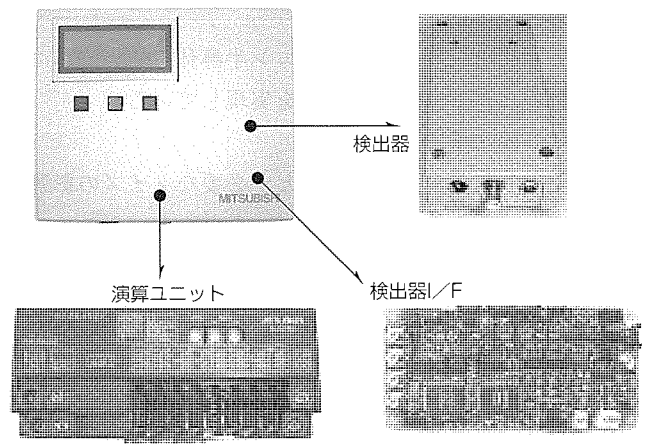


図6. γ線エリアモニタの外観及び主要構成部品

表3. γ線エリアモニタの仕様

項目	仕様
検出器	半導体検出器
測定対象	γ線
測定範囲	10 ⁻¹ ~10 ⁻¹¹ µ Sv/h
指示誤差	±15%以内
エネルギー依存性	80keV~3.0MeV ±20%以内
方向依存性	0~±45° ±10%以内
	0~±60° ±15%以内
使用温度範囲	0~40℃
使用湿度範囲	10~90%RH
外形寸法	(W)300×(H)250×(D)55 (mm)
質量	約4kg

4. むすび

以上紹介したシステムにより、ユーザー側でのニーズの高い、耐ノイズ性能が優れ、ネットワーク化が可能な放射線計装システムを完成した。今後、このローカルネットワークに接続可能な機器のメニューの充実を行い、種々の要求にフレキシブルに対応可能なシステムの提供を行っていく所存である。

原子力保全管理システム

山路好弘*
阿部紀彦*

要 旨

三菱電機では、十数年前から業務効率化を目指して、系統隔離支援システム、運転パラメータ管理システム等、発電所内の机上業務支援のための各種計算機システムを開発し導入してきた。近年、より一層のコスト低減が求められる中、プラントの高経年化が進み、一人1台のパソコン配備に代表される業務環境の変化も伴い、発電所業務の更なる効率化、業務環境整備、保全の高度化が求められてきている。

こうした背景の中、当社では、過去に培った業務支援ノウハウとプラントノウハウとを融合させた保全管理システムを構築するため各種提案／開発を実施してきている。

ポイントは次の三つである。

(1) 発電所業務の更なる効率化

業務分析ツールを適用した定量的な現状把握に立脚した最適なシステム対象を選定する。

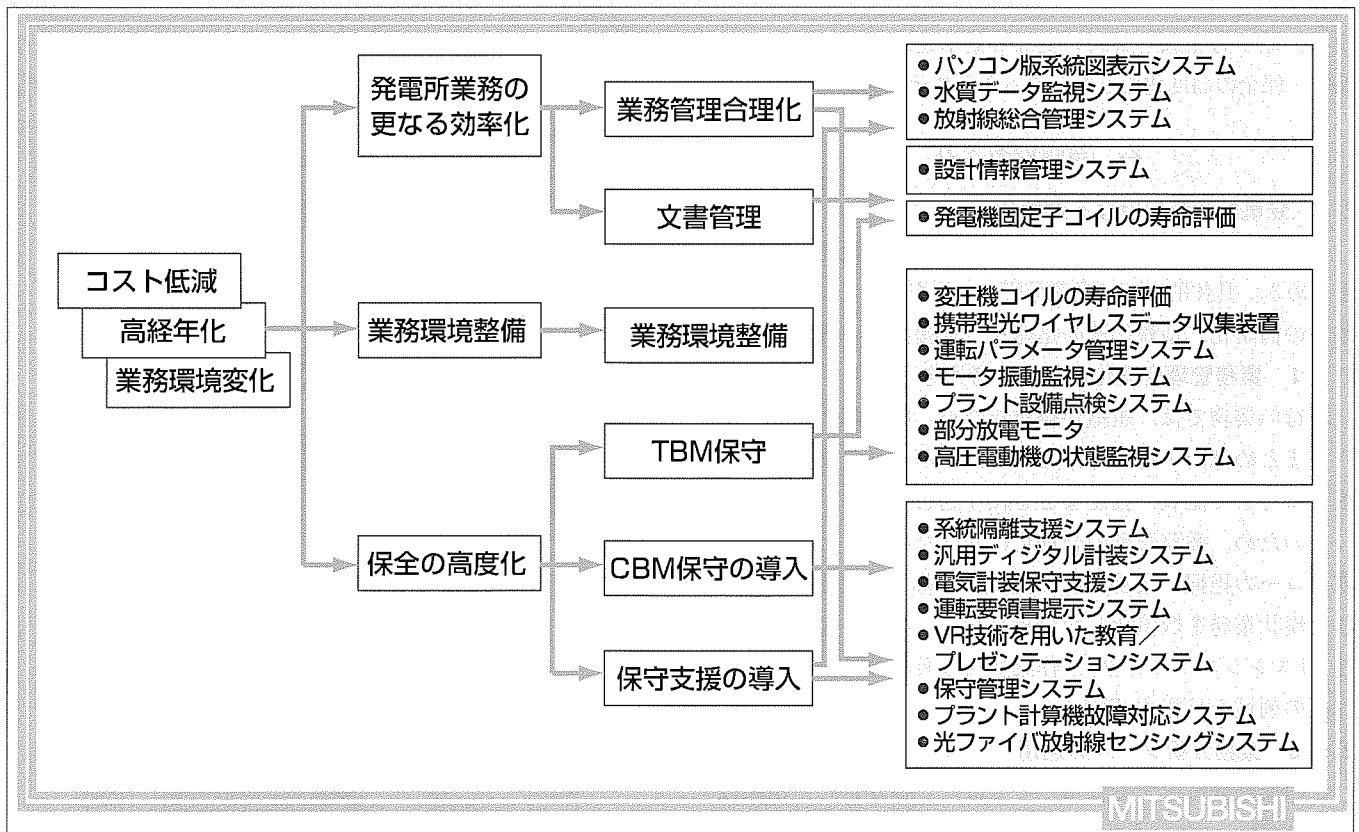
(2) 業務環境の整備

使い慣れたハードウェアとして一人1台パソコンを整備し、使いやすいソフトウェアとして同一プラットフォーム(系統図を検索の窓)からの操作性を提供する。なお、データベースは個別の既存データベースをつなぎ、すべてのデータを机上のパソコン／プラットフォーム上で統合する。

(3) 保全の高度化

単なる机上業務の支援だけではなくプラント設備との密着性を図り、現行のTBM(Time Based Management：時間計画保全)保守からCBM(Condition Based Management：状態監視保全)保守への移行を可能にしていく。

本稿では、原子力発電所における保全業務を取り巻く環境(コスト低減、プラント高経年化、業務環境の変化)を背景に、原子力発電所業務の更なる効率化、業務環境の整備、保守・保全の高度化などをねらったシステム構想を紹介する。



保全業務の高度化

コスト低減、高経年化、業務環境の変化に対応し、発電所業務の更なる高度化では業務管理の合理化と業務環境整備を、保全の高度化ではTBM保守からCBM保守の導入と保守支援の導入を目指す。

1. まえがき

電力業界においては、2001年の電気料金の引下げに向け、コスト低減活動を展開している。中でも、原子力発電所においては、高効率化運転を目指し、定期点検期間の短縮及び長サイクル運転が検討され、電力会社やメーカーその他協力会社など様々の方面から方策が検討されている。

また一方では、建設後30年に到達するプラントが多く控えており、プラント建造物及び設備の経年対策が要求されている。このため、PLM(Plant Life Management：プラントライフ管理)及び高経年化対策などの検討が進められている。

発電所の日常業務のやり方も時代とともに大きく変化してきた。原子力発電所の業務においても、事務所業務においては、パソコンに代表される計算機の一人1台の整備が進められ、それぞれの計算機をつなぐネットワークについてもここ数年急激に普及してきた。

こうした状況の下、今求められるものとして以下の点が注目されている。

- 発電所業務の更なる効率化(リエンジニアリング手法)
- 人を支援する業務環境の整備(計算機による業務支援)
- 保全の高度化(状態監視、保守支援など)

本稿では、原子力発電所における保全業務を取り巻く環境(コスト低減、プラント高経年化、業務環境の変化)を背景に、原子力発電所業務の更なる効率化、業務環境の整備、保守・保全の高度化などをねらったシステム構想を紹介する。

2. 当社の考え方

2.1 発電所業務の更なる効率化

発電所業務の更なる効率化を目指して業務管理の合理化を進める。具体的には、業務分析ツールを適用して、手続き業務の簡素化、情報伝達の迅速化、重複業務の排除を行う。

2.1.1 業務管理合理化に向けた考え方

現行の業務では、組織が複雑なため、申請部門・許可部門・まとめ部門・連絡部門など各部門がそれぞれに必要な帳票に対して記載/転記などを繰り返している。

このため、業務管理の合理化に向けた考え方として、業務フローの把握、業務連携の把握、業務量の把握など徹底した現状業務を数値化した分析を行い、業務の大胆な見直し(リエンジニアリング)、作業量大の業務の見直し、重複作業の削減を目指す(図1)。

2.1.2 業務分析ツールの適用

この業務分析をするに当たっては、一番安定した情報はデータ(Data)という考え方を基に、DOA手法(Data Oriented Approach)に基づく業務分析ツールを適用することで、客観的な検討を行う。事務所業務においてデータとはすなわち帳票と見なし、このデータ(帳票)を分析することにより、現状の業務フロー、作業時間を明らかにしていく。

DOA手法では、五つのステップに従い、現状業務を分析し、システムの概要設計を行う(図2)。

(1) 現状業務調査

ニーズの出所となる現状業務の内容、作業手順、帳票、業務に必要な作業時間を確認する。

(2) 問題点・ニーズの分析

業務調査で把握した業務ごとの作業時間を集計し、業務量の分布の分析を行う。また、現状業務の問題点とニーズを整理する。

(3) システム化選定基準の設定

システム化選定基準を設定した上で、システム化対象となる詳細業務を選定する。

(4) システムのデータの分析

基本となる入出力帳票のデータの分析を行う。

(5) システム化評価

新システムに対する効果の見積り及びスケジュールを検討し、システム化時点の効果を評価する。

なお、これら分析を進める中では、ある局面では第三者による客観的な評価(計算機メーカー)を、またある局面ではプラント業務に立脚(プラントメーカー)した適切な提案ができるバランス感覚が重要となる。

2.2 業務環境の整備

実際にシステムを構築するに当たっては、業務の大胆な見直し、ユーザーへのスムーズな導入という相反する二つの要求の両立が必要となる。このため、当社では段階的な業務環境の整備を提案している。どこの電力会社においても、今まで各システム単位(プラント監視、放射線監視、設備データ監視など)ごとに個別システムを形成してきた

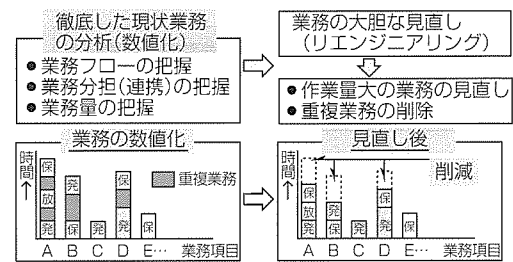


図1. 業務管理合理化に向けた具体的なアプローチ

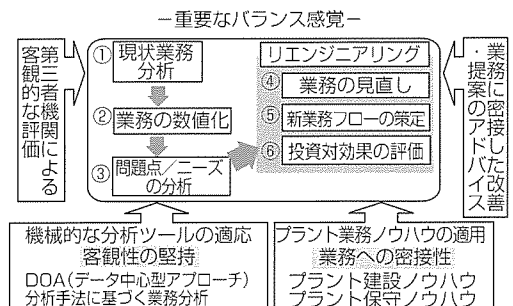


図2. 業務分析ツールの適用

おり、大なり小なり個別のデータベースを保有している。このため、大量のデータベースを保有しているにもかかわらず横のつながりがなく、既存のデータベースの活用が十分に行われていないのが実状である。そこで、使い慣れたハードウェア、使いやすいソフトウェアを核に、データベース(情報)の統合化を推進する(図3、図4)。

2.2.1 使い慣れたハードウェア

現行のシステムは、計算機は産業用計算機からパソコンまで、通信では制御用ネットワークから汎用LANまで、多種多様のハードウェアで構築されている。このため、目的のデータを入手するには、それぞれの計算機に合わせた操作が必要となる。今後は、一人1台提供されつつあるパソコンと既存技術(産業用計算機やホスト系計算機など)を汎用LANなどによってお互いにデータの送受信できる環境を整え、同一パソコン上ですべてのデータが入手できることを提唱する。

2.2.2 使いやすいソフトウェア

同一パソコン上ですべてのデータを入手できる環境(ハードウェア)が整った後、次に、今まで異なった操作性であったものに対し、同一プラットフォーム上からの操作性の統一をねらう。

原子力発電所の業務から想定される既存の磁気化されたデータとしては、建設当時からベースとなる静的データと

プラント運転に伴って蓄積される動的データとがある。これらは、従来、各々のインデックスナンバーから検索していた。

- 静的データ…系統図、技術図書、ロジック図(シーケンス図)、配置図、運転要領書など
- 動的データ…運転データ、放射線管理データ、水質管理データなど

当社では、これら各種データの検索において、原子力発電所の業務のベースとなる“系統図”を検索の窓とした操作性の統一を提唱する。

2.2.3 データベース保全を目指して

以上のとおり、発電所の業務推進においては、多種多様のデータベースが取り巻いており、最終的には個別システム、個別データベースをつなぎ、一連のワークフローを構築することで、発電所の業務がすべて机上のパソコン上で実現されることをねらう(図5)。

- 技術系業務…懸案事項管理、保全計画、運転支援、経歴管理、保全評価など
- 事務系業務…工事計画、工事事務処理、手続業務支援、情報入手支援、予算管理、工事評価、ドキュメント管理など

2.3 保守・保全の高度化

保全業務を高度化するためには、センサ技術、モニタリング技術、診断技術などを基に、オンライン機器異常診断、関連パラメータ傾向管理、異常兆候の監視などを実現し、現行までの定期保全、経時保全からCBMへの転換を目指す。

2.3.1 CBM保守の導入

これまでの保守/保全は、装置全体に対して一律に点検・保守を行うTBMで進めてきた。

そこで、これからの保守/保全では、

(1) 経時保全、定期保全

- トレンド管理による点検期間延長
- 経年劣化メカニズムの更なる研究加速、試験等によって周期点検延長
- 定期取替部品の削減

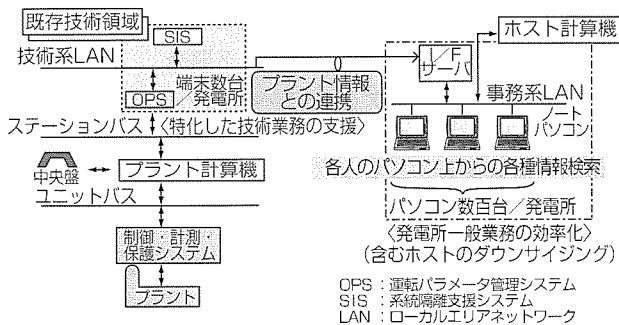


図3. 使い慣れたハードウェア

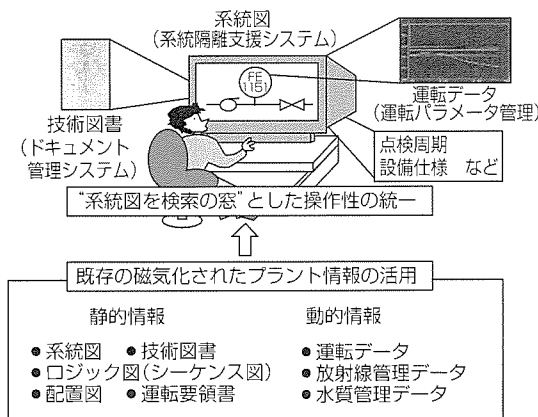


図4. 使いやすいソフトウェア

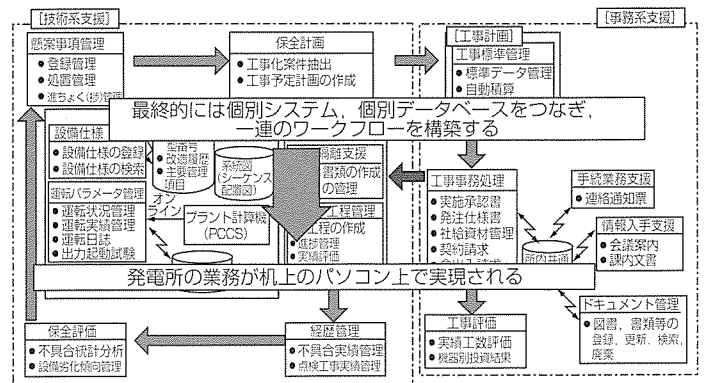


図5. データベース保全を目指して

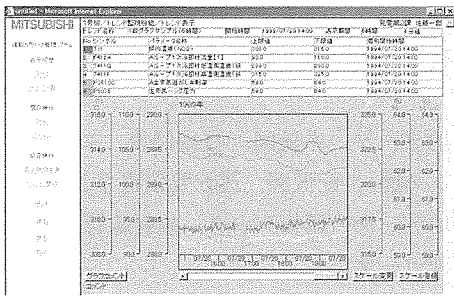


図6. トレンドグラフのWeb化

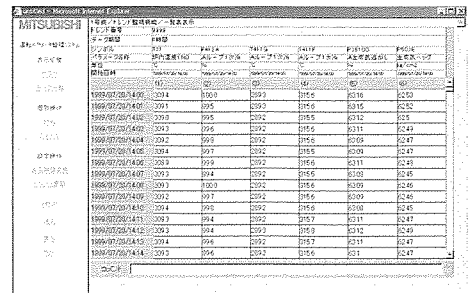


図7. 帳票のWeb化

特集
I

(2) 状態監視保全(CBM)

- 温度、振動、音、ガス、電圧／電流等を監視して異常を早期に発見

(3) メンテナンスフリー化

- オンラインキャリブレーションによる無調整化
- 異常の自己診断

など、各種センサ／モニタリング／診断技術の上で適切な保守形態を模索していく。

2.3.2 保守支援の導入

これまでの保守は、人と紙ベースで業務が展開されている。例えば、隔離作業、準備作業、確認作業、後始末など保守／試験は人手作業で進められ、データ整理、データ評価などの試験データは紙と人ベースで管理されているのが実状である。このような状況下でCBM保守等を実現するには、多くの人手／労力が必要となる。これは今の業務効率化の流れに逆行する。

そこで、当社としては、保守支援として、

- リモートメンテナンス…故障のリモート監視修理
- 系統隔離支援…隔離情報表示、帳票発行、スケジュール調整など
- 自動試験装置、試験波形診断…試験の自動化、試験データ自動作成
- 計装用保守作業支援ツール…設備監視、隔離養生、ソフトウェア保守オープン化、セルフドキュメント
- VR教育支援…保守員教材のビジュアル化

など各種計算機による支援システムを提案している。

3. ま と め

以上紹介したように、原子力発電所における保全業務を取り巻く環境は、コスト低減、プラント高経年化、業務環境の変化をベースに、

(1) 発電所業務の更なる効率化

- 保全業務合理化
- 文書管理合理化

(2) 状態監視保全

- 機器状態情報のデータ収集

● 異常診断ロジックによる保全情報の提供

(3) 保守支援

- リモートメンテナンス
- 試験データの電子化、一元管理
- 交換部品／予備品データ管理
- 保守員教育

などの総合的な保全管理の高度化を目指している。

具体的には、

- 電力会社におけるパソコン／ネットワークの普及
- イン트라ネットを用いた情報検索
- 個別システムのデータを自由に加工

などに対して、当社は、

- 既設システムと全社パソコンを連携したシステム化
UNIX技術(DB)とWindows技術(Web)の連携
- Web技術を用いたシステム構築
Javaを用いたプログラミング開発
- 汎用ソフトウェア(Excel)ベースの加工処理の提供
CSV形式でのデータ提供とマクロ展開

の提案／開発を進めてきている。特に計算機システム構築の要素としては、グラフ・帳票・CADの三つのパーツに焦点を絞り、上記技術を取り込んだ開発を進めてきており、'99年度から実際に現場に導入してきている(図6, 図7)。

4. む す び

当社は、今後とも最新技術を取り込み、このような変革の時代において、プラントメーカーでもあり計算機メーカーでもある立場を最大限に生かした保全管理システムを提供していきたいと考える。

参 考 文 献

- (1) 大屋 正, 阿部紀彦: 原子力発電所技術支援管理システム, 三菱電機技報, 64, No.3, 232~236 (1990)
- (2) 大屋 正, 阿部紀彦, 松原武廣: 原子力業務技術支援管理システム, 三菱電機技報, 66, No.12, 1159~1163 (1992)

原子力用大容量タービン発電機

前田 進*
三木隆広*
鈴木一市*

要 旨

今後の大容量原子力プラントでは、適用される発電機の容量は世界最大級の1,800MVA級となる。これに対応して、三菱電機では1994年度から大容量化技術を主体とした4極大容量タービン発電機の要素技術検証を開始した。また、'97年度からは、1,800MVA級発電機の信頼性検証を目的として、実機と同一断面を持つモデル発電機を製作し、通電試験等の検証を実施した。

1,800MVA級機には既設機に適用済みで運転実績のある技術を採用することで計画しており、その特長及びモデル発電機による検証結果の概要を以下に示す。

発電機の大容量化に伴う電磁力増大に対応して、固定子コイル端部支持剛性増加のため、大型のレジンコーンと呼ばれる絶縁物を用いた支持構造を適用する。突発短絡試験を含む通電試験を行って、コイル端部支持構造の振動特性

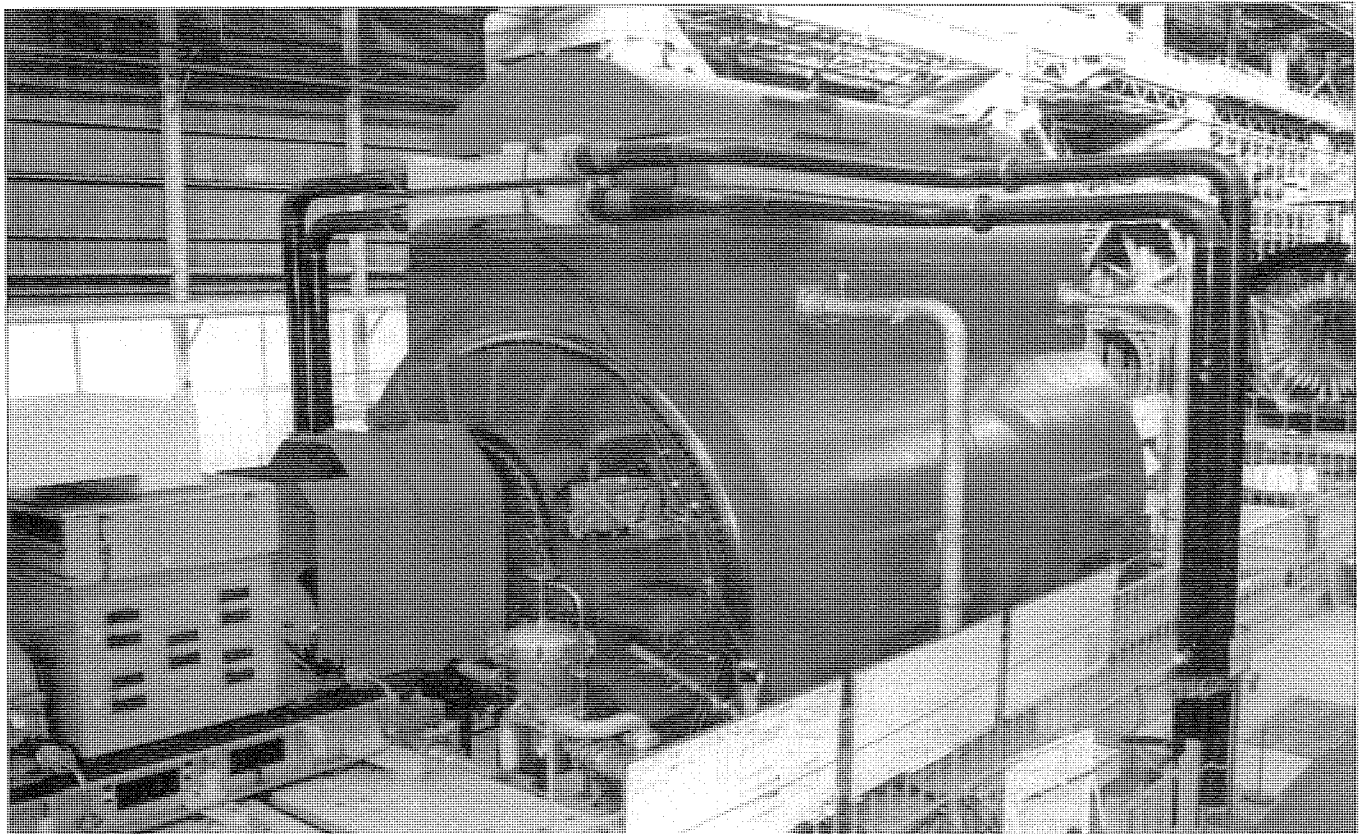
と強度を評価し、良好であることを検証した。

通風冷却方式には既設の1,300MVA級機と同一の方式を適用することとし、銅損、鉄損試験時に、固定子コイル、回転子コイル、コア端部の温度を計測した。計測結果から求めた1,800MVA級機の負荷運転時の温度は、いずれも規格値を満足することを確認した。

このほか、30kV級絶縁の絶縁性能、回転子の逆相耐量、回転子の強度についても、耐電圧試験、通電試験等による検証を行い特性を評価した。

モデル発電機試験に基づく特性評価結果はいずれも良好であり、1,800MVA級機の設計・製作技術の信頼性が高いことが検証された。今後は、これらの技術を基に、原子力用大容量タービン発電機の一層の信頼性向上を図っていく。

特集
I



検証試験実施中のモデル発電機

今後の大容量原子力プラントに適用される1,800MVA級のタービン発電機の信頼性検証を目的として、実機と同一断面を持つモデル発電機を製作した。通電試験等によって設計・製作技術の信頼性が高いことを検証した。

1. まえがき

三菱電機では、国産初の原子力用タービン発電機、関西電力美浜発電所1号400MVA機を製作して以来、最新鋭の1,310MVA機を含む多数の原子力用タービン発電機を製作してきた。一方、今後の大容量原子力発電プラントでは、発電機の容量は1,800MVA級となる。これらの発電機は世界的にも最大級に属し、その信頼性の確認には万全を期する必要がある。このため、1994年度から大容量化技術を主体とする4極大容量タービン発電機の要素技術検証を開始した。また、'97年度からは、1,800MVA級発電機の信頼性検証、及び実機での確認が困難な特性の検証を目的として、実機と同一断面を持つモデル発電機による検証試験を実施した。

本稿では、原子力用4極1,800MVA級タービン発電機の基本仕様とその信頼性検証結果について述べる。

2. 発電機の大容量化

原子力用4極1,800MVA級タービン発電機の検証に当たって目標とした仕様を表1に、発電機の断面構成を図1に示す。容量の増加に対しては、外径を大きくすることで軸

表1. 大容量原子力機, モデル発電機の主要な仕様

項目		既設機	大容量原子力	モデル発電機
主要目	容量(MVA)	1,310	1,800	1,800相当
	端子電圧(kV)	24	30	(30*)
	固定子電流(A)	31,514	34,641	35,000
	水素ガス圧(Mpa)	0.5	0.5	0.5
	回転数(min ⁻¹)	1,800	1,800	1,800/1,500
構成	通風冷却方式	回転子コイル	水素内部冷却	水素内部冷却
		固定子コイル	水冷却	水冷却
		固定子コア	軸方向通風冷却	軸方向通風冷却
	固定子コイル端部支持構造	レジンリング方式(ひも縛り)	レジンコーン方式(ボルト締め)	レジンコーン方式(ボルト締め)
回転子ダンパ回路	かご型全長	かご型全長	かご型全長	

* : 30kV級絶縁を適用

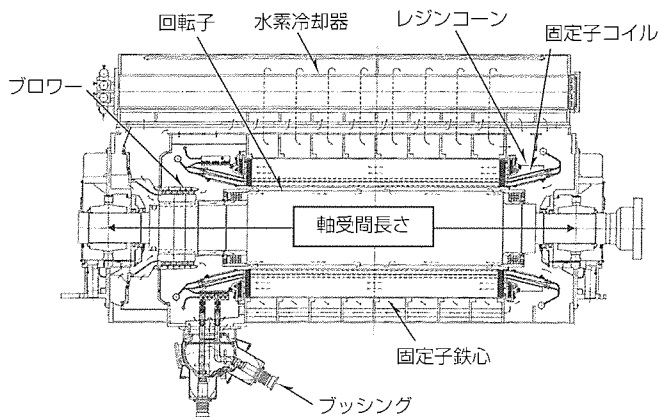


図1. 1,800MVA級タービン発電機の断面構成

方向の寸法の増加を抑制し、軸振動特性に影響する軸受間長さを1,310MVA機と同程度に維持する設計としている。1,800MVA級機には2極大容量タービン発電機を含む既設機に適用済みの技術を採用する⁽¹⁾⁽²⁾ことで計画しており、その特長と技術内容を以下に示す。

(1) 固定子コイル端部支持構造

発電機の大容量化では、固定子コイル端部支持構造が重要となる。すなわち、固定子の径大径化に伴って、コイル支持剛性は低下する一方、固定子コイル電流の増加によってコイル端部に作用する電磁力が増加するためコイル端部の振動振幅が増大する。この対応として、固定子コイル端部支持には2極1,200MVA級機と同一の構成を適用し振動を抑制する。適用する構造を図2に示す。これは、大型絶縁物のレジンコーン、セグメントプレート、及び締め付けボルトによってコイル端部をコーン状に完全一体構造にするとともに、コイル間には絶縁樹脂を注入し、コイルの相対変位を抑制する構造である。この構造では、大容量化への対応が可能となるとともに、従来のレジンリングとひも縛りによる構造と比較して構造が簡素化できる。また、ボルト締めにより、技能依存度が低減できること、工作の定量管理が可能なることから、信頼性が向上する。

(2) 30kV級高電圧絶縁

大容量化を実現するためには電流、電圧のレベルを増加させる必要がある。電圧は主絶縁などの現行の絶縁システムで対応できる上限値がある。

1,800MVA級機では、現行の絶縁システムで対応できる範囲で端子電圧を増加させ、最高30kVまで適用する。

(3) 通風冷却方式

通風冷却方式は発電機的设计において最も基本となるべきものであるため、1,310MVA機で実績のある方式を採用する。回転子コイルには構造の簡単な

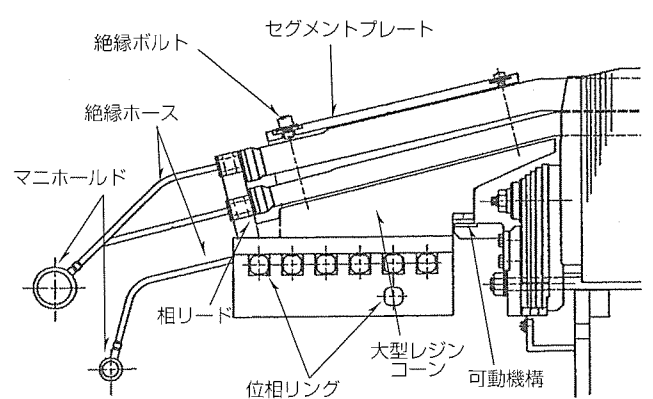


図2. レジンコーン支持方式の固定子コイル端部支持構造

水素内部冷却方式を採用する。固定子鉄心も同様に水素で冷却し、軸方向に水素を流す方式を適用する。発電機各部の冷却に必要な水素の通風量を適正化することで、風損の増大を抑制する設計としている。固定子コイルには冷却効果の優れた水冷却を採用する。

(4) 回転子ダンパ回路

回転子には、逆相電流耐量を確保するために、回転子スロット内のダンパバー、センタウェッジとリテーニングリングで構成するかご型全長ダンパ回路を設ける。回路構成は、図3に示すように、水素内部冷却方式の回転子に標準的に適用されている構成である。1,800MVA級機は世界最大級であるため、現用の規格では逆相電流耐量が適用範囲の外挿領域となる。一方、需要家と発電所間の送電距離の延長による不平衡の増加や、需要家における整流器負荷の増大により、逆相電流の発生は今後増加傾向となることが想定される。以上の背景から、1,800MVA級機について、逆相電流耐量の実力値を把握しておく必要がある。

3. 原子力用4極1,800MVA級タービン発電機の信頼性検証

前章で述べた技術は国内火力向け800MVA機、海外火力向け990MVA機に適用済みであり、発電機は順調に稼働中である。これらの技術を1,800MVA級機に適用した場合の信頼性を検証する目的で、1,800MVA級機と同一断面

で鉄心長を約1/4に短縮したモデル発電機を製作し、運転試験を含む各種試験を実施して、その機械特性・冷却特性・絶縁特性等を検証した。

3.1 モデル発電機の仕様、構成

モデル発電機の仕様を表1に併せて示す。モデル発電機は、50/60Hzで1,800MVA級の検証が行える仕様とした。

発電機内の磁束密度は1,800MVA級機と合わせた設計とした。鉄心長が短い分だけ端子電圧は低くなるが、絶縁設計は30kV対応とし、耐電圧試験で絶縁特性を検証した。電機子電流は実機を上回る35kAとしている。

モデル発電機の特長は次のとおりである。

- 固定子直径4,800mm、回転子直径1,880mmと実機と同一
- 固定子コイル端部についても実機と同一
- 鉄心長を約1/4として、軸受間長さを6,700mmに短縮

このようにモデル発電機は1,800MVA級機と基本仕様、構成がほぼ同じであるので、運転試験を実施することで、1,800MVA級機に対する信頼性評価と同等の検証を行うことが可能である。

3.2 モデル発電機の検証内容

モデル発電機で信頼性を検証した項目と検証試験内容を表2に、モデル発電機の外観を図4に示す。以下の(1)~(5)の特性を検証するため、回転子と固定子を組み合わせた発

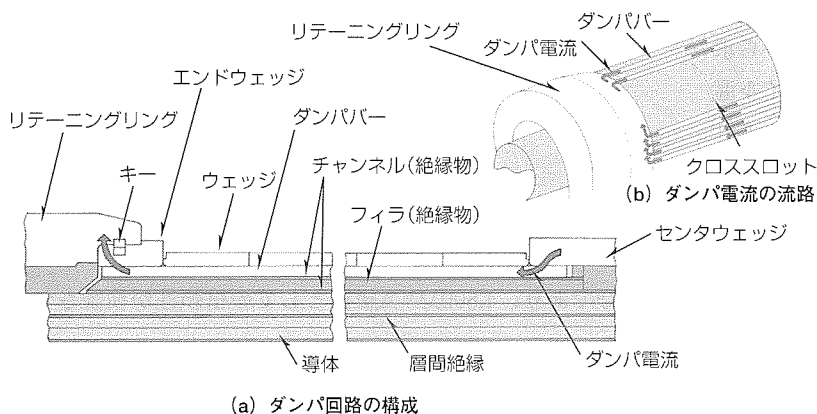
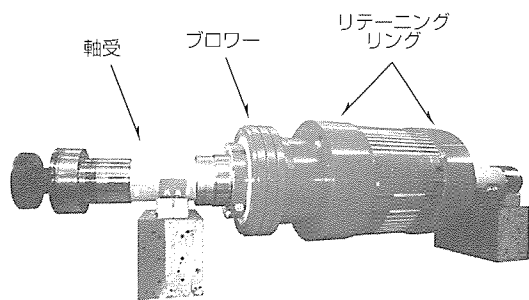


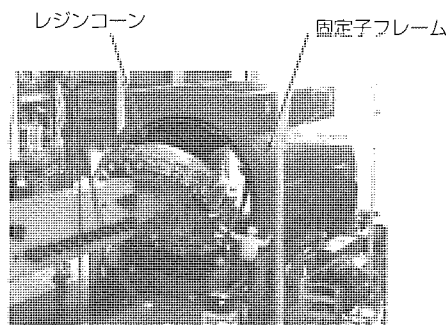
図3. 回転子ダンパ回路の構成

表2. 大容量原子力用発電機の検証項目

検証項目	試験項目
レジンコーン支持方式のコイル端部振動特性	加振試験
	銅損・鉄損
	周波数スイープ 三相突発短絡
絶縁特性	耐電圧試験
発電機内各部温度	銅損・鉄損
回転子表面温度、逆相耐量	二相短絡ヒートラン



(a) 回転子



(b) 固定子

図4. モデル発電機の外観

電機運転試験, 突発短絡試験, 耐電圧試験などを実施した。モデル試験で得られた主要な結果を以下に示す。

(1) 固定子コイル端部振動特性

固定子コイル端部の振動特性計測結果を図5に示す。加振試験の結果, 固定子コイル端部のだ(橢)円モード固有振動数は195Hzで電磁加振周波数120Hz/100Hzと十分離れており, 共振の問題のないことを確認した。

銅損, 鉄損ヒートラン試験時の固定子コイル端部振動計測結果を基に定格負荷時に換算した振動振幅値は, コイル端部ヘッダ部, スロット出口部ともに, 基準値に比べて十分低く, コイル端部支持構造が定常電磁加振力に対し十分な剛性を持つことを確認した。

併せて, 発電所主変圧器高圧側での三相突発短絡事故を模擬した三相突発短絡試験を行った。固定子コイル主絶縁のひずみは最大で600マイクロストreinであり, 基準値以下であることから, 固定子コイル端部支持構造が突発短絡などの過渡電磁加振力に対しても十分な強度を持つことを確認した。

(2) 絶縁特性

定格電圧30kVに対してJEC114の規格に定められた耐電圧試験を行い, 30kVの絶縁性能を持つことを検証した。固定子コイルの主絶縁の構成, 電界緩和部の構成が良好であることを確認した。

(3) 発電機内各部温度

銅損, 鉄損試験時の固定子コイル, 回転子コイル, 固定子コア端部の温度計測結果を図6に示す。計測結果から求めた1,800MVA級機定格負荷時の回転子, 固定子コイル温度, 95%力率進相運転時の固定子コア端部温度(図中の計画値)はいずれも規格値を満足しており, 冷却設計が適切であることを確認した。

(4) 回転子表面温度, 逆相耐量

二相短絡試験を実施して, 固定子巻線に逆相電流を通電した状態で回転子表面温度を計測することで, 逆相耐量を確認した。逆相電流10%通電時の回転子表面温度(温度上昇)は, 磁極部で77℃(32K), スロット部で63℃(18K)と許容温度以下であった(基準ガス温度45℃)。以上の結果から, JEC114の規格からの外挿値である1,800MVA級機逆相耐量値5%の約2倍の逆相耐量10%を持つことを検証でき, ダンパ構成が適切であることを確認した。

(5) 回転子強度

回転子には従来からある設計技術を適用して大径化を図っており, その機械特性を検証した。回転子を定格の120%過速度回転数(2,160min⁻¹)で2分間回転させ, 強度面の検証を行った。また, 回転子歯部, リテーニングリングの応力計測を行い, 発生応力が設計値とほぼ一致することを確認した。

以上述べたように, モデル発電機の試験結果はいずれも

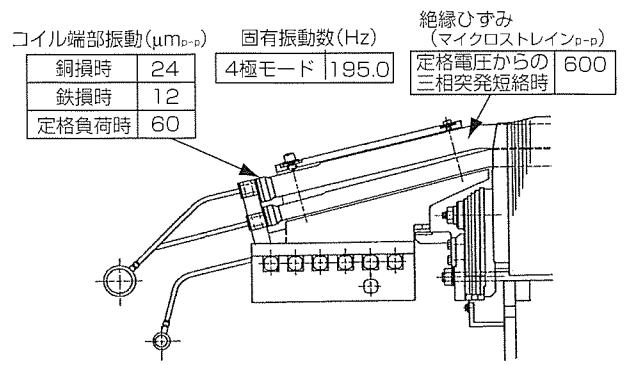


図5. 固定子コイル端部の振動特性計測結果

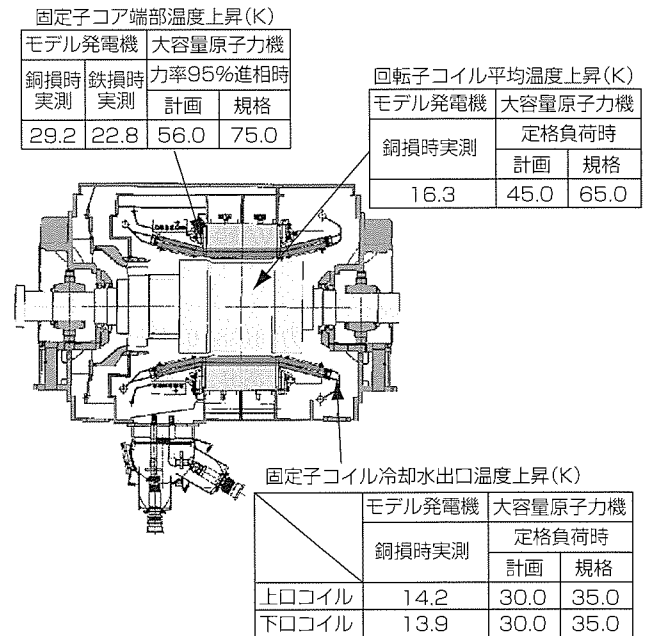


図6. 発電機内各部の温度計測結果

良好であり, 1,800MVA級機としての信頼性が検証された。

4. む す び

今後の大容量原子力プラントに適用される1,800MVA級4極タービン発電機の信頼性をモデル発電機で検証した。今後は, これらの技術を基に, 原子力用大容量タービン発電機の一層の信頼性向上を図る所存である。

参考文献

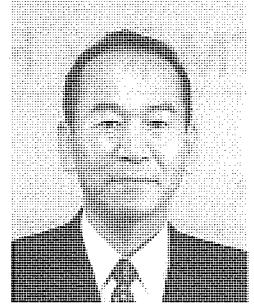
(1) 兎太 享, 柵山正樹, 松崎盛男, 中野直広: 関西電力(株)南港発電所向け1号600MW水冷却タービン発電機, 三菱電機技報, 64, No. 6, 495~500 (1990)

(2) 河瀬千春, 中野直広, 鈴木一市: 大容量タービン発電機における最新技術, 三菱電機技報, 73, No. 6, 436~438 (1999)

// ATM通信特集に寄せて

三菱電機㈱
通信システム事業本部
副事業本部長

森山光彦



近年、インターネットサービスの加速度的拡大と第三世代移動体通信方式の実用化開発への急展開により、移動体も含めて音声だけの通話から高速データ通信へと質的变化が急激に進行している。基幹ネットワークのインフラとなる海底ケーブルシステムの建設ラッシュ、IPデータ通信対応のバックボーンネットワークの実用化、メタリック／光／無線など種々のアクセス系ネットワークの導入と拡大を通じて、IP／ATMベースの有線と無線が統合されたシームレスなネットワークが構築されようとしている。

三菱電機では、これら市場環境の変化に対応して選択と集中で事業を推進してきたが、今後IPセントリックの時代に向けて更なる事業拡大のチャンスととらえ、“IP over ATM over Photonics and Wireless”を基本コンセプトとして、顧客利益の創造を第一にEnd to Endのシステム品質責任を遂行することを最優先方針として事業に取り組んでいる。

ATM通信技術は、1980年代後半からB-ISDNを実現する高速統合ネットワーク技術として世界的に研究開発が進められ、'92年にITU-T(当時のCCITT)基本勧告が制定され、国際標準が成立した。また、'91年秋には、ATMの実装標準作成を目的としたATMフォーラムが設立され、ATM通信機器の実用化が促進された。'90年代の前半には、米国を中心に、ATMスイッチ、ATM-LAN、ATM多重化装置、ATMルータなどが相次いで市場に登場した。

当社では、'88年からATM通信技術の研究開発に着手し、'91年にはNTT社のトラックⅢ“ATMリンクシステム”に合格し、NTT研究所の指導の下にATM伝送システム技術の開発を進めてきた。'97年からはATMバックボーンネットワークを構成するATMクロスコネクタ装置とATM加入者収容装置の開発をNTT社の指導の下に推進し、'99年度にクロスコネクタ装置から納入を開始している。また、ATM通信システムのグローバル化の一環として、今後のアクセス系の広帯域化・フルサービス化を実現する技術であるFSAN(Full Service Access Network)国際標準準拠のATM光アクセス伝送システム(ATM-PON)を北米通信キャリア(通信事業者)向けとして展開中である。

ATM通信方式の特長は、音声や画像などの定レート情

報転送とデータや映像などの可変レート情報転送を統合して扱うことができ、かつ高速ノンハイアラキ多重・スイッチングが可能な点にある。統合化して扱われるマルチメディア・トラフィックは、高度なQoS制御によって品質が保証されるとともに、各種Protection技術によって高信頼性が確保される。ATM通信技術を適用することにより、通信キャリアの高い要求品質を満たし、保守運用性に優れたネットワークを経済的に実現することができる。特に、様々なサービスが混在し種々の転送速度のトラフィックを収容するアクセスシステムやローカル転送系は、ATM通信技術の上記特長が十分に生かされる領域である。アクセス系でATM化された情報をATMバックボーンネットワークで統一的に扱うことにより、End to Endで効率的にマルチメディア通信サービスを提供することが可能となる。

21世紀には、携帯端末の一層の拡大普及とインターネットの高機能化・高速化が進展し、データトラフィックを中心としたサイバースペースを支える高速・広帯域ネットワークが構築されていくと予測される。ユーザーインタフェースとしてのIPフォーマットの浸透が進むと考えられるが、ネットワークの構造としては、現在の巨大な通信キャリアでは既存システムからのマイグレーションが容易でQoS制御や高い信頼性を備えたATMネットワーク装置が引き続き拡大導入されていくと予想される。

一方、IPセントリックなデータ通信需要に経済的に対応する手法としてIPベースのネットワークを構築する動きが進んでいる。VoIP技術による経済的な音声通信の実現、映像通信やゲームソフトなどの大容量ファイルの一括転送など、IPフォーマットによってあらゆる情報がインターネット上で統合して扱えるようになってきている。

当社では、IPベースのネットワーク実現法として、ATM通信のQoS制御技術や高信頼性技術の上にIPベースのネットワークを構築するシステムの開発を推進している。高機能のATMルータや新しいMPLS方式などを適用したIP／ATM統合ノード装置の実用化を図り、今後のIPベースネットワーク需要の拡大に向けて市場投入していく予定である。

ATMネットワークシステムの現状と展望

菊地克昭*
大島一能**
手島邦夫***

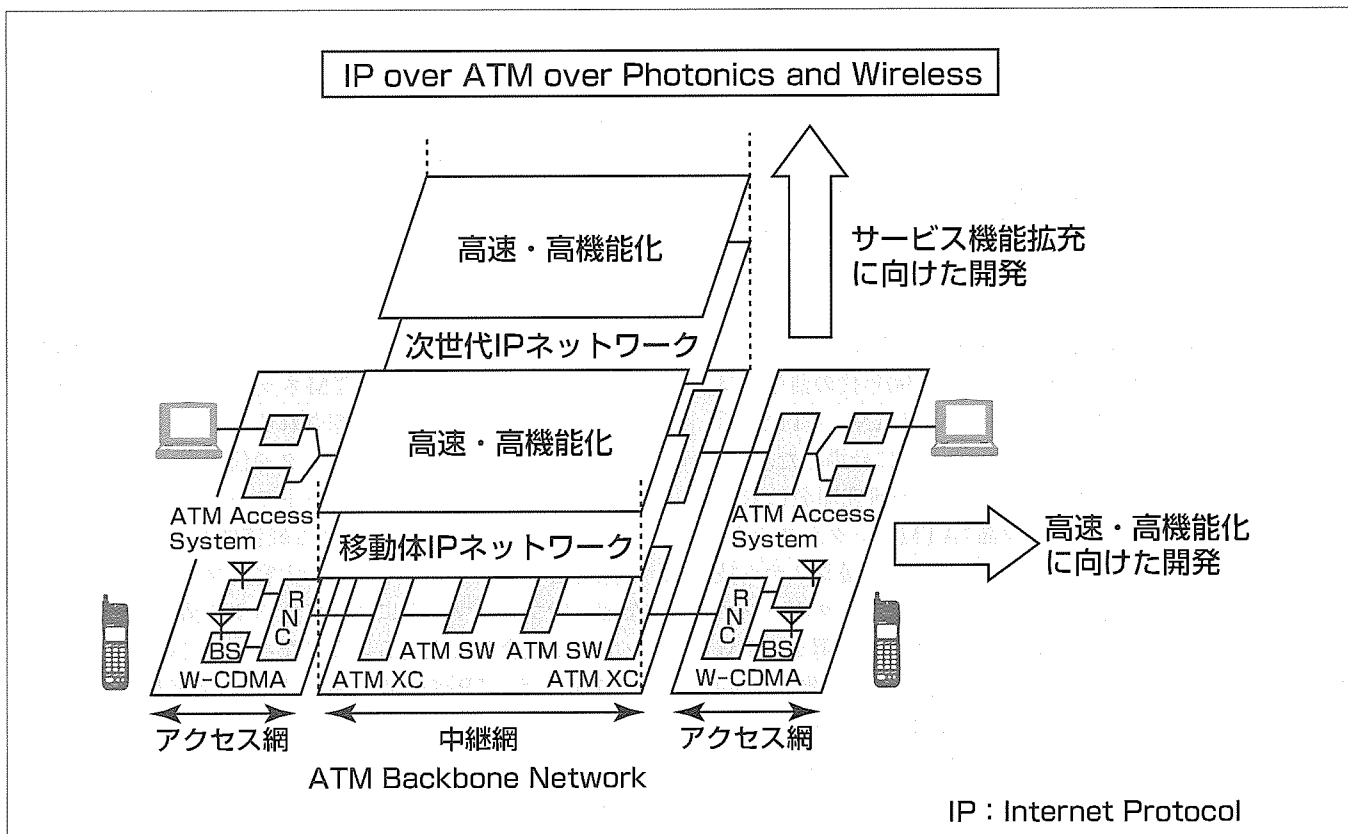
要旨

インターネットや移動体通信の目覚ましい発展により、本格的なマルチメディア時代が到来しようとしており、通信事業環境は大きく変化してきている。従来の固定電話需要が徐々に減少する中で、これまで主に企業向けであったデータトラフィック需要が一般家庭まで急速に拡大してきていることに加え、パーソナル化を指向した移動体通信が爆発的に普及している。このような環境変化を受けて、通信事業者の収益構造も電話サービス中心からデータサービスへの比重を移していくものと考えられ、より価値の高いサービス提供が可能となるネットワーク構造及びそれを実現するソリューションが求められている。

三菱電機は、次世代通信網として種々のATM (Asynchronous Transfer Mode)系サービスを効率的に

収容する共通基盤としてのATMバックボーンネットワークを構築し、その上に次世代インターネットを含むIP系サービスを収容する次世代IPサービスネットワークの構築を進めることが望ましいと考えている。このアーキテクチャにより、ATMバックボーン及びIPサービスネットワークの独立な発展が可能である。ATMバックボーンネットワークも、今後の通信トラフィックの爆発的な拡大に伴い、WDM(Wavelength Division Multiplexing)技術をベースとした大容量化・高速化が進むものと考えられる。また、IPサービスネットワークも今後のIPサービスの多様化・高機能化に対応して進歩していくものと考えられ、次世代通信網は“IP over ATM over Photonics”の方向に進んでいくものと考えられる。

特集
II



技術開発の今後の方向

ATMバックボーンネットワークはWDM技術をベースとした大容量化・高速化に、IPサービスネットワークは今後のIPサービスの多様化・高機能化に対応して進歩していくものと考えられ、次世代通信網は、IP over ATM over Photonicsの方向に進んでいくものと考えられる。

1. ま え が き

1980年代に北米で商用サービスが開始されたインターネットは、ここ数年の間に爆発的に普及し、データトラフィックだけでなく、電話、ビデオ、音楽ソフト等の実時間性の高いトラフィックを扱うようになってきた。今後は、電子商取引、遠隔教育・医療等への適用が期待されており、より高いレベルの実時間性・応答性・信頼性が要求されるサービス分野の基盤として発展しようとしている。このインターネットは現在の通信網に大きなインパクトを与えるものであり、トラフィックの質的・量的変化、アクセススピードの高速化、通信料金体系の変革など、従来の通信網の構造を大きく変える要素を含んでいる。通信事業者が直面する重要な課題の一つが、このように爆発的に増大するデータトラフィック需要の効率的収容及び多様化する通信品質の提供である。これを実現するために、通信事業者が次世代ネットワークとしてどのようなアーキテクチャを採用するかが重要になってきている。IPサービスを中心に新しいネットワークインフラ構築を進めるのか、既存サービスも含めたマルチサービス提供を中心に既存網からのマイグレーションを進めるのかが重要な選択になっている。

マルチメディア化の進展に伴い高速・広帯域型の通信が急増することに対応するため、NTTを始めとする主要通信事業者は、ATM通信技術によるネットワークの統合化・バックボーン化を進めている。ATM通信技術は、①低速から高速までのマルチメディア情報の統一的処理、②高速ノンハイアラキ多重・スイッチング、③高度なQoS (Quality of Service)制御など優れた特長を持っており、今後のマルチメディア通信サービスを統合的に扱うATMバックボーンネットワークの構築が可能となる。特に、データトラフィックを扱うネットワークでは、扱うデータの種類等によって通信品質に対する要求が異なるため、ATM通信技術によるネットワークの統合が有効である。

三菱電機は、これまで最新市場動向を反映したグローバルな視点に立った技術開発を進めており、今後のIPセントリック時代においても、高い価値を生み出すことができる最適なソリューションを提供していきたいと考えている。

次世代ネットワーク構造に対しては、“IP over ATM over Photonics and Wireless”を基本コンセプトとして、ATMバックボーンネットワーク及び次世代インターネットの開発を通じて新しい通信市場の創造と発展に貢献したいと考えている。

本稿では、次世代インターネットを中核としたマルチメディア通信を支えるATMバックボーンネットワーク用システムのアーキテクチャと特長を紹介するとともに、このATMバックボーンネットワーク上に構築される新しいサービスネットワークについても紹介する。

2. 次世代通信網アーキテクチャ

現在のインターネットが今後の社会・経済活動のインフラとなるためには、アクセススピードの高速化に加えて信頼性・安全性・高品質など解決すべき課題も多く、多くの検討が世界中で進められている。重要な検討課題の一つがIP通信のインフラをどう構築するかである。この課題に関する主要な議論を整理すると、

- IP over ATM
- IP over SDH (Synchronous Digital Hierarchy)
- IP over WDM

に分類される(図1)。一般的な特長は、通信網の構造の観点ではプロトコルスタックの最もシンプルなIP over WDMが通信網コスト削減の可能性を持っているのに対して、VPN (Virtual Private Network)等の高度なネットワークサービスを提供するためにはControl Capabilityの高いIP over ATMが有利となる。

通信網コスト削減は今後の通信網にとって極めて重要な課題であり、通信網構造のシンプル化が必ず(須)である。このためには、現状のSDHに基づく多重化構造を排除することがキーポイントである。ATM技術の本質はこのSDH多重化構造を必要としない非階層化多重にあり、この方向はATM網構築の方向と矛盾しないものである。この視点から前述のプロトコルスタックを再検討すると、図2のように整理される。将来のIP over WDMは現在検討途上であり、現時点での選択肢は、

- IP/ATM/STM Frame/WDM
- IP/PPP/STM Frame/WDM

となる。この両者の比較を図3に示す。伝送効率ではIP over WDMが、QoS制御とネットワークサービスの点ではIP over ATMが有利といえる。しかし、将来のインターネットではアクセススピードの高速化が必須であり、今後のアクセスシステムの動向はATM技術の適用が主体になると考えられることから、アクセスシステムとの整合性からも当面のソリューションとしてはIP over ATMが優れ

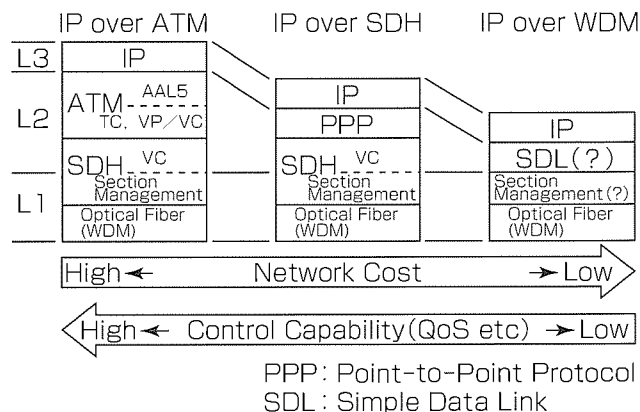


図1. IP Backborn Networkの論点

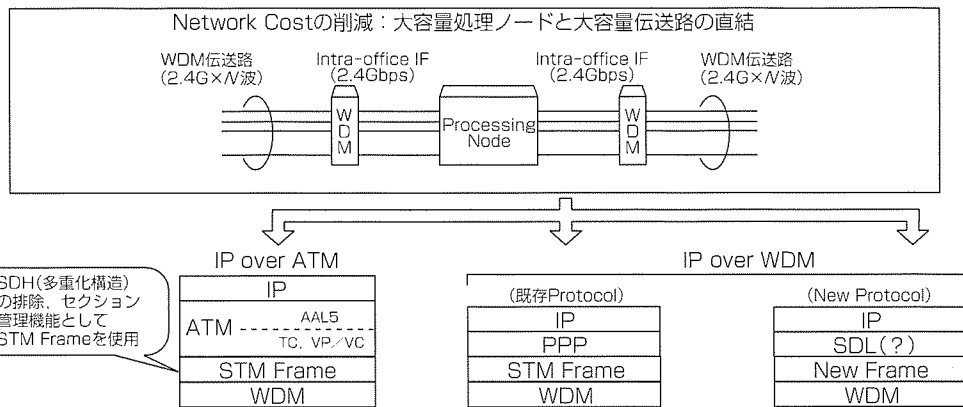
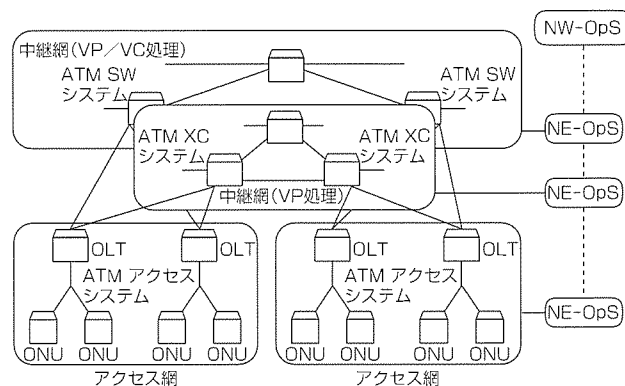


図2. バックボーン網シンプル化のためのプロトコル構造

	IP over ATM	IP over WDM	
伝送効率	😊	😊	大きな差はない
QoS	😊	😞	現状では、ATMレイヤを使用する方が有利
ネットワークサービス(VPN等)	😊	😞	今後のアクセス系はATMが主体
アクセス網との整合性	😊	😞	実現上、コストに大きな差はない
超高速処理ノード	😊	😊	

図3. IP over ATM vs IP over WDM



VP: Virtual Path
VC: Virtual Channel

図4. ATMバックボーンネットワークの構成

ていると考える。

3. ATMバックボーンネットワーク

ATM専用線サービスであるメガリンクサービス、ATM回線系サービスであるシェアリンクサービスやセルリレーサービス等のATM系サービスが順調に拡大している。NTTはこれらサービスの共通基盤としてATMバックボーンネットワークの構築を進めており、このATMバックボーンネットワークは、図4に示すように、VP/VC処理機能を持つATM交換システム、VP処理機能を持つATMクロスコネクシステム、及び各種サービスの統合アクセス機能を実現するATMアクセスシステムの3種のNE(Network Element)とNE-OpS及びネットワークOpSで構成される。

(1) ATMクロスコネクシステム

ATMクロスコネクシステムの基本機能は効率的なパス(Virtual Path)設定であり、ネットワーク内では、エンドユーザー間に直接VPを提供する形態と、網内でVC(Virtual Channel)を束ねてVPとする形態を実現する役割を持っている。この装置は、スケーラブルに増設可能なシステム構成と高速ATMインタフェースを実現しており、ATMバックボーンネットワークの経済的構成が可能である。

(2) ATMアクセスシステム

ATMアクセスシステムは、経済化が不可欠であると

もに低速から高速までの各種信号を効率的に伝達でき、各種サービスに対して統合アクセスプラットフォームとなることが要求される。

アクセスシステムの経済化を実現する有力な技術として、FSAN(Full Service Access Network)等で国際標準化が進められているATM-PON(Passive Optical Network)技術を採用している。また、多彩なQoSクラスをサポートするための高度なトラフィック制御機能を具備している。

4. 次世代IPネットワーク

三菱電機が考える次世代IPネットワークの構成を図5に示す。次世代インターネットではアクセス速度の高速化が重要であり、それを実現するアクセスシステムには、光アクセス、メタルアクセス、無線アクセスなど多様なものが存在する可能性がある。しかし、ATM技術が中心であり、今後の高速・広帯域サービスの中核となるATM系サービスとIPサービスに対する統合アクセスが実現される。IPコアネットワークは、ATMバックボーンネットワークの上に構築され、IPパケットのルーティング機能を持つLSR(Label Switch Router)で構成されるエッジノードとコアノードが配備される。また、今後の多彩なサービス展開に伴いゲートウェイサーバ、ポリシーサーバ等各種サービス

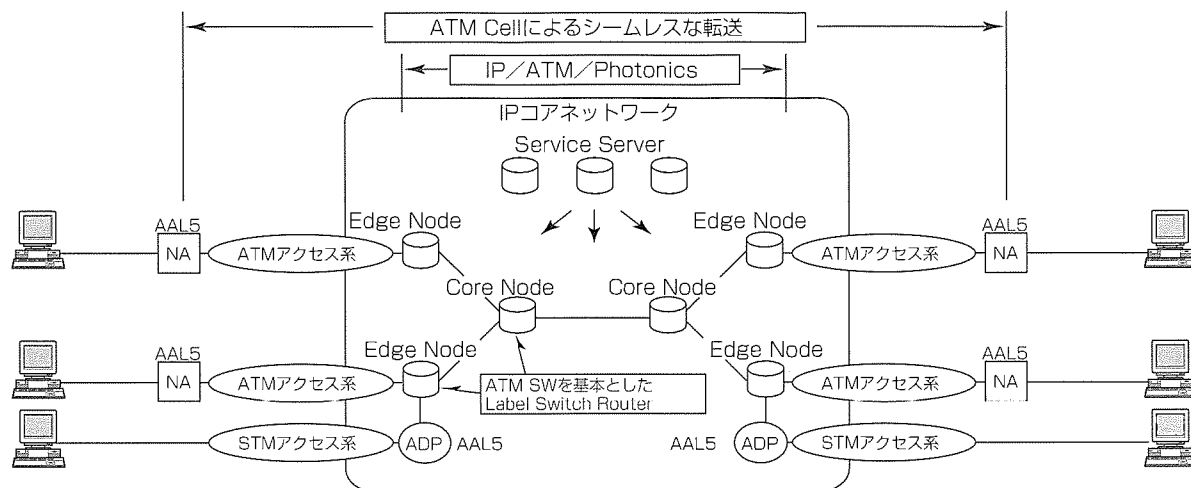


図5. 次世代IP網の概念

サーバが必要になると考えられる。

IPコアネットワークは、高速カットスルー転送による低遅延と高スループットを実現するとともに、多彩なQoSを実現することが要求される。このアーキテクチャにより、End-to-EndでのATMセルによるシームレスな転送が実現でき、多彩なQoS提供が可能となる。

NTTが提案しているGMN-CLでは、IPコアネットワーク内ではIP v6をベースとしてコアプロトコルが採用されているが、今後、MPLSを採用することも有望な方式である。

5. む す び

以上、次世代通信網に対する三菱電機の考え方を示すとともに関連製品群を紹介した。IPを中心とした次世代通信網は絶えず進化するものであり、お客様の要求にこたえられる付加価値の高い製品を今後とも提供していくことが重要と考えている。

当社のATM通信技術、IP技術が、来るべきマルチメディア社会の実現と発展に貢献できれば幸いである。

最後に、日ごろからご指導を賜っているNTT研究所の関係各位に感謝の意を表する。

ATMクロスコネクシステム

要旨

日本電信電話(以下“NTT”という)では、インターネットの爆発的普及により、従来までの個別ATM(Asynchronous Transfer Mode)ネットワークを新しいATMバックボーンネットワークで統合し、効率性・柔軟性を重視した経済的なネットワーク構築を推進している。三菱電機(当社)は、NTTの指導の下、ATMバックボーンネットワークにおいて仮想パス(Virtual Path: VP)を多重化して対地ごとに振り分ける大容量ATMクロスコネクシステム(ATM-XC)の開発を行った。

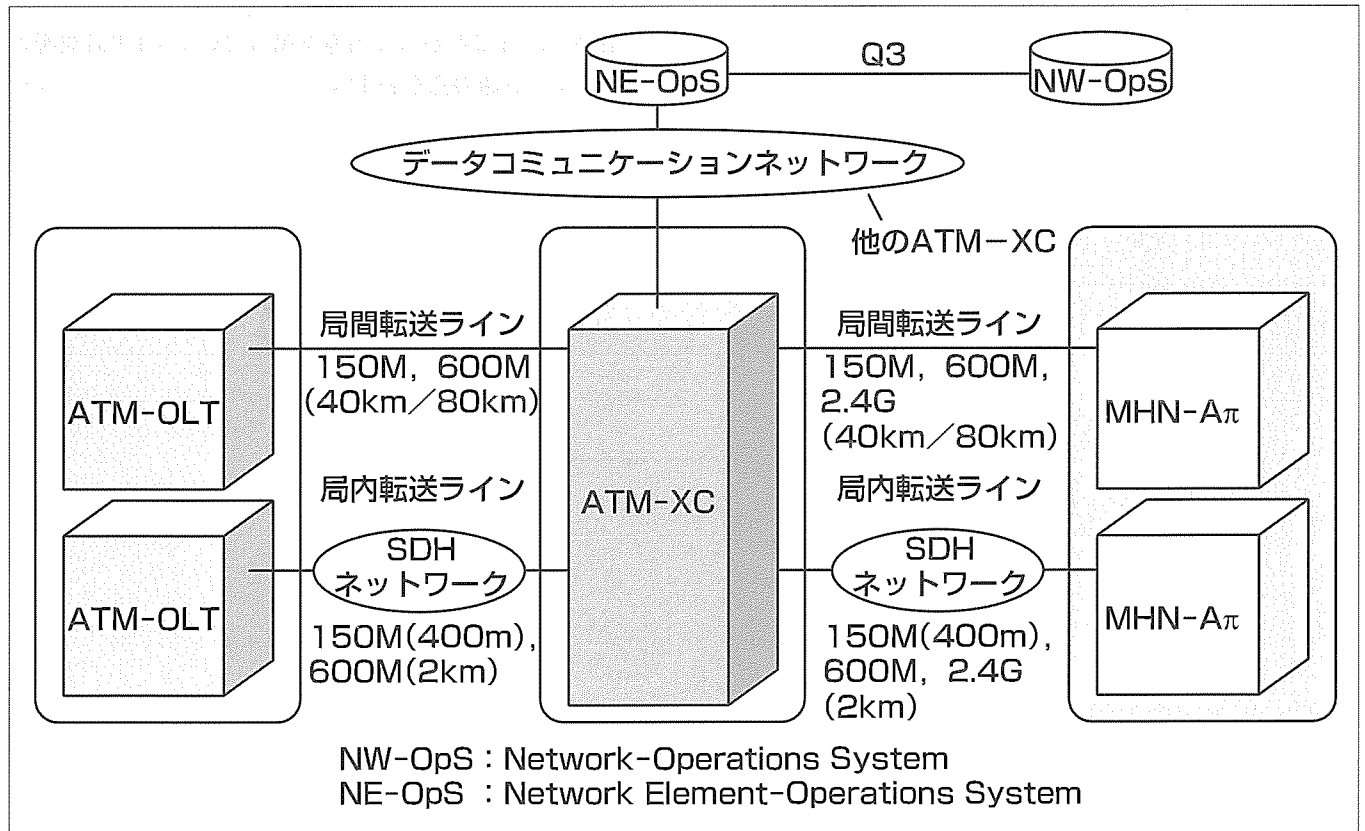
ATM-XCは、ATMコアノード(Multimedia Handling Node-ATM・ π : MHN-A π)、ATMアクセスシステム(ATM-OLT)等と接続され、最大20Gbpsのスループットを持っている。また、150M/600M/2.4Gbpsの局内、局間インタフェースを持ち、インタフェース間でVP単位に

セルを多重分離、ルーティングする機能を持っている。

今回開発した装置では、従来までNTTと共同開発を行ってきたATM加入者線伝送システム(ATM-SLT)等で培った技術をベースに、装置主要回路部に最新LSI技術を適用することで、スイッチの大容量化(20Gbps)、VP-OAM機能、高速ユニット間伝送等の実現と冗長切換えや高速VP切換えによる高信頼性確保を小型・低消費電力で実現した。

また、監視制御機能は装置とオペレーションシステム(Network Element-Operations System: NE-OpS)間にNTTで開発しATMメガリンクサービスでも使用されているインタフェースを適用し、機能分散による高速処理も実現した。

特集
II



ATMクロスコネクシステムの接続構成例

ATMバックボーンネットワークは、ATMサービスを統合するATM方式の経済的なネットワークで、高速・広帯域サービスを提供する。当社は、NTT指導の下、中継系伝送装置としてATMクロスコネクシステム(ATM-XC)を開発した。ATM-XCは、150M IF、600M IF、2.4G IFの3種類のインタフェースを持ち、MHN-A π 、ATM-OLT等と接続され、VPの多重、振り分けを行うことで経済的なネットワークを実現する。

1. ま え が き

インターネットに代表されるマルチメディア通信の爆発的な普及により、ATM系のサービス需要が急増している。NTTでは、ATM通信ネットワークの共通基盤として効率性・柔軟性を重視した経済的なATMバックボーンネットワーク⁽¹⁾(ATM-BBN)の構築を推進している。ATM-BBNは、ATM系サービスを管理・制御するATMコアノード(MHN-A π)、仮想パス(VP)を多重化して対地ごとに振り分けるATMクロスコネクシステム(ATM-XC)⁽²⁾、複数の加入者を一元的に收容するATMアクセスシステム(ATM-OLT)⁽³⁾で構成される。三菱電機は今回、ATM-XCをNTTの指導の下で開発した。

ATM-XCは、ATM-BBNのクロスコネク装置として配備され、ATM-OLT等からのVPを多重化し対地ごとに振り分けて上位MHN-A π に接続する。ATM-BBNにおけるATM-XCの位置付けを図1に示す。

ATM-XCは、150M/600M/2.4Gbpsの3種類のインタフェースを持ち、任意のインタフェース間で最大20GbpsまでのATMセルを多重分離、ルーチングする機能を持っている。

ATM-BBNでは装置の経済化・低消費電力化・高信頼性等が要求されており、今回の開発では、従来までNTTと共同開発を行ってきたATM加入者線伝送システム(ATM-Subscriber Line Terminal(Commercial Trial 2): ATM-SLT(CT2))⁽⁴⁾で培ってきた技術をベースに、装置主要回路に最新LSI技術を積極的に採用し、小型・低消費電力化を達成した。また、冗長切換え機能や高速VP切換え機能も適用し、装置信頼性の向上を図った。さらに、保守性を考慮してインタフェースのパーチャネル化(インタフェース1枚に1回路を收容)やスロットフリー收容も実現した。

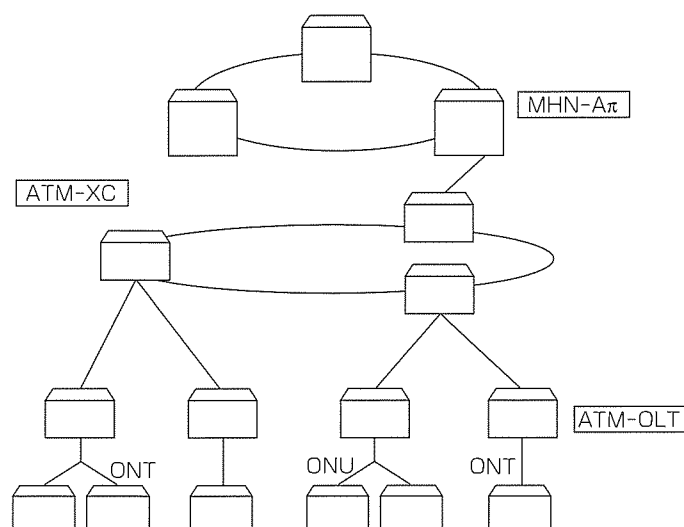


図1. ATM-XCの位置付け

装置監視制御機能は、装置と通信キャリアの管理するオペレーションシステム(NE-OpS)間で監視制御の情報をやり取りするもので、装置監視制御部とユニット内監視制御部に機能分散することで高速処理を実現した。

本稿では、開発したATM-XCの装置構成と機能概要について述べる。

2. ATMクロスコネクシステムの基本構成

2.1 全体構成

ATM-XCの装置外観を図2に、全体構成を図3に示す。ATM-XCでは、高さ1,800mmのキャビネットに高さ300mmのユニット4段を搭載する。各ユニットは、共通にクロック部、ユニット内監視制御部と多重分離部を含む二つのインタフェースグループ(以下“IF-GRP”という。1 IF-GRPに最大150MIF16枚実装)を持っている。そのほかに、ユニット1は装置監視制御部、ユニット2はスイッチ部を実装する。また導入初期などの小需要時期には経済的な最小構成(ユニット1, 2のみ)で運用可能であり、需

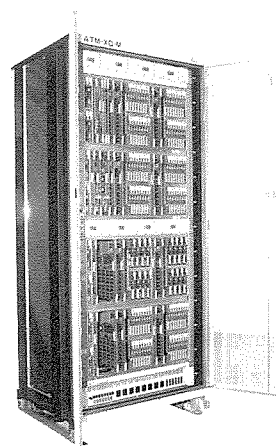


図2. ATM-XCの装置外観

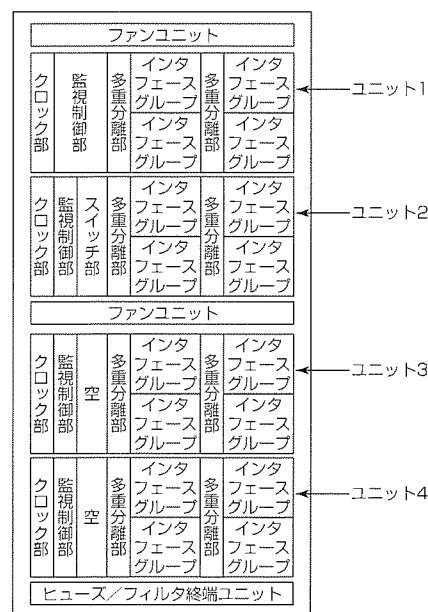


図3. 全体構成

要に合わせてユニット3, 4へのパッケージの増設で大容量化を容易に実現できる構成とした。

2.2 ハードウェア構成

ATM-XCのハードウェア構成を図4に示す。ハードウェアは、データを扱う主信号部と装置/ユニット内の監視制御機能を扱う監視制御部に大別される。主信号部はさらにクロック部、セルスイッチング部、インタフェース(IF)部に分けられる。クロック部は、外部のクロック供給システム(DCS)からの基準クロックを受信するクロック受信部と、装置内の主信号部に基準クロックを分配するクロック分配部で構成される。IF部は伝送路終端機能を持っており、セルスイッチング部の多重分離部とセルの送受を行う。セルスイッチング部は、セルの多重分離、VPI(VP Identifier)の書換え機能を持つ多重分離部と、VPI値に基づきセルをルーティングするスイッチ部で構成される。監視制御部は、装置全体の監視制御機能、NE-OpSとのインタフェース機能、バックアップメモリ制御機能を持つ装置監視制御部、運用データを保持するバックアップメモリ部、及び各ユニット内基板の監視制御機能を持つユニット内監視制御部で構成される。監視制御用の装置内バスは、信号配線削減のため、従来機種同様、アドレス線とデータ線を多重化した独自バスを使用している。なお、主信号部は、各部をすべて二重化構成可能とし、装置の信頼性を高めている。また、監視制御部は、自らの障害が主信号部に影響を与えない構成としているため一重化構成とし経済化を図っている。

2.3 ファームウェア構成

ATM-XCのファームウェア構成を図5に示す。装置監視制御ファームウェアは、NE-OpSインタフェース仕様に依存する装置オブジェクト部と配下のハードウェア構成に依存する監視制御部に分割し、NE-OpSインタフェース/ハードウェア両者の仕様変更・拡張に柔軟に対応可能な構成とした。またユニット内監視制御ファームウェアではVRT(VPルーティングテーブル)管理機能を切り出し、専用のCPU、バスを具備することによって高速なVP切換え

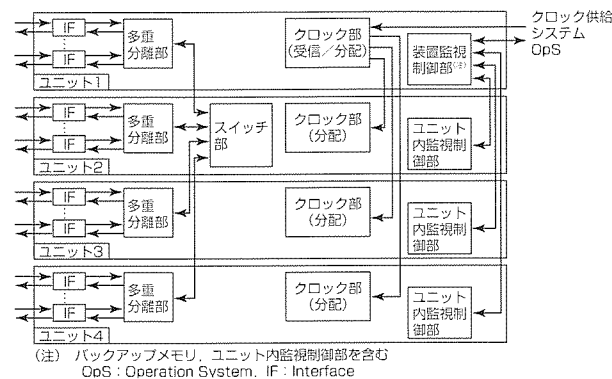


図4. ハードウェア構成

機能を実現している。

ATM-XCの主要諸元を表1に示す。

3. 機能概要

3.1 伝送路インタフェース機能

伝送路インタフェースとして150M/600M/2.4Gbpsの3種類の速度種別と伝送距離に応じた局内盤と局間盤(40km/80km)を実装可能である。インタフェース部は、光-電気変換、ATM終端処理、OAM(Operation Administration and Maintenance)機能等を持っている。光-電気変換部の光インタフェース仕様を表2に示す。ATM終端処理部は、装置内のATMセルのSDH(Synchronous Digital Hierarchy)ペイロードへのマッピングやセクションオーバーヘッド生成、ポインタ生成、パスオーバーヘッド生成といった一連のSDH/ATM処理を行う。今回開発した伝送路インタフェースの主な特長は、①保守性を考慮したパーチャネル化、②すべてのIF-GRPにいずれのIFでも実装できる柔軟なスロットフリー実装、③2.4G IFの高さ300mm 1枚基板による実現、④1.3μm(80km)仕様の150M IFの開発などである。今回の伝送路インタフェースに適用するため、OAM処理LSI⁽⁵⁾ 2品種(150M/600M用と2.4G用)、2.4G/600Mbps ATM終端LSI⁽⁵⁾ 1品種等、新たに4種類の新規LSIを開発した。

3.2 セルスイッチング部

セルスイッチング部は、セル多重分離部、VPI変換部か

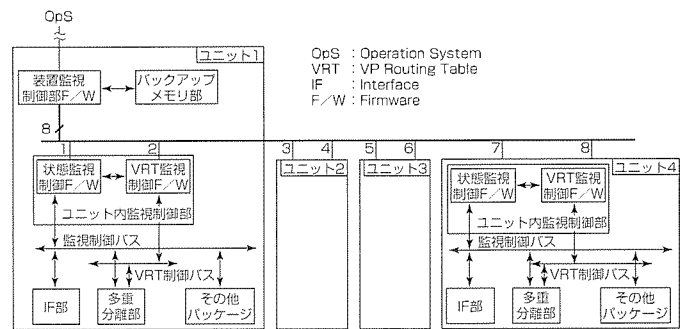


図5. ファームウェア構成

表1. ATM-XCの主要諸元

項目	主要諸元
システム構成	Hi-PAS実装4ユニット構成
インタフェース種別	150Mbps, 600Mbps, 2.4Gbps局内/局間
最大収容インタフェース数	150M IF: 128枚(全一重化), 64組(全二重化) 600M IF: 32枚(全一重化), 32組(全二重化) 2.4G IF: 8枚(全一重化), 8組(全二重化)
スイッチ処理能力	20Gbps(ノンブロッキング)
トラフィック管理機能	2クラス, VPごとに優先/非優先を設定可能
OAM機能	警報転送, 伝送品質測定, ループバック, 導通特性試験
インタフェース切換え方式	1+1MS切換え方式(二重化時)
VP切換え方式	1:1VP切換え機能を具備
寸法	(高さ)1,800×(幅)795×(奥行き)600(mm)

表 2. 光インタフェース仕様

インタフェース	150M IF				600M IF			2.4G IF		
インタフェース速度	155.520Mbps				622.080Mbps			2.488Gbps		
インタフェース種別	IN	L1	L2	L3	IN	L1	L2	IN	L1	L2
伝送路符号	スクランブル2値 NRZ(Non Return to Zero)									
波長(μm)	1.31		1.55	1.31	1.31		1.55	1.31		1.55
伝送距離(m)	400	40k	80k	80k	2k	40k	80k	2k	40k	80k
送信電力(dBm)	-17~-11	-5~0		+1~+7	-15~-8	-3~+2		-10~-3	+3~+9	+2~+8
最大受光電力(dBm)	-8以上	-10以上		-29以上	-8以上			-3以上	-11以上	-12以上
最小受光電力(dBm)	-23以下	-34以下		-41以下	-23以下	-28以下		-18以下	-26以下	-27以下

らなる多重分離部と、スイッチ部で構成される。多重分離部はインタフェース部からの150Mbpsのセル流を受信し、このセル流を600Mbpsのセル流に変換(又はその逆変換)し、VRTに基づきVPI値変換を行う。スイッチ部はVPI値に基づきセルをルーティングする。セルスイッチング部の主な特長は、①20Gbpsノンブロッキングスイッチの採用、②経済的な高速ユニット間伝送の実現、③高優先サービスと低優先サービスの2クラスの提供が可能であり、VPごとに高優先サービスの収容比率を設定可能、④高優先クラスのセルは低優先クラスのトラフィックにかかわらずスループットを保証などである。なお8組の多重分離部とスイッチ部間は、新規開発した高速伝送用LSIの適用により、ACバスケーブルによる低廉なインタフェースを実現した。

3.3 VP-OAM機能

伝送路故障、装置故障発生時の迅速な復旧処置を行えるよう、インタフェース部にVP-OAM機能を搭載している。VP-OAM機能部は、①警報転送機能、②伝送品質監視機能、③ループバック試験機能、④導通特性試験機能、⑤VP切換えのトリガとなるVP-ALMセル、VP切換え実行するためのVP-APSセルの生成、受信処理機能を持っている。

3.4 クロック部

クロック部はクロック受信部とクロック分配部を高さ150mmの基板で実現し、クロック受信部はユニット1に、クロック分配部は各ユニットに配する構成とした。主な特長は、①クロック受信部とクロック分配部は独立に冗長構成可能、②クロック分配部はユニットごとに独立に冗長構成可能、③クロック受信部の冗長切換えは無瞬断切換えが可能等である。

3.5 監視制御機能(NE-OpSインタフェース機能)

監視制御機能は、ATMメガリンクサービスにも使用されているNTTで開発したインタフェースを適用し、装置及びNE-OpS間での制御を実現した。このインタフェースは、監視制御対象となる個々の機能やハードウェアを仮想的なオブジェクトとしてモデル化し、NE-OpSから各オブジェクトに対して①属性値の設定/読み出し操作、②動作命令の形で各種監視制御操作を実行し、また、③装置

側の状態変化や警報・性能情報等はオブジェクト単位にNE-OpSに送出するものである。このように統一的形式で表されたオブジェクトにより、監視制御対象となる機能やハードウェアのメーカー間差異の隠ぺい(蔽)が可能となる。

監視制御機能部は、装置全体の監視制御機能を持つ装置監視制御機能と、各ユニットごとの監視制御機能を持つユニット内監視制御機能によって階層構造とすることにより、処理の高速化を図った。

4. む す び

当社ではATMバックボーンネットワークを構成するATMクロスコネクシステム(ATM-XC)をNTTの指導の下で開発し導入した。今後、今回の開発で得た種々の技術をベースに、経済化、大容量化、小型・低消費電力化を更に推進するとともに、ATM-XCを標準プロダクトと位置付け、更なる事業拡大を図る計画である。

最後に、この装置開発に当たりご指導賜ったNTTの関係各位に謝意を表する。

参 考 文 献

- (1) 秋野吉郎, 白川英俊, 井上友二: ATMバックボーンネットワーク用システムの開発, NTT R&D, 48, No. 5, 426~430 (1999)
- (2) 坪井利憲, 吉田龍彦, 太田 宏, 岩瀬亮一, 足達裕: ATMクロスコネクシステム(モデルB)の開発, NTT R&D, 48, No. 5, 439~445 (1999)
- (3) 上田広之, 土田 充, 鈴木孝昌, 高井伸之, 福田康宏: ATMアクセスシステム, 三菱電機技報, 74, No. 8, 522~526 (2000)
- (4) 土田 充, 鈴木孝昌, 上田広之, 木田等理, 矢野雅嗣: ATM加入者線伝送システム, 三菱電機技報, 71, No. 2, 172~175 (1997)
- (5) 小泉直子, 小口和海, 工野勝彦, 小浜茂樹, 小崎成治: ATM通信用LSI, 三菱電機技報, 74, No. 8, 535~538 (2000)

ATMアクセスシステム

上田広之* 高井伸之***
 土田 充** 福田康宏+
 鈴木孝昌**

要旨

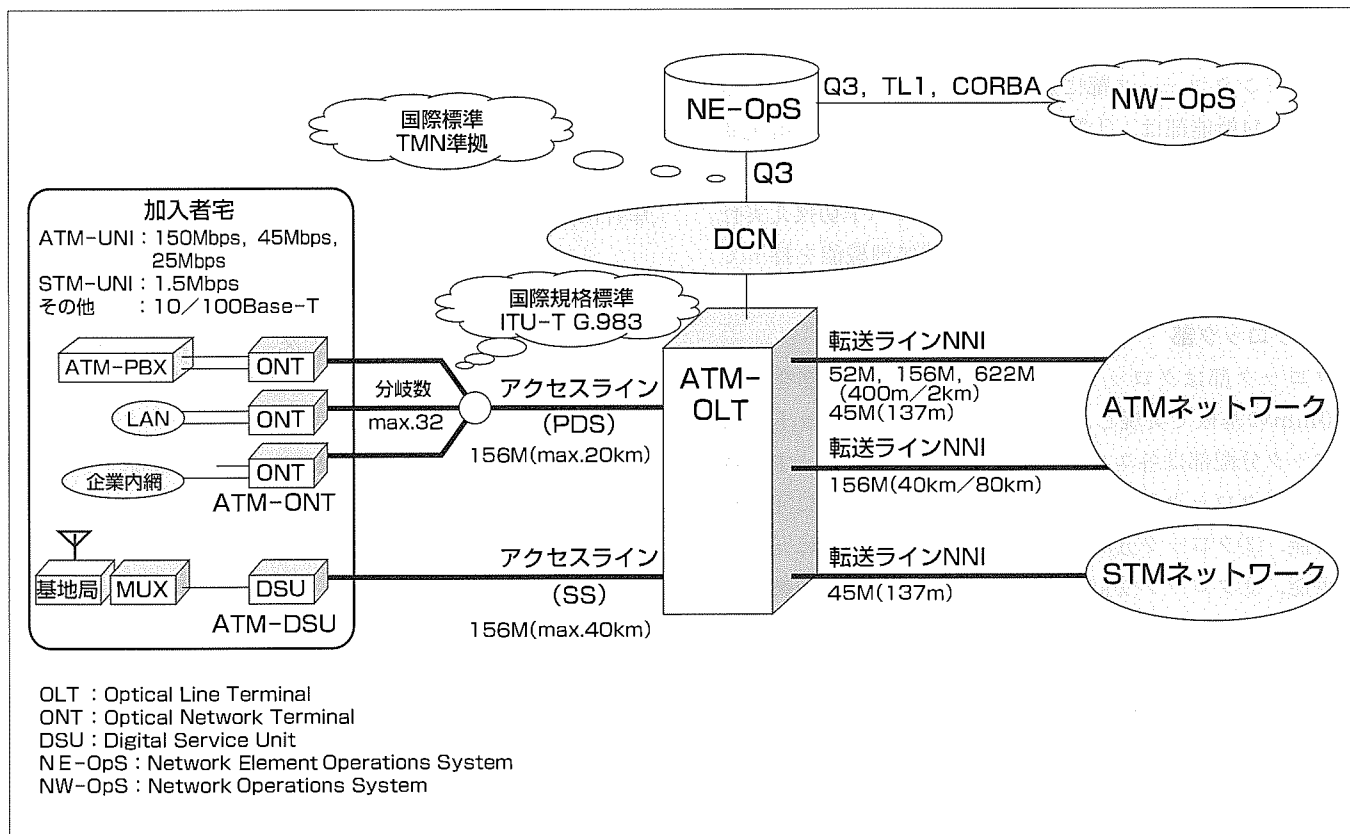
ATM(Asynchronous Transfer Mode)アクセスシステムは、サービス速度や品質などのユーザーニーズにこたえながら加入者を効率良くATM網に収容するための光アクセスシステムである。このシステムの各インタフェースはITU-TやFSAN等の国際標準に準拠し、システムのグローバルな展開が可能な様を開発している。

このシステムは、局舎に設置されるATM-OLT(Optical Line Terminal)、加入者宅に設置されるATM-ONT(Optical Network Terminal)、これらを管理するNE-OpS

(Network Element Operations System)で構成される。

ATM-OLTとATM-ONT間を接続するアクセスラインにはATM-PDS(Passive Double Star)方式を適用することで、効率的かつ経済的な加入者収容を可能としている。また、NE-OpSと装置間はTMN Q3準拠の監視制御インタフェースを提供している。さらに、各種ユーザー・網インタフェースをサポートし、高度なQoS(Quality of Service)制御によって加入者のニーズに合ったサービスが提供可能である。

特集
II



ATMアクセスシステムの構成

ATMアクセスシステムの構成例を示す。ATM-OLT、ATM-ONT、NE-OpSの開発を行っている。また、海外キャリア等に対応したサービス収容、ネットワーク管理の整合のため、STM系サービスの収容や各種NW-OpSへの接続を可能としている。

1. ま え が き

インターネットの各家庭への普及、携帯電話・携帯情報端末によるモバイル通信需要の拡大に伴い、データ、画像、音声等の情報を高品質かつ低価格で提供できるシステムが望まれている。これに伴い、近年、データ通信を中心にアクセス方式(ユーザーを収容する方式)が多様化しており、既存の電話回線に加えて無線アクセス、CATV網など様々な形態が適用されつつある。光アクセスもこのような方式の一つであり、ATM光アクセスは高速・広帯域の伝送と各種QoSを提供できることが特長である。

ATMアクセスシステムは、低価格でサービスを提供するために加入者ごとの機能の経済化が重要な課題である。その手段の一つとして、国際標準(ITU-T/FSAN)に準拠したATM-PDS技術⁽¹⁾を採用する。ATM-PDS技術を用いることで最大32の加入者を一つのインタフェースに収容でき、1加入者当たりの装置コストを大幅に削減できる。また、このシステムは、データ・画像・音声を各々の要求品質に従って転送できるよう、高度な優先制御機能を実現する。

ATMアクセスシステムは、要旨の構成に示すように、局舎に設置され複数の加入者を収容してATMネットワークに接続するATM-OLT、企業等の加入者宅に設置されユーザー・網インタフェースを提供するATM-ONT、

ATM-OLTとATM-ONTの監視制御を行うNE-OpSで構成される⁽²⁾。

本稿では、ATMアクセスシステム各装置の構成と監視制御技術について述べる。

2. ATM-OLTの構成

2.1 全体構成

ATM-OLTは、加入者宅と接続されるアクセスラインとネットワーク内で他の装置と接続される転送ラインを収容し、VP(Virtual Path)又はVC(Virtual Channel)単位でセルをスイッチングする機能を持っている。

図1にATM-OLTの構成を示す。ATM-OLTは、インタフェース部、ATMスイッチ部、監視制御部及びクロック部で構成される。アクセスラインインタフェースを除く各部は、すべて二重化によって信頼性を高めている。

2.1.1 インタフェース部

インタフェース部には、アクセスライン用、転送ライン用に各種インタフェースが搭載できる。装置内部インタフェースの統一によって各インタフェースは任意のスロットに収容可能であり、さらに転送ラインは一重化/二重化の設定が可能であるため、運用に合わせて効率的かつ柔軟な収容が可能である。

アクセスラインインタフェースは、電気/光変換(E/O)、TCレイヤ(Transmission Convergence Sublayer)終端、

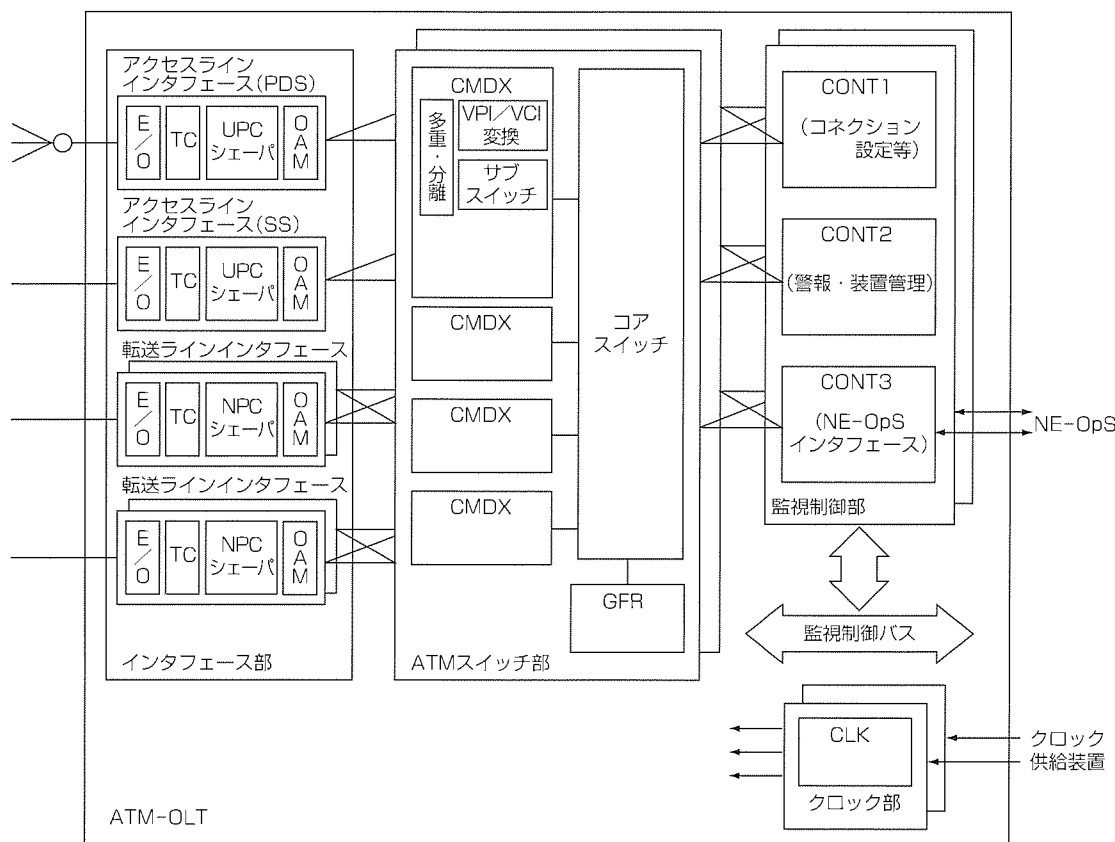


図1. ATM-OLTの構成

ユーザーからの受信セル帯域をVP又はVC単位に監視・規制するUPC (Usage Parameter Control), ユーザーセルのCDV(Cell Delay Variation)を削減するシェーパ, 及びVP又はVC単位で警報転送や回線品質の監視等を行うVP/VC-OAM (Operation, Administration and Maintenance)の機能を持っている。

転送ラインインタフェースは, E/O, TC, VP/VC-OAM機能のほか, NPC機能と1+1構成の伝送路切換え機能を持っている。

2.1.2 ATMスイッチ部

ATMスイッチ部は, 四つのCMDX(Cell MUX DEMUX)とコアスイッチ⁽³⁾及びGFRで構成する。一つのCMDXは150Mbpsインタフェースを八つ収容できる。

CMDXは, 各インタフェースからの150Mbps信号の多重化機能, VPI/VCI変換機能を持っている。また, コアスイッチからの多重化セル流を各インタフェースへ振り分ける機能と優先制御機能を持つサブスイッチを搭載する。サブスイッチは, 1インタフェース当たり4クラスの優先制御が可能である。また, 4VPグループに対して, セルのシェーピングを行うことができる。

コアスイッチは, 出力すべきCMDX単位にセルのスイッチングを行うATMスイッチである。スイッチ内部で2クラスの優先制御が可能である。

GFR(Guarantied Frame Rate)は, IPフレームを認識してEPD(Early Packet Discard)やPPD(Partial Packet Discard)を行い, IPフレームレベルの最低帯域を保証する。

次に主信号の流れを説明する。CMDXは, 各インタフェースから受信した150Mbpsのセル流を600Mbpsに多重化し, VPI/VCI変換を行ってコアスイッチに出力する。コアスイッチは, 出力すべきCMDXに対してセルをスイッチングする。このセル流は出力先CMDXのサブスイッチ⁽⁴⁾に入力され, ここで各インタフェースに対するスイッチングを行うとともに優先制御を行う。サブスイッチからの2系統の600Mbpsセル流を8系統の150Mbpsセル流に分離して各インタフェースに出力する。

2.1.3 監視制御部

監視制御部は, CONT1, CONT2, CONT3で構成する。CONT1は, コネクションの設定やUPC/NPC, シェーパの設定等を行う。CONT2は, 警報管理と装置管理を行う。CONT3は, NE-OpSとのインタフェース機能を持っている。装置内の各部とは監視制御バスを経由してメッセージ転送を行う。

CONT1, CONT2, CONT3は, AAL5(ATM Adaptation Layer 5)のセル化/デセル化機能を持ち, ATMスイッチ部にセルを入出力できる。CONT1はATM交換機からのシグナリングセルを処理するために, CONT2はONUの制御をセルで行うために, CONT3は遠隔からATMインテ

チャネルでNE-OpSとメッセージ転送を行うためにこれを使用する。

2.1.4 クロック部

クロック部を構成するCLKは, 外部から又は伝送路から抽出した基準クロックに同期した装置内基準信号を生成し, 各部に分配する。

2.1.5 主要諸元と装置外観

開発したATM-OLTの装置外観を図2に, 主要諸元を表1に示す。インタフェース部はユニットを上下2段に区切ってパッケージを実装できるようにしている。ATM-OLTは1ユニットで1システムが構成され, 1架に最大4システム実装できる。またアクセスラインと転送ラインを合わせて1システム当たり最大32回線収容できる。

3. ATM-ONTの構成

ATM-ONTは, 加入者宅内に設置され, ATM-PDSを終端するとともに, 加入者に網と接続するためのユーザー・網インタフェースを提供する。図3にATM-ONTの構成を示す。また, 表1に主要諸元を示す。ATM-ONTは, PDS終端部と監視制御部及び2枚のラインカードで構成される。PDS終端部は, ATM-OLTと接続されPDSレイヤを終端する。ラインカードは, ユーザー・網インタフェースを提供する。ラインカードとPDS終端部はUTOPIAレベル1で接続している。監視制御部は, PDS終端部とラインカードの監視制御を行う。

ラインカードはONU本体に挿抜できる構造にしており, 提供サービスに合わせて交換可能である。ラインカードにはATMベアラサービス用に150Mbps, 45Mbps, 25Mbpsの3種類がある。また, 既存のSTM系サービスを受容するために, AAL1機能を内蔵した1.5Mbpsのサーキットエ

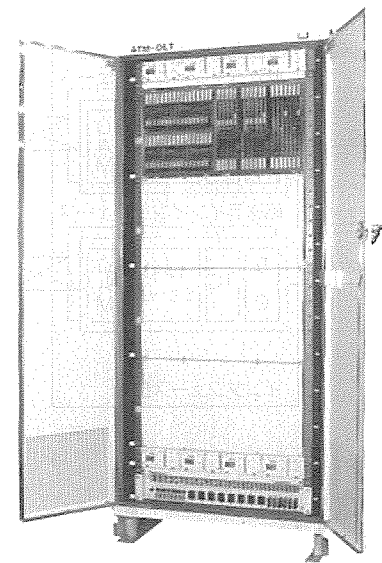


図2. ATM-OLT装置外観

表1. ATM-OLT/ONTの主要諸元

項目	内容		
	ATM-OLT		ATM-ONT
インタフェース	転送ライン(NND)	アクセスライン	UNI
	ATM: 45M/50M/150M/600M STM: チャネライズド45M	PDS: 150M SS: 150M	ATM: 25M/45M/150M LAN: 10/100Base-T STM: 1.5M(CES)
収容I/F数	1ユニット当たり32枚(スロットフリーで混載可能)		1台当たり2枚
セルスイッチ規模	20Gbps		
OAM機能	警報転送/伝送品質測定/ループバック/ コンティニューイティチェック/導通特性試験		警報転送/ループバック
トラフィック制御機能	CBR, UBR, GFRなどをサポート ● インタフェースごとに4クラスの優先制御 ● 4 VPグループのシェーピング機能		高優先/低優先
OpSインタフェース	TMN準拠(Q3インタフェース) ATMインチャネル		ATMインチャネル
ハンドリング単位	VC, VP		
冗長構成	転送ライン二重化: セクション切換え, VP切換え 共通部二重化: 監視制御, クロック, セルスイッチング		—

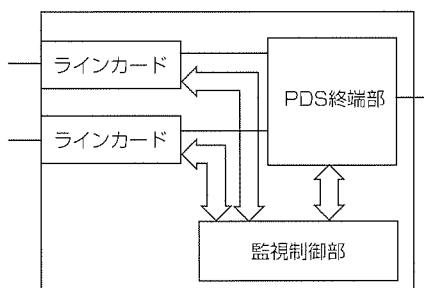


図3. ATM-ONTの構成

ミュレーションラインカード, AAL5機能を内蔵した10/100Base-Tラインカードなども提供可能である。

4. 監視制御システムの構成・機能

4.1 監視制御システム構成

ATMアクセスシステムでは、網構成機器(Network Element: NE)を効率良く監視・制御するためのオペレーションシステム(NE-OpS)を提供する。図4に監視制御システム構成を示す。NE-OpSは、国際標準TMN (Telecommunications Management Network) Q3インタフェース準拠のCMIPプロトコルによってNEの監視・制御を行う。また、網運営者が保有する上位オペレーションシステム(NE-OpS)に対してもQ3インタフェースを提供する。NW-OpSインタフェースには、北米市場向けのTL1 (Transaction Language 1)プロトコルや将来的に発展が期待されるCORBA (Common Object Request Broker Architecture)の適用も可能である。

NE-OpSは、NEやNW-OpSとの通信処理、データの管

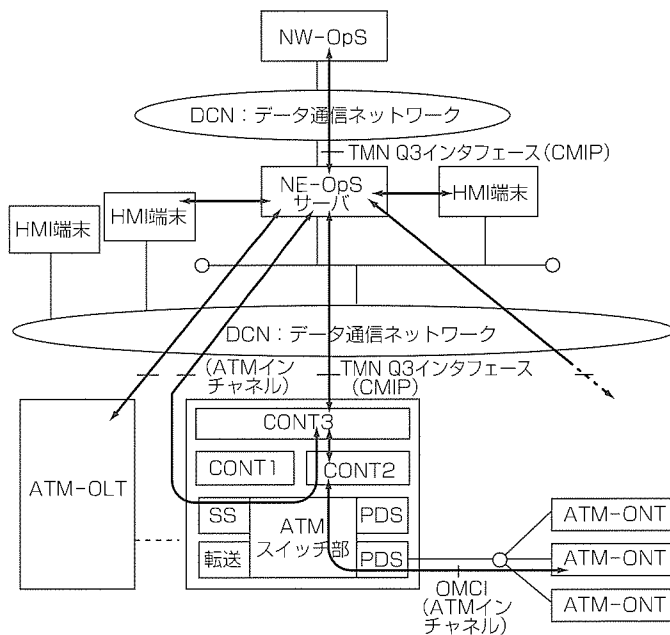


図4. 監視制御システム構成

理・検索処理等の機能を担うNE-OpSサーバと、オペレータに対しGUIインタフェースを提供するHMI端末からなる。NE-OpSサーバは、二重化が可能である。HMI端末は、NE-OpSサーバ1セットに対し複数台の接続が可能であり、NE-OpSサーバと同一のLAN上及び遠隔にも設置可能である。各種遠隔通信のためのDCNとしては既存の専用線やISDN等が使用可能であるが、NEとNE-OpSサーバ間のDCNとしては、このシステム自身が提供するATM回線の一部の帯域を用いることもできる(ATMインチャネル)。DCN上の通信は下位層にTCP/IPを用いており、ATM-OLT内及びDCN内のルータ機能により、障

害時のう(迂)回制御(DCN二重化)が可能である。

ATM-ONTの監視制御は、やはり国際標準OMCI (ONT/NT Management and Control Interface)仕様標準拠のATMインチャネル通信を介して行われる。NE-OpSは、ATM-OLTとの間で、ATM-ONTに関する監視制御メッセージを送受することにより、ATM-ONTに対する操作を行う。

4.2 監視制御システム機能

上記の構成により、網運用者(オペレータ)は、ネットワークオペレーションセンターから、ATMアクセスシステムを構成するATM-OLT及びATM-ONTに対してパス設定や試験実行等の遠隔制御、警報監視や性能情報収集等の監視を行うことができる。表2にNE-OpSの提供する機能項目を示す。

5. むすび

以上、開発中のATMアクセスシステムの技術構成を述べた。このシステムによって効率的かつ経済的な高速アクセスを提供できるよう開発を進める所存である。

参考文献

- (1) ITU-T Rec.G983.1 : High Speed Optical Access Systems based on Passive Optical Network (PON) Techniques (1998)
- (2) 上田裕巳, 前川英二 : ATM加入者収容システム(モデルC)の開発, NTT R&D, **48**, No.5 (1999)
- (3) 佐々木康仁, 山中秀昭, 近藤晴房, 齊藤康孝, 都築宗徳, 小浜茂樹, 山田浩利, 松田吉雄, 大島一能 : 0.5 μ m CMOS技術による共通バッファ型ATMスイッチのLSI構成, 信学技報, SSE95-76 (1995)

表2. NE-OpS機能項目

機能区分	機能項目
登録・削除	(1) 装置登録・削除 (2) パッケージ登録・削除 (3) ATM終端点・コネクション(VP/VC)生成・削除
切換え制御	(1) セクション切換え制御 (2) VP切換え制御 (3) 装置二重化部(監視制御部, クロック部, スイッチ部)切換え
状態監視・検索	(1) パッケージ実装状態監視 (2) パッケージ運用状態監視 (3) ATMコネクション検索・状態監視 (4) 切換え状態監視・読み出し
警報監視	(1) 装置警報通知表示, 警報状態表示・検索 (2) 通信警報通知表示, 警報状態表示・検索
動作パラメータ設定	(1) トラヒック制御パラメータ設定 (2) その他動作パラメータ設定
試験制御	(1) 導通特性試験制御・結果表示 (2) 伝送品質試験制御・結果表示 (3) ATMループバック試験制御・結果表示
性能監視	(1) 性能情報収集, 検索・表示
履歴情報管理	(1) 警報ログ収集, 検索・表示 (2) 通知ログ収集, 検索・表示 (3) 操作ログ収集, 検索・表示
システム管理	(1) 時刻設定 (2) ソフトウェアダウンロード (3) 遠隔リセット (4) バックアップデータベース保持・転送 (5) NE-OpSサーバ二重化切換え (6) DCN状態監視

- (4) 山田浩利, 大久保啓示, 小林信之, 鈴木孝昌, 村上圭司 : 高機能ATMスイッチLSIの開発, 2000年電子情報通信学会総合大会, B-6-23 (2000)

次世代IPネットワーク“IP over ATM”

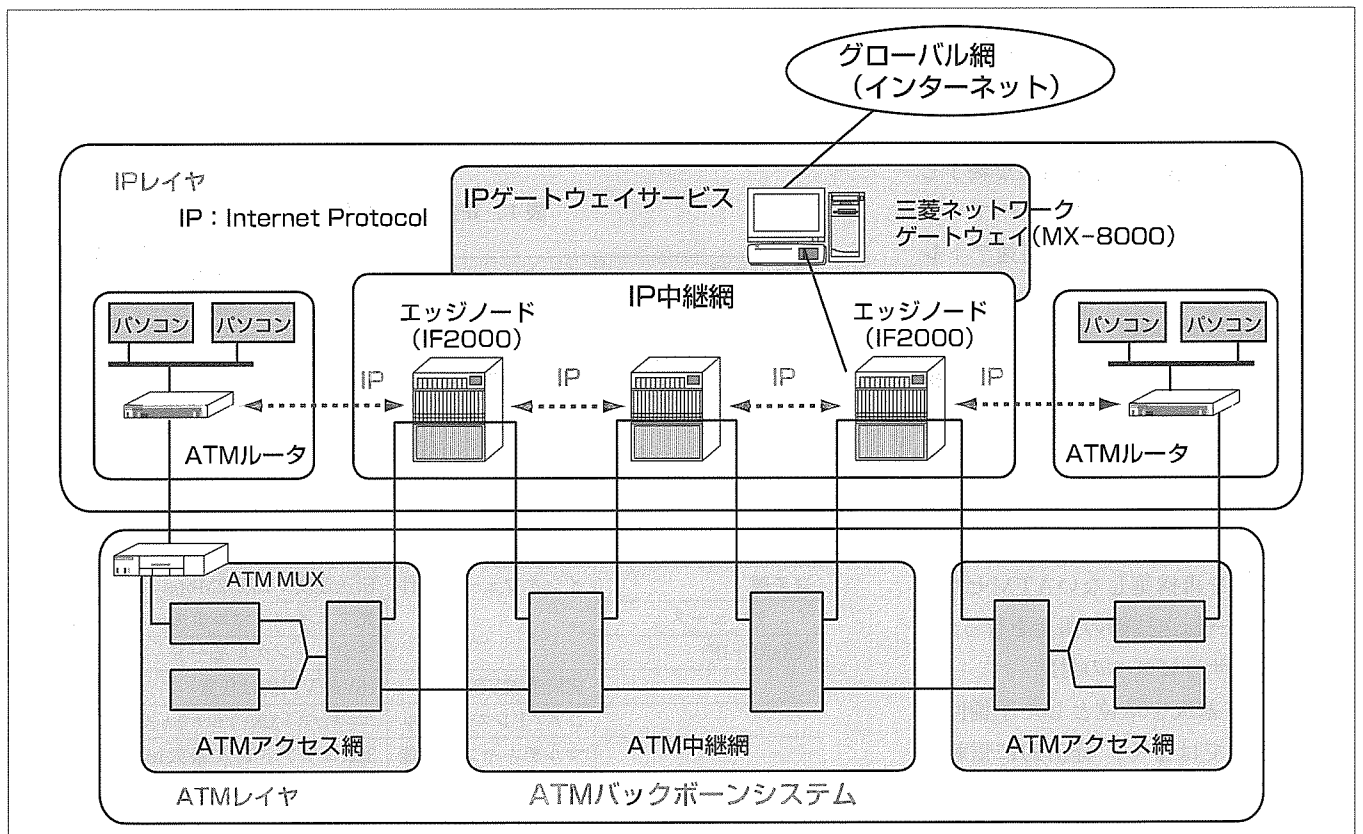
妹尾尚一郎* 市橋立機*
 松本 康** 枝廣圭一***
 東方敦司*

要 旨

近年、データ通信トラフィックのIP化が加速しており、NTT等のキャリアも、高度なIPサービスの提供を目的とした投資を行っている。そのようなIPサービス対応として、ATM(Asynchronous Transfer Mode)ベースのIPネットワーク機器の開発を行った。ラインアップとしては、バックボーンネットワーク内に位置しキャリアの提供するCUG(Closed User Group)サービスを実現するための機能(IP高速転送、セキュリティ)を具備した装置として、“エッジノード：IF2000”“三菱ネットワークゲートウェイ：MX-8000”を提供する。IF2000は、アクセス網とコア網を接続する役割を持つエッジノードであり、ハードウェアベースの高速転送能力、暗号装置なしでセキュリティの高いCUGサービスの提供を特長とする。

MX-8000は、CUG相互間、CUG～インターネット間の接続を目的としたゲートウェイ装置であり、NAT等の各種アドレス変換方式のサポート、最大256CUG、13万以上のIPフローを処理可能な高速性を特長とする。また、アクセスネットワークに位置しCUGサービスに接続するユーザーを収容する装置として、ユーザーの多様な通信品質要求にこたえるための高度なQoS機能を持った“ATM MUX”“ATMルータ”を提供する。

ATM MUXは、シェーピング機能、低速ATM回線収容を特長とするATM多重化装置である。また、ATMルータは、ユーザーLANをATM専用サービスに接続する装置であり、帯域保証等の高度なQoSサービス機能も具備する。



IP over ATMネットワークシステムの構成

図は、次世代IPネットワークシステム“IP over ATM”のネットワーク構成図を示す。下位レイヤにATMバックボーンネットワークが構築され、その上位レイヤの装置として、アクセスネットワーク側のATMルータからIP中継網のエッジノード、さらにIPゲートウェイサービスを提供するネットワークゲートウェイ装置が配置される。

1. ま え が き

近年、データ通信トラヒックのIP化が加速しており、NTT等のキャリアも高度なIPサービスの提供を目的とした投資を行っている。そのようなIPサービス対応として、ATMベースのIPネットワーク機器の開発を行った。ラインアップとしては、バックボーンネットワーク内に位置しキャリアの提供するCUGサービスを実現するための機能(IP高速転送、セキュリティ)を具備した装置として“エッジノード：IF2000”“三菱ネットワークゲートウェイ：MX-8000”を提供する。また、アクセスネットワークに位置しCUGサービスに接続するユーザーを収容する装置として、ユーザーの多様な通信品質要求にこたえるための高度なQoS機能を持った“ATM MUX”“ATMルータ”を提供する。

2. エッジノード (IF2000)

2.1 概 要

IF2000は、ATMネットワーク上でIPパケットの高速転送を行うことを目的とし、アクセス網とバックボーン網(コア網)を接続する役割を担うエッジノードである。

2.2 開発技術

通信インフラとしての次世代IPネットワークを支えるノード装置には高速転送能力、高機能サービスへの対応が求められる。IF2000では以下の技術開発を行った。

(1) 高速転送能力

1セル時間内にアドレス検索を終了し短パケットに対しても高スループットを実現するハードベースの高速アドレス検索エンジンを開発した。このアドレス検索エンジンは、①IPアドレス検索に特有の包含関係を考慮した2分探索手法、②2分探索の大小比較時に次の候補を準備しておく並列処理手順という特長を持っている。

また、装置内での低遅延を実現するIPパケットを再構築しないATMセルのカットスルー転送技術の開発を行った。

(2) 高機能サービスへの対応

従来のIF基板を単位とした予備回線への切換えではなく、経済的に信頼性を提供するためのパスレベルで予備回線に切り換えるコア網切換え機能を備えている。

加入者収容VCと帰属CUGを対応付け、暗号装置などを用いずセキュリティの高いCUGサービスを実現するCUG構成

技術と、ベストエフォートだけでなく適切な通信品質の提供を可能とする3クラスのIPレベル優先制御技術の開発を行った。

図1にIF2000の構成を示す。また表1にIF2000の主要諸元を示す。IF2000では、CORE-IFからCORE-IFへの転送を可能にすることによってエッジノードとしてのみならずコアノードとしても動作する装置アーキテクチャを採用している。

3. 三菱ネットワークゲートウェイ (MX-8000)

3.1 概 要

前章で述べたように、エッジノード(IF-2000)は高速IP転送サービスとともに閉域接続(CUG)サービスを提供す

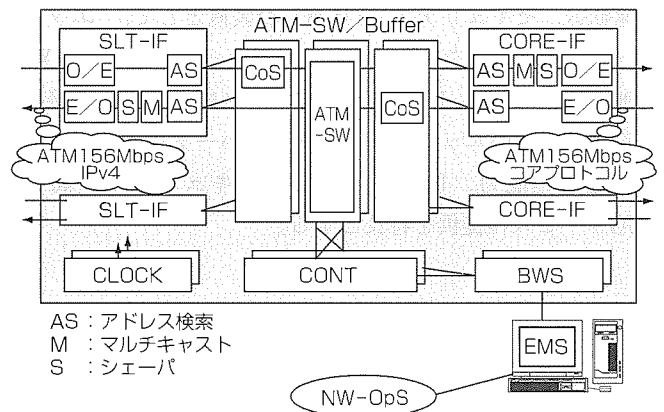


図1. IF2000の構成

表1. IF2000の主要諸元

(※は2000/10子定)

アクセス網	インタフェース条件	伝送速度：155.52Mbps
インタフェース (SLT-IF)		光ファイバ：マルチモード
		予定：シングルモード
	同時接続VC数	4Kコネクション
	IPアドレステーブル	IP-グローバル64K+IP-CUG64Kエントリー
	マルチキャスト機能	4Kコネクションサポート 最大256コピー
	シェーピング機能	64VCグループシェーピング ※1024VCグループ
	CUG数	128 ※1024
コア網	インタフェース条件	伝送速度：155.52Mbps
インタフェース (CORE-IF)		光ファイバ：マルチモード
		予定：シングルモード
	同時接続VP数	16VP (VPI値は任意)
	コアアドレステーブル	ユニキャスト32K+マルチキャスト32Kエントリー
	マルチキャスト機能	32Kコアアドレス 最大16コピー
	シェーピング機能	16VPシェーピング
セル転送部 (ATM-SW/Buf)	ATMスイッチ容量	5Gbps (155.56Mbps 32×32) 3優先クラス
監視制御	統計情報	通過パケット数、廃棄パケット数等
装置管理	冗長構成	セル転送部、監視制御部など冗長可
きょう(筐)体		19型ラック搭載可能タイプ AC100V供給
カード構成		IF最大16枚(アクセス網カード・コア網カード組合せ自由)

ることができる。CUGサービスの目的は、ユーザーがアドレス運用なども含めてあたかも自分専用のネットワークであるかのように運用できるネットワークを提供することである。この装置は、CUGとインターネット間や、複数のCUG相互間の接続を目的としたネットワークアドレス変換(NAT)機能を持つゲートウェイ装置である。この装置により、インターネットと高速接続可能なイントラネットや、複数の企業を相互接続するエクストラネットを構成することができる。

3.2 仕様と特長

この装置はエッジノード(IF-2000)などCUGを構成可能なルータに接続して用いる(図2)。この装置はプライベート↔グローバルのアドレス変換機能を持つが、異CUG間についても、プライベート(CUG#A)→グローバル、グローバル→プライベート(CUG#B)の変換によって相互接続を行うことができる。

装置の仕様と特長を以下に示す。

- (1) 各種のアドレス変換方式を搭載
 - Bi-directional NAT, Basic NAT, NAPT
 - CUGごとに任意の複数の変換方式を適用可能
- (2) 最大256のCUGに対応
 - CUGごとに独立した運用制御が可能
- (3) 13万以上のIPフローを処理
 - 大規模ユーザーに適用可能な最大13万のアドレス変換テーブルエントリを実装
 - CUGごとにエントリ割当ての上限の設定が可能
- (4) CUGごとにパケットフィルタリング条件を設定可能
 - IPアドレス、ポート番号、コネクション開設方向などきめ細かな設定が可能
- (5) 高速処理を実現
 - ソフトウェア/ハードウェア連携によるカットスルー処理により、高機能と高速処理を同時に実現
 - パケット転送処理性能 最大120Mbps
- (6) 運用管理機能を含めた小型化
 - パソコン(サーバ機)をプラットフォームに用い、本体のみで運用可能なオールインワンを実現

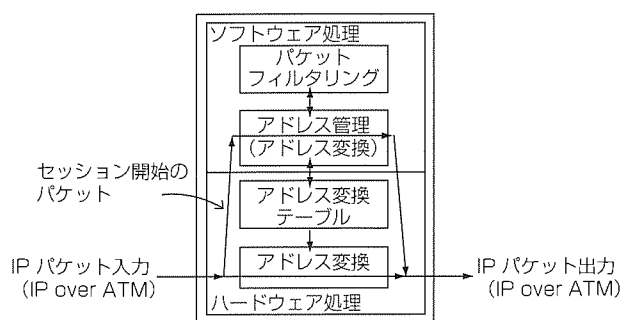


図2. ネットワークゲートウェイの適用

3.3 高速アドレス変換処理技術

アドレス変換は、IPフローの識別、フィルタ条件による判定、変換アドレス/ポート番号の割当て、割当てアドレス/ポート番号への変換(置き換え)などの処理を行う。これらの処理をCUG対応に高速で行うために、図3に示すカットスルーによるアドレス変換処理方式を開発した。

この方式は、新規フローにかかわるパケットの判定をハードウェアで行い、新規フローであればソフトウェアによってフィルタ条件の判定と変換アドレスの割当てを行った後、割当てアドレスをハードウェアの変換テーブルに設定し、次パケットからハードウェアで変換処理を行うものである。以下の特長を持っている。

- アドレス変換テーブルはパトリシアトライによるマルチウェイツリー構成
- IPフローの生成/消滅によってソフトウェアから動的に内容更新
- 検索情報は、CUG番号、プロトコル種別(TCP/UDP)、IPアドレス、ポート番号など計106ビット
- ハードウェア検索によって2.7us以内で検索
- パイプライン処理を行うアドレス変換処理とともに、総合的に120Mbpsの性能を実現

4. ATM MUX

4.1 概要

ATM多重化装置MX-7330(図4)をプラットフォームとしIP over ATMトラフィックの帯域制御と優先クラス制御が可能なアクセスノードを開発した。

4.2 制御技術

ATMルータにより、VC/チャンネルにマッピングされた

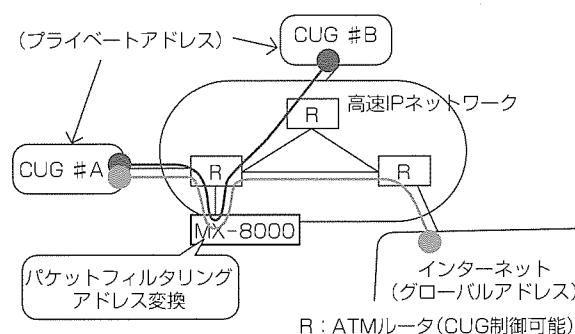


図3. カットスルーによるアドレス変換処理

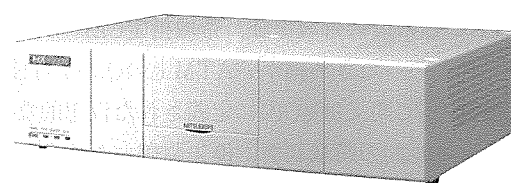


図4. MX-7330の外観

IPフローをATMネットワークに転送する際に、以下の制御を実施する。

(1) QoSクラスによる優先制御

四つのQoSクラスをサポートし、QoS単位での優先制御を行う。

(2) 帯域制御

入力されたIPフローをATMネットワークへ出力する際に、VP単位でのシェーピング、VC単位でのシェーピング、及びQoSクラス単位でのシェーピングなどが可能である。

(3) タギング制御

入力されたIPパケット単位でCLPビットのタギング処理を実行する。

また、パケット入力時に、内部バッファの使用状況に応じて、EPD/PPDによるIPパケット単位での廃棄処理を実行する。

表2に主要諸元を示す。

表2. 主要諸元

項目	仕様
收容回線数	BRI×6/PRI×2 OC3×2
コネクション数	500コネクション
シェーピング対象	VC, VCグループ, VP
シェーピング単位	8kbps~384kbps: 8kbps単位 ~1.5Mbps: 64kbps単位 ~10Mbps: 0.1Mbps単位 10Mbps~: 5Mbps単位(別途規定)
QoSクラス	4クラス
CLPタギング EPD/PPD	コネクション単位にON/OFF指定



図5. RUMBO MR25の外観

5. ATMルータ

5.1 概要

ATMルータは、NTTなどが提供するATM専用サービスと接続して第2種通信事業者ないし一般企業によるIPネットワーク(イントラネット, エクストラネット)の構築に用いられる。当社は、10Base-TとATMを接続する小型・低価格なATMルータ“RUMBO”シリーズを1999年1月から製品化している(図5)。

5.2 IP対応品質制御技術

VoIPなどネットワーク内の遅延や揺らぎに敏感なアプリケーションにおいては、ネットワークによるサービス品質(QoS)の確保が要求される。そこで、IPでの通信相手ないし上位プロトコルごとにパケットフローを識別しATMの特長を生かしたきめ細かいQoSを提供するIP対応品質制御技術を開発した。この技術によれば、パケットフローをATMのVC又はVCを分割したチャンネルに割り当て、帯域や優先度を設定できる。この結果、動画/音声などリアルタイム性を要求されるトラフィックの優先中継が可能になる。この技術は、デジタル専用線上のATMと10Base-Tを接続するATMルータRUMBO MR25に適用している。

以下にMR25Bにおけるこの技術及びATM技術の特長を示す。

- IPフローを識別しパケット単位にVC/チャンネルへマッピングするパケット中継制御を実現
- VCごとの最低帯域保証, 帯域指定CLP 0/1タギングといったきめ細かいATM上のQoSが可能
- 複数のVC間又はVC内に定義された仮想的な複数のチャンネル間の帯域制御, 優先制御, ふくそう(輻輳)時切換えを提供

- VC, VP, VCグループ単位のシェーピングをサポート

6. むすび

キャリアの提供する高度なIPサービスへの適用を目的としたIPネットワーク機器を開発した。これらの装置により、高度なセキュリティ機能を持ったCUGサービスの提供、多種多様なユーザーの要求する通信品質を持ったIP通信サービスが提供可能となる。

今後は、バックボーンネットワークの装置として、よりIP転送能力を向上するとともに、MPLSにも対応可能なIF3000, サポートCUG数の増大, 装置信頼性の向上を図った大規模ネットワークゲートウェイの開発を行う予定である。また、アクセスネットワーク装置としても、QoS機能の高度化・高速化を実現するQoSルータの実現を目指す予定である。

参考文献

- (1) 原 博之, 久々津直哉, 林 一博, 豊島 鑑, 市川弘幸, 伊東 匡, 前田洋一, 堤 俊介: 次世代コンピュータネットワークのアクセス系・エッジノード構成法, NTT R&D, 47, No.4, 425 (1998)
- (2) 永井浩一, 針生剛男, 田邊正雄, 安部哲也: 広域ネットワークキングサービスプラットフォームにおけるNAT機能, 1998年電子情報通信学会通信ソサイエティ大会, B-7-44 (1998)

ATMトラフィック制御技術

横谷哲也* 寺内弘典***
 山田浩利** 吉田俊和***
 大久保啓示***

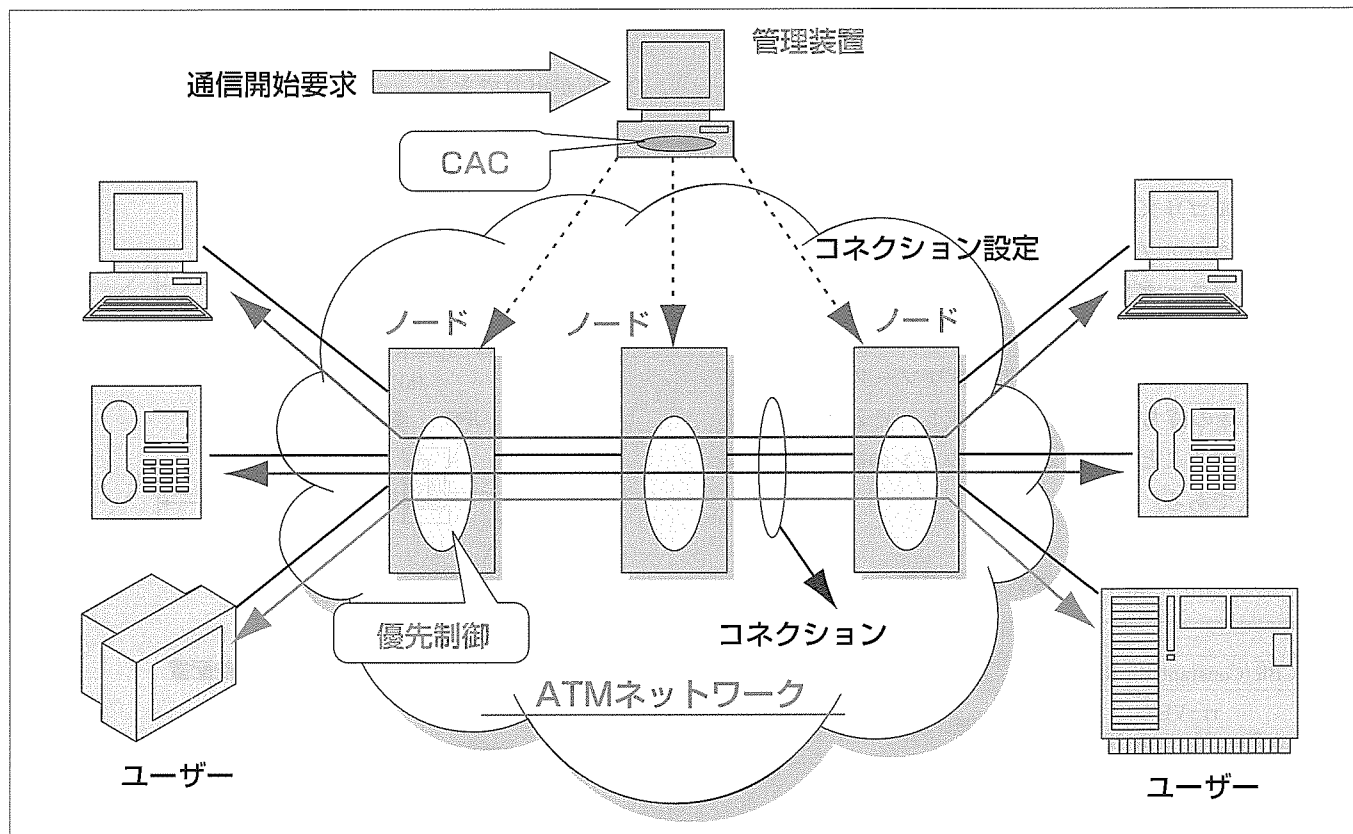
要旨

ATM(Asynchronous Transfer Mode)ネットワークでは、マルチメディア等ユーザーの要求品質が様々な情報を転送することができる。これらを実現する上で最も重要な技術の一つとして、トラフィック制御がある。ATMネットワークにおけるトラフィック制御は、ユーザーが申告するQoS(Quality of Service)をネットワークがリソースの効率的割当てを行いながら保証する機能である。一般に、トラフィック制御は、下記の二つの機能に大別できる。

- (1) CAC(Connection Admission Control)機能
 コネクション設定時にリソース割当てを行う。
- (2) 優先制御機能

セル転送時にコネクションに与えられる要求品質とセルの属性によって優先転送を行う。

本稿では、ATMネットワークにおけるQoSに関する規定について概説し、それらを保証するためのトラフィック制御の考え方を示す。さらに、ATM加入者収容装置におけるそれらの実現方式について述べる。特に、これらの中で、上記のCAC機能において処理時間の高速化を意識した単純なアルゴリズムについての提案を行う。また、優先制御機能においてハードウェアの実現容易性を考慮したキュー制御方式の提案とそのための制御LSIについて主に述べる。



ATMネットワークにおけるトラフィック制御の機能配置

図は、ATMネットワークにおけるCACと優先制御の機能配置について示す。固定的にコネクション設定を行うPVC(Permanent Virtual Channel)サービスでは、通信の開始要求が入力されると管理装置内のCACによってリソース割当てが行われ、その結果がネットワーク内の各ノードに通知される。各ノードでは、優先制御機能により、そこで与えられるコネクションの属性等によってリアルタイムでセルを優先転送する。

1. ま え が き

ATMネットワークでは、様々なQoS保証をするためトラフィック制御技術が重要な機能となる。

本稿では、ATMネットワークにおけるQoSに関する規定について概説し、それらを保証するためのトラフィック制御の考え方を示す。さらに、ATM加入者収容装置におけるそれらの実現方式について述べる。

2. ATMネットワークにおけるQoS規定

ATMネットワークにおけるQoSの規定は、ITU-T (I.356)及びATMフォーラム(TM4.0/4.1)において議論されている。現状では、両者の規定はおおむね対応がとられている。表1にATMフォーラムで規定されている主なQoSクラスの特徴について記述する。なお、詳細な規定及び適用される主なアプリケーションについては、参考文献(1)等を参照されたい。

3. QoS保証のための諸機能

図1にQoS保証を行うための機能配置について示す。

3.1 通信前の制御機能

ATMネットワークでは、CAC機能でコネクション設定前にユーザーの要求を満足できるリソースが確保できるかを判定する。その結果確保できると判断した場合、コネクション設定を行う。ここでのコネクション受付判定のアルゴリズムは標準化対象外であり、各システムの特長とすべく多くの研究(例えば、参考文献(2)等)がなされてきた。これらのアルゴリズムは、ノンパラメトリックとパラメトリックの二つのアプローチに大別できる。前者は、実際のトラフィックをモニタし、新規に設定するコネクションのためのリソースが空いているかを推定する方式である。一方、後者は、ユーザーの要求するリソースに基づいてM/D/1等の待ち行列モデルを作成し、その特性を数学的に解析することによってコネクションの設定可否を判定する方式である。

表1. QoSクラスの概要

	特 徴
CBR(Constant Bit Rate)	遅延, 廃棄, 揺らぎについて保証
rt-VBR (Real Time Variable Bit Rate)	遅延, 廃棄, 揺らぎについて保証
nrt-VBR (Non Real Time Variable Bit Rate)	廃棄について保証
GFR(Guaranteed Frame Rate)	最低転送レートを保証, パケットレベルの廃棄制御
ABR(Available Bit Rate)	最低転送レートを保証, セルレベルのフロー制御
UBR(Unspecified Bit Rate)	品質規定なし

3.2 通信中の制御機能

通信中の制御機能は、ユーザーにおけるシェーピング機能、ネットワークの入口でのUPC(Usage Parameter Control)、ノードにおけるセルの優先制御機能からなる。

(1) シェーピング機能とUPC

シェーピング機能は、ユーザーからの送出トラフィックを通信前に申告したパラメータどおりに送信するための制御機能である。一方、UPCは、ユーザーが申告したパラメータどおりに送信しているか否かを監視する機能である。この場合のアルゴリズムはGCRA(Generic Cell Rate Algorithm)と呼ばれ、ATMフォーラム及びITU-Tで規定されている。

(2) 優先制御機能

優先制御機能は、CACと同様に標準化対象外であるが、システムとして多様な品質を保証するために必要な機能として古くから研究されている。優先制御機能は、一般的には、図2に示すように、各出力インタフェースにコネクションごと又はQoSクラスごと等に複数のキューを設け、キュー間の制御を行うことによってキュー単位の優先制御を行う。制御方式は、ハードウェアによる高速処理が比較的容易なHOL(Head of the Line)やWRR(Weighted Round Robin)が適当な方式と考えられている。HOLは、遅延時間の観点から優先度を複数定義し、自優先クラスよりも上位の優先クラスに出力するセルがない場合に限り自クラスのセルが出力できる。一方、WRRは、最低保証帯域を規

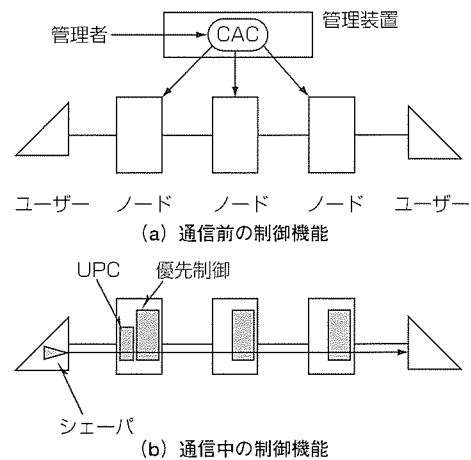


図1. QoS保証のための機能配置

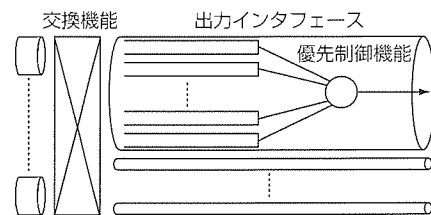


図2. 優先制御機能の位置付け

定できる方式であり、空き帯域を最低保証帯域に比例して各キューで使用することができる。

4. ATM加入者装置における実現

この章ではATM加入者装置におけるトラフィック制御機能の実現方式について述べる。ATM加入者装置は、図3に示すように、PDS技術⁽³⁾を用いて安価に多数の加入者を収容する。

以下に、主にOLTにおけるこれらのトラフィック制御技術の適用について述べる。

4.1 QoS保証の考え方

OLTでは、帯域の有効利用を考慮した多彩なQoSの提供とコスト面の両立を図るため、参考文献(4)に示されているようなQoSクラス別の優先制御を基本的に適用する。これにより、各コネクションに対する品質保証はコネクション設定期間内を通したトラフィックの挙動に基づいて行う(Long-term保証)方式となる。

4.2 優先制御方式

図4にこの装置で適用した優先制御方式を示す。この装置では、ATM交換を行うコアスイッチ部と優先制御及び低速インタフェースに分離するサブスイッチ部に分割する。コアスイッチでは、入線での高速(1.2Gbps)多重化効果と出線でのトラフィックの負荷を50%(2.4Gbps)にすることに

よってセル廃棄を極めて小さな値とすることができる。

これらについての数値例を図5に示す。図では比較のため他の多重化速度及び読み出し速度の場合についても示した。これによると、このシステムで適用した方式(1.2Gbps入力：2.4Gbps出力)は、数十セル程度のバッファで極めて低いセル廃棄率を達成が可能と言える。これにより、品質制御点をサブスイッチに集約することができる。また、サブスイッチでの優先制御は、図4に示すように、出力インタフェースごとにインタフェース内の帯域分割及び出力トラフィックの抑制を行うためにシェーパを具備する。また、各シェーパにQoSクラス別のキューを設け、遅延時間規定の厳しいクラス(当面はCBRクラスのみ)とそれ以外のクラスに分類する。これらの間の制御はHOLスケジューリングで行う。また、遅延時間規定を行わないクラス間(当面は、nrt-VBR, UBRクラスのみ)についてはWRRで各クラスの最低帯域を保証する。これにより、各コネクションについてもLong-termでの最低帯域の保証が可能となる。

4.3 サブスイッチの開発

4.2節で述べた優先制御方式をASIC LSI(高性能スイッチLSI)によって実現した。このLSIでは、LSI当たり155Mbpsを8インタフェース収容する。この場合、各インタフェース当たり最大4シェーパを動作させることができる。また、シェーパ当たり6キューを実装する。さらに、将来の高速化に備え、4インタフェースを束ねて622Mbpsのインタフェースとすることができる。また、図4に示した各キューに最大64kセル(合計で512kセル)バッファを設定することが可能である。図6に実装した外観を示す。

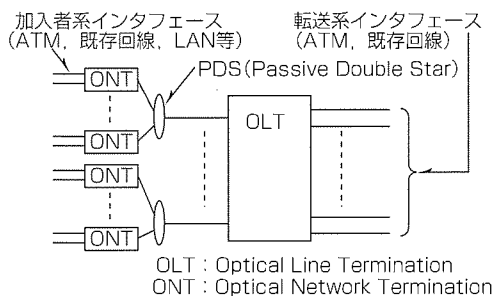


図3. ATM加入者装置の構成

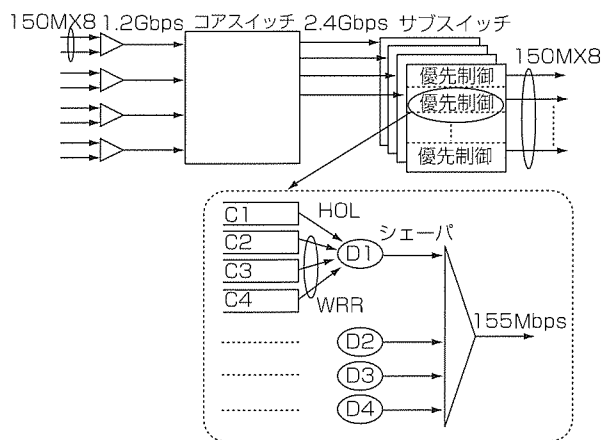


図4. 優先制御方式

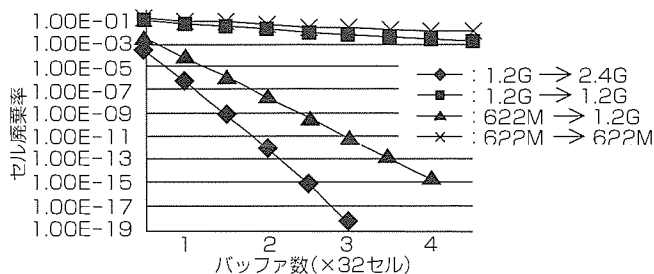


図5. コアスイッチにおけるセル廃棄率

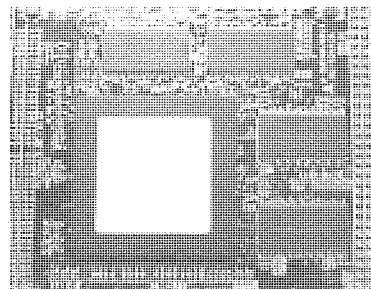


図6. 実装した外観

4.4 CACによるリソース割当て

次に、コネクション設定時のCAC機能について述べる。このシステムでは、このための特別なハードウェアが不要であるパラメトリックアプローチを導入する。具体的には、以下の観点からコネクションの受付判定を行う。

(1) 設定コネクション数

サポートできるコネクション数に余裕があるか否かの判定を行う。

(2) 要求帯域の確保

ユーザーが要求している帯域が管理装置であらかじめ割り当てた帯域内に収まるか否かの判定を行う。具体的には、

$\Sigma PCR < \text{割当て帯域 (CBRの場合)}$

$\Sigma SCR < \text{割当て帯域 (VBRの場合)}$

等の判定を行う。

(3) バッファの確保

上記(2)で収容可能と判定された場合でも、一般に、入力トラヒックは揺らぎを持っている。そこで、それを吸収できるバッファが確保されているか否かを判定する。このシステムでは、各キューごとに待ち行列モデルを規定し、それを用いて判定している。具体的には、このシステム内で最優先で処理されるCBRクラスについてはM/D/1モデルを適用し、それ以外のクラスにはGI/G/1モデルを適用している。その際に、セルの入力過程についてはON/OFFモデルを適用してバースト性を考慮している。また、処理過程については、仮想サーバ法を適用することによって4.2節で述べた優先制御機能を考慮している。これらの解析手法については参考文献(5)を適用する。

4.5 拡張機能

上記に述べたトラヒック制御機能のほかに、コネクション別のキューイング及びシェーピングによる各コネクションの厳密な品質保証を行う。さらに、パケットベースの通信に有効と考えられるEPD/PPD(Early Packet Discard

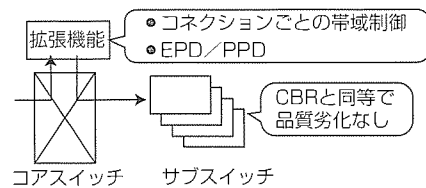


図7. 拡張機能の実装

／Partial Packet Discard)の適用を行う。これらは拡張機能として、図7に示すように、各出側インタフェースで共通使用できるようにコアスイッチに接続する。この場合、既存のサブスイッチでの品質劣化を避けるために、そこではCBRトラヒックと同等の制御を行う。

5. む す び

以上本稿では、ATMトラヒック制御の概要について述べ、ATM加入者収容装置での実現方式について論じた。

参 考 文 献

- (1) ATM Forum TM4.0 (1996)
- (2) Onvural, R.: Asynchronous Transfer Mode Networks: Performance Issues, 2nd Edition, Artech House (1995)
- (3) 前田洋一, 岡田賢治: 高速広帯域光アクセス網の標準化動向, 信学会誌, 83, No.3, 169~173 (2000)
- (4) 茶木慎一郎, 鈴木和彦, 笠原英樹, 上田裕巳: ATMアクセスネットワークにおける優先制御に関する検討, 信学技報, SSE98-57 (1998)
- (5) Yokotani, T., Ichihashi, T., Yabe, M.: An Ultra Light Weight CAC Mechanisms (ULCAC) for Soft Guarantee in ATM Networks, IEEE 22nd LCN, 432~440 (1997)

ATM通信用 LSI

小泉直子* 小浜茂樹*
 小口和海* 小崎成治**
 工野勝彦*

要 旨

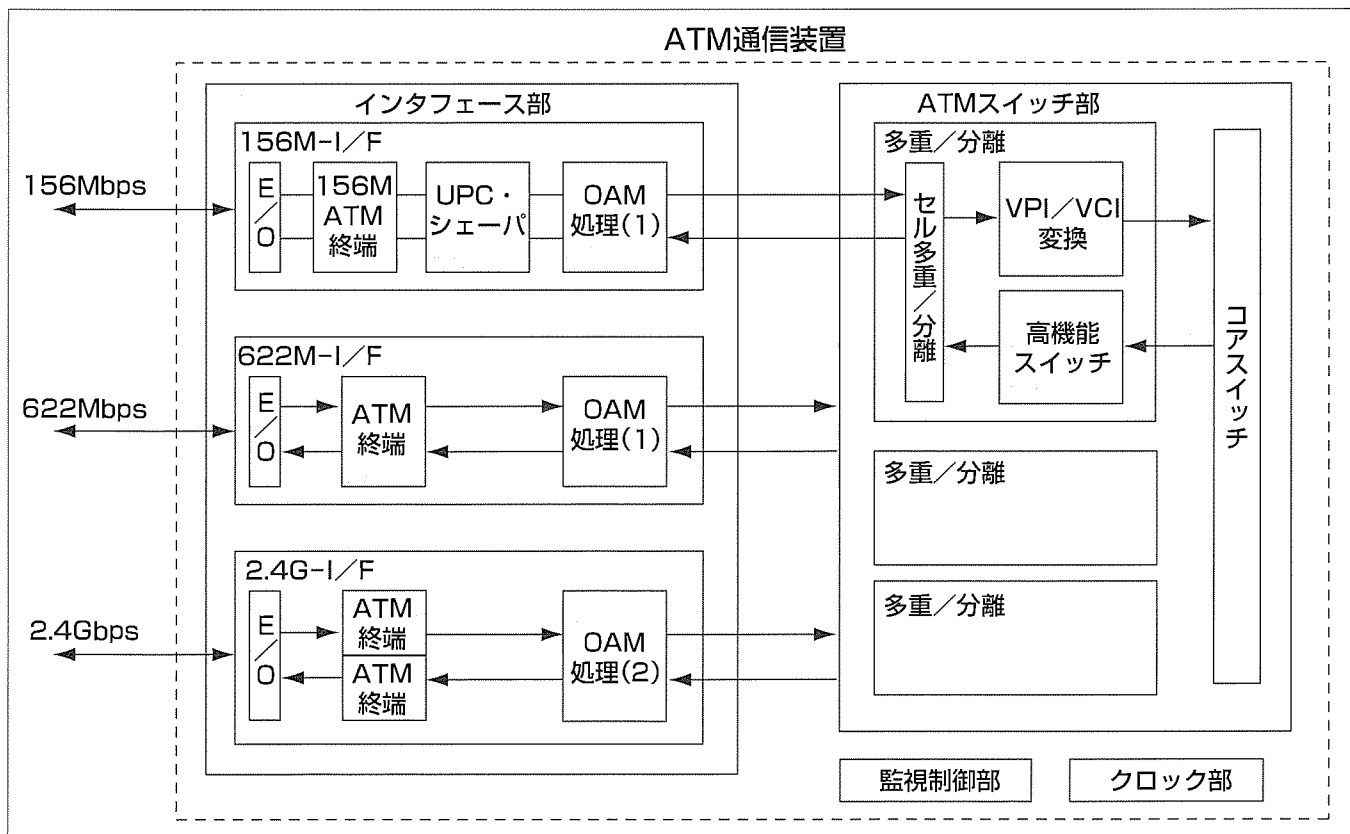
ATM(Asynchronous Transfer Mode)バックボーンネットワークを構成する通信装置では、156Mbps~2.4Gbpsの高速インタフェース処理が必要となる。また、信頼性の高いサービスを提供するために、保守運用(OAM)機能や高度なトラフィック制御機能などが重要である。こうした高速インタフェース処理、高機能化を実現するために、今回、0.25~0.35μmCMOSプロセスを適用したLSI群の開発を行った。

本稿では、そのうち主な5品種のLSIについて、概要及び主要機能を紹介する。

ATM終端LSIは、ITU-T勧告、ATMフォーラム関連規格に準拠した2.4Gbps又は622MbpsスループットのATMインタフェースを終端するもので、32ビット並列展開処理

方式によって高集積CMOS LSI化を実現した。OAM処理LSIは、伝送路や装置の故障検出/性能監視など各種OAM機能を実現するもので、622/156Mbpsインタフェース用と2.4Gbpsインタフェース用の2品種を開発した。UPC・シェーパLSIは、加入者からの流入セル帯域を監視/規制するUPC機能と、CDV(セル遅延揺らぎ)を削減するシェーピング機能を1チップで実現した。高機能スイッチLSIは、1チップで2.4Gbpsの交換容量を持ち、外付けの大容量セルバッファを用いて高度なトラフィック制御機能を実現した。

これらのLSIは三菱電機のNTT向けATM通信装置に適用され、装置の小型化・低消費電力化に寄与している。



ATM通信用LSIの適用例

開発した5品種のLSIについて、ATM通信装置での適用例を示す。ATM終端LSI、OAM処理LSI、UPC・シェーパLSIは、156Mbps~2.4Gbpsのインタフェースパッケージに実装される。高機能スイッチLSIは、ATMスイッチ部の多重/分離パッケージに実装される。

1. まえがき

近年、インターネットにおける通信トラフィックの急増により、バックボーンネットワークを構築するATM通信装置には、これまで以上の高速・大容量化が求められている。また、ATM通信サービスの普及に伴い、障害発生時に迅速に対応するための保守運用(OAM)機能、サービスごとの要求品質を満足するための高度なトラフィック制御機能などが重要な課題となっている。このような高速化・高機能化を実現しかつ装置の小型化・低消費電力化を図るために、最新技術を適用したLSI群の開発を行った。

表1に今回開発した主なLSIの主要諸元を示す。以下、各LSIの概要及び主要機能について紹介する。

2. 2.4G/622Mbps ATM終端LSI

ITU-T勧告、ATMフォーラム関連規格に準拠した2.4GbpsスループットのATMインタフェースLSIを開発した。ATMセル処理方式については、32ビット並列展開処理方式⁽¹⁾を採用し、高集積CMOS LSI化を実現した。また、モード切換えによって622MbpsスループットのATMインタフェースLSIとしても使用可能とした。

2.1 機能仕様

ATM終端LSIでは、以下の機能を実現している。

- (1) SOH(Section Overhead)発生・終端機能
- (2) ポインタ発生・終端機能
- (3) POH(Path Overhead)発生・終端機能
- (4) ATMセル送信・受信機能
- (5) VC(Vertual Container)パス試験機能
- (6) 警報処理機能
- (7) 性能監視機能

伝送フレームフォーマットはSDH(Synchronous Digital Hierarchy)ベースとなっている。ITU-T勧告に規定されたSOH、ポインタ、POHの発生・終端を行い、同フレームへのATMセルのマッピング、また同フレームからの

ATMセルのデマッピングを行う。

VCパス試験機能は、SDHレイヤでのVC内情報の導通確認を行うことができる。警報処理機能は、下位レイヤ(物理レイヤ)での警報情報を収集し、対向装置への警報転送や、上位の管理レイヤへの通知等の処理を行う。性能監視機能は、SDH及びATMレベルの伝送品質、ATMセル数、対向装置とのクロック周波数偏差を示すポインタ値調整頻度等をモニタ可能としている。また、SOH上にアサインされているオーダーワイヤやデータチャネル等の通信ポート、冗長切換え用のAPS(Automatic Protection Switch)データの送受信ポート等も装備している。

表2に上記各機能の規格を示す。規格のあいまい(曖昧)な部分や規定されていない機能については、CPUインタフェースを用いて各種設定を可能としている。

2.2 LSI構成

図1にATM終端LSIの構成を示す。

表2. ATM終端LSI機能と規格

項目	規格
SOH発生・終端 ポインタ発生・終端 POH発生・終端 ATMセル送信・受信	ITU-T勧告 G.707~709 ITU-T勧告 I.432 ATM Forum af-phy-0133.000, af-phy-0046.000
VCパス試験	ITU-T勧告 0.181
警報処理	ITU-T勧告 G.783, G.784 ITU-T勧告 I.432
性能監視	ITU-T勧告 G.826 ITU-T勧告 I.732

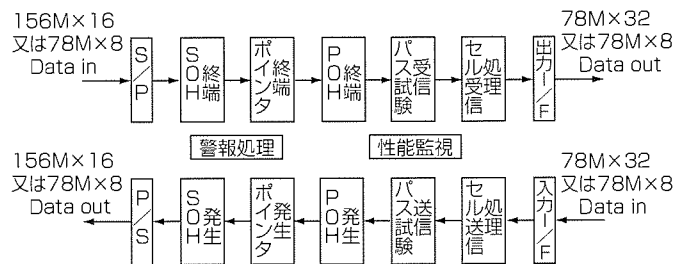


図1. ATM終端LSIの構成

表1. LSIの主要諸元

項目	LSI	2.4G/622Mbps ATM終端LSI	622/156Mbps OAM処理LSI	2.4Gbps OAM処理LSI	UPC・ シェーパLSI	高性能 スイッチLSI
プロセス		0.35μmCMOS	0.25μmCMOS	0.25μmCMOS	0.35μmCMOS	0.25μmCMOS
パッケージ		520ピンBGA	304ピンQFP	304ピンQFP	208ピンQFP	576ピンBGA
動作周波数		155.52/77.76/ 19.44MHz	77.76/ 19.44MHz	77.76MHz	19.44MHz	77.76MHz
ゲート規模		523Kゲート	770Kゲート	750Kゲート	120Kゲート	1,000Kゲート
内蔵RAM		31Kビット	1,150Kビット	360Kビット	500Kビット	-
電源電圧		3.3V	3.3V, 2.5V	3.3V, 2.5V	3.3V	3.3V, 2.5V
入出力レベル		LVPECL/LVCMOS	LVCMOS	LVCMOS	LVCMOS	LVCMOS
消費電力		4.98W(受信)/ 3.99W(送信)	4.2W	3.3W	0.9W	2.55W

同図における上部の左から右への流れが伝送路信号の受信処理，下部の右から左への流れが伝送路信号の送信処理である。伝送路側入出力インタフェースは，2.4Gモード時が16ビット並列156Mbps信号，622Mモード時が8ビット並列78Mbpsであり，これらを更に並列展開し32ビット並列で内部処理を行う。

パス試験機能は，VC領域の収容信号として，ATMセル又はこのLSI内部でドロップ/インサートする導通試験信号を選択可能であり，通常はATMセルデータをそのまま転送する。装置内側入出力インタフェースは，2.4Gモード時が32ビット並列78Mbps信号，622Mモード時が8ビット並列78Mbpsである。

送信モードにおいては受信回路，受信モードにおいては送信回路の動作クロックの供給を停止し，低消費電力化を図っている。主信号データの内部処理パスには故障検出用に8ビットごとのパリティ信号を並送させ，処理ブロックごとに正常性検査を行っている。クロックの乗せ換え可能なポイントは受信側ではポイント終端及びセル受信処理，送信側ではセル送信処理及びP/S(並直列変換)部にあり，様々なクロック系統設計に対応可能である。

2.3 特長

ATM終端LSIの主な特長を以下に示す。

- (1) 小型・低消費電力・低コスト
32ビット並列展開処理方式による高集積CMOS LSI化
- (2) 動作モード切換え
2.4Gbpsインタフェースを2チップ(送信/受信モード切換えで対応)，622Mbpsインタフェースを1チップで実現可能
- (3) 関連機能の搭載
従来のLSI構成では外付け回路で対応している警報処理/性能監視やパス導通試験等の監視制御機能を搭載
- (4) 汎用性
各機能はITU-T勧告，ATMフォーラム規格に準拠(表2)。規格の曖昧な部分はCPUインタフェース経由で設定することによって柔軟に対応可能

3. OAM処理LSI

伝送路や装置に異常が生じた場合，その影響を最小限に抑えるために，迅速な保守を行うことが重要な課題である⁽²⁾。このような保守運用(OAM)機能を実現するため，622/156Mbpsインタフェース用と2.4Gbpsインタフェース用のOAM処理LSIを開発した。

3.1 機能仕様

OAM処理LSIでは，以下のOAM機能を実現している。

- (1) 警報転送機能
- (2) 伝送品質測定機能
- (3) ループバック試験機能

- (4) 導通特性試験機能
- (5) VP切換え機能
- (6) コンティニューイティチェック機能(622/156Mbpsのみ)

警報転送は，伝送路や装置に異常が生じた場合に警報転送用のOAMセル(VP/VC-AIS, VP-RDI)を発生し，網内の各装置でこれを検出して障害状況を把握する。伝送品質測定は，保守情報を付加したOAMセルを装置間で送受することによって指定したVP/VCの伝送品質を測定し，品質劣化を監視する。ループバック試験は，ある装置で挿入した試験用のOAMセルを別の装置で折り返すことによって指定VP/VCの導通を確認し，故障区間の切り分けを行う。導通特性試験は，試験信号を搭載したOAMセルを装置間で送受することによって指定VP/VCの導通を確認し，ビット誤りやセル損失などの特性も測定する。VP切換えは，VPが二重化されている区間において，故障発生時や正常時の保守のためにVP切換え用のOAMセルを発生し，故障や切換え情報を通知する。コンティニューイティチェックは，チェック用のOAMセルを装置間で周期的に流すことで指定VP/VCの導通を監視し，コネクション断の検出を行う。

OAM処理LSIはUNI(User Network Interface)及びNNI(Network Node Interface)に対応し，最大4,096VP/VCコネクションの処理が可能である。

3.2 LSI構成

図2に622/156Mbps OAM処理LSIの構成を示す。OAM処理LSIは，伝送路に対して送信側及び受信側のOAM処理を1チップで実現している。セルの入出力と内部処理は8並列で行い，622Mbpsインタフェースでは77.76MHz，156Mbpsインタフェースでは19.44MHzで動作する。各OAM機能は独立したブロックとして構成し，使用する機能ブロックのみ動作させることができる。未使用ブロックへのクロック供給を停止することで，適用装置に

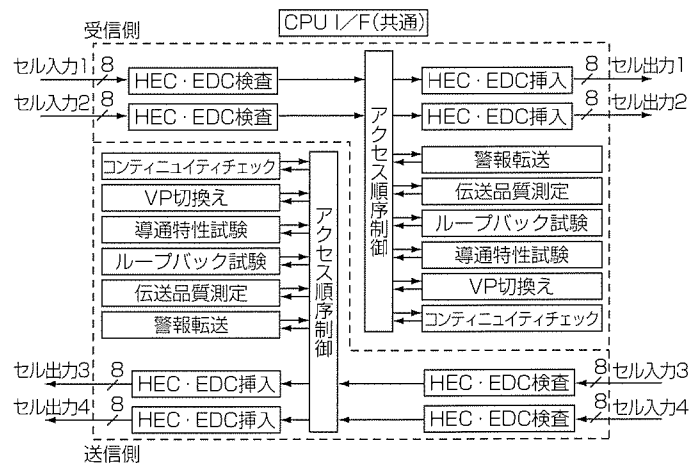


図2. 622/156Mbps OAM処理LSIの構成

合わせた低消費電力化を実現できる。また、各OAMセルの送出及びドロップ／モニタを行う順序はCPUインタフェース経由で設定し、適用装置に合わせて柔軟な機能配置を実現することができる。セルの入出力は送信側及び受信側に二つずつ持ち、機能追加が必要な場合にも外付け回路で対応可能である。

2.4Gbps OAM処理LSIは、セルの入出力と内部処理を32並列で行い、77.76MHzで動作する。基本的な構成は622／156Mbps OAM処理LSIと同様であり、適用装置に合わせた低消費電力化と機能配置が可能である。セルの入出力は一つずつとし、ピン数及び消費電力の削減を図った。

3.3 特長

OAM処理LSIの主な特長を以下に示す。

- (1) 0.25 μ mCMOSプロセスによる高集積・低消費電力化
- (2) 2.4Gbps OAM処理の送受1チップ化
- (3) 適用装置に合わせた低消費電力化と機能配置を実現

4. トラフィック制御用LSI

4.1 UPC・シェーパLSI

加入者からの流入セル帯域を監視／規制するUPC機能とCDV(セル遅延揺らぎ)を削減するシェーピング機能を1チップのLSIで実現した。

UPCアルゴリズムは、ITU-T及びATMフォーラムで規定されているGCRA⁽³⁾⁽⁴⁾アルゴリズムを採用した。また、GFRに対応可能なように、フレーム単位で監視／規制するF-GCRA⁽⁴⁾も実現した。シェーピングアルゴリズムはCDV削減型アルゴリズム⁽⁵⁾を採用した。

このLSIは最大1,024VP／VC接続の処理が可能である。

4.2 高機能スイッチLSI

高度なトラフィック制御機能を実現するATMスイッチLSIを開発した。このLSIは出力バッファ型のスイッチであり、1チップで2.4Gbpsの交換容量を持っている。バッファとして外付けSDRAMを用いており、512Kセルのバ

ッファ容量を持っている。

主な特長を以下に示す。

- (1) 大容量セルバッファ
- (2) 複数サービスクラス対応
- (3) WRRによる最低帯域保証
- (4) シェーピング機能
- (5) 並列同期運転機能(無瞬断二重化切換え可能)

5. むすび

最新の0.25～0.35 μ mCMOSプロセスを用いて開発したATM終端LSI、OAM処理LSI、トラフィック制御用のUPC・シェーパLSI、及び高機能スイッチLSIについて述べた。これらのLSIは、当社のATM通信装置⁽⁶⁾⁽⁷⁾に適用され、装置の小型化・低消費電力化に寄与している。

参考文献

- (1) 大久保啓示, 小崎成治, 部谷文伸: 2.4Gb/s ATMインタフェースの並列処理方式に関する一検討, 1993年電子情報通信学会秋季大会, B-692 (1993)
- (2) ITU-T Rec.I.610: B-ISDN Operation and Maintenance Principles and Functions (1999)
- (3) ITU-T Rec.I.371: Traffic Control and Congestion Control in B-ISDN (1996)
- (4) ATM Forum: Traffic Management Specification Version4.1 (1999)
- (5) 豊島 鑑, 佐藤陽一: ATM網におけるVPトラフィックシェイパの検討, 信学技報, SAT93-67, CS93-136 (1993)
- (6) 小須田伸一, 井上博義, 高橋 章: ATMクロスコネクトシステム, 三菱電機技報, 74, No.8, 518～521 (2000)
- (7) 上田広之, 土田 充, 鈴木孝昌, 高井伸之, 福田康宏: ATMアクセスシステム, 三菱電機技報, 74, No.8, 522～526 (2000)

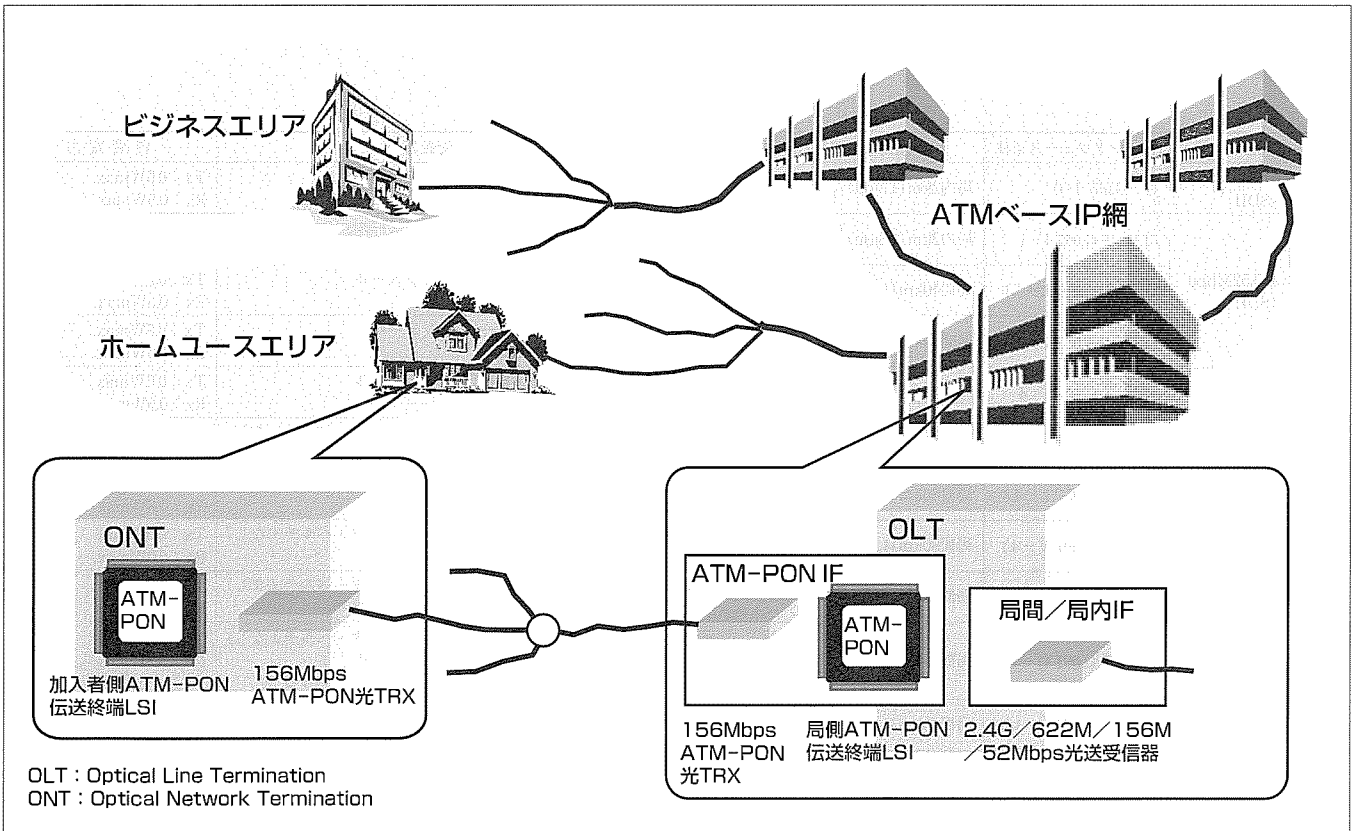
ATM光通信デバイス

野上正道* 浅芝慶弘**
金子進一* 牧野真也***
小崎成治*

要旨

ATM(Asynchronous Transfer Mode)光通信デバイスとしては、これまでに、ATMクロスコネクシステム及びATMアクセスシステム対応に伝送速度155.52Mbpsと622.08Mbpsに対応した光送受信IC、伝送路終端処理用LSI等を開発してきた。局内/局間伝送系では、155.52Mbps光送受信モジュールの商用機への適用が既に本格化しており、原低化開発が並行して行われている。アクセス系では、ATM-PON(ATM-Passive Optical Network)と呼ばれる伝送方式がG.983.1としてITU-Tで勧告化されたことに伴い、国内外でATM-PON伝送方式が適用され始めており、これに対応した各種光通信デバイスを開発している。

本稿では、加入者系/中継系光送受信器及びATM-PON対応に開発した加入者装置(ONT)用光送受信モジュール並びにATM-PON終端処理LSIについて紹介する。光送受信器の開発では、専用IC開発によって小型化、低消費電力化、経済化を実現した。ONT用光送受信モジュールでは、小型・低価格を実現するためにハイブリッド集積型光送受信モジュールを適用し、特性上の課題であった送受間の光学的・電氣的クロストークを低減したことによって良好な受信特性を得ることができた。ATM-PON終端処理LSIでは、G.983.1に規定された主要機能をプロセッサを介したファームウェア制御によって実現した。



ATMネットワークにおける光通信デバイスの位置付け

ATMネットワークにおけるATM-PONシステムの構成及びその中での光通信デバイスの位置付けを示す。転送系光送受信器では、52M~2.4Gbpsにわたる幅広い速度クラスに対応している。

1. ま え が き

本稿では、初めに従来に比べて大幅な小型化、低消費電力化及び経済化を実現した光送受信器の開発について述べる。続いて、低コストなATM-PON伝送システムを実現するキーデバイスとして開発したハイブリッド集積型光送受信モジュールを適用したONT用光送受信モジュールについて説明する。最後に、ATM-PON伝送終端処理LSIとして開発したITU-T国際勧告G.983.1⁽¹⁾に準拠した、局側及び加入者側ATM-PON終端LSIについて紹介する。

2. 加入者系／中継系光送受信器

加入者系伝送装置に求められるコンパクト性・低消費電力性・経済性を実現するため、連続／バーストモード共用光送信器用IC、連続モード光受信器用IC、バーストモード光受信器用ICを開発した。各ICはこのシステムで要求される52Mbps及び622Mbpsの各光インタフェースに適用し、送信器と受信器を1チップで構成している。入出力電気インタフェースはPECL、電源電圧は3.3V単一動作(バースト受信用ICは+5.0V動作)であり、送信器と受信器トータルで1W以下という低消費電力化を可能とした⁽²⁾。

また、2.5Gbps光インタフェースにおいても専用ICを開発し、送信器を1チップ、受信器を2チップで構成するこ

とによって消費電力、サイズとも従来の1/2以下と大幅な小型化を実現した。図1にITU-T G.957 L-16.3光受信器の外観を示し、表1に開発した光インタフェースの一覧を示す。

3. ATM-PON ONU用光送受信モジュール

3.1 ONU用光送受信モジュール

光加入者系に用いられる光モジュールには小型・低価格であることが求められる。このような要求を満たすため、シリコン基板上に半導体レーザ(LD)、受信フォトダイオード(PD)、波長分割多重(WDM)機能部品をハイブリッド実装したハイブリッド集積型光送受信モジュールの研究開発が盛んに行われている。また、このような光送受信モ

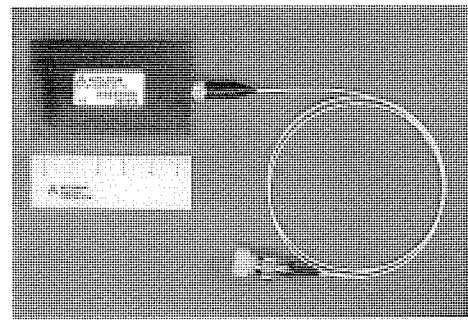


図1. ITU-T G.957 L-16.3光送受信器の外観

表1. 光インタフェース概要一覧

分類	速 度	光インタフェース条件	伝送距離(波長)ほか	発光素子／受光素子	消費電力
転送ライン	51.840Mbps (SDH)	JT-G.957 I-0	局内2km (1.3μm)	発光素子：導波路レンズ集積化LDモジュール 受光素子：フォトダイオード	Tx：0.5Wmax. Rx：0.5Wmax.
	155.52Mbps (SDH)	ITU-T G.957 I-1	局内2km (1.3μm)	発光素子：導波路レンズ集積化LDモジュール 受光素子：フォトダイオード	Tx：0.5Wmax. Rx：0.5Wmax.
		ITU-T G.957 L-1.1	局間40km (1.3μm)	発光素子：導波路レンズ集積化LDモジュール 受光素子：フォトダイオード	Tx：0.5Wmax. Rx：0.5Wmax.
		ITU-T G.957 L-1.3	局間80km (1.55μm)	発光素子：ファブリ・ペローLDモジュール 受光素子：フォトダイオード	Tx：0.5Wmax. Rx：0.5Wmax.
	622.08Mbps (SDH)	ITU-T G.957 I-4	局内2km (1.3μm)	発光素子：導波路レンズ集積化LDモジュール 受光素子：フォトダイオード	Tx：0.5Wmax. Rx：0.5Wmax.
		ITU-T G.957 L-4.1	局間40km (1.3μm)	発光素子：DFB-LDモジュール(アイソレータ・ベルチェなし) 受光素子：フォトダイオード	Tx：0.6Wmax. Rx：0.8Wmax.
		ITU-T G.957 L-4.3	局間80km (1.55μm)	発光素子：DFB-LDモジュール(アイソレータ・ベルチェなし) 受光素子：フォトダイオード	Tx：0.6Wmax. Rx：0.8Wmax.
		ITU-T G.691 V-4.1	局間80km (1.3μm)	発光素子：DFB-LDモジュール(アイソレータ・ベルチェなし) 受光素子：アヴァランシュフォトダイオード	Tx：0.6Wmax. Rx：0.9Wmax.
		ITU-T G.691 V-4.3	局間120km (1.55μm)	発光素子：DFB-LDモジュール(アイソレータ・ベルチェなし) 受光素子：アヴァランシュフォトダイオード	Tx：0.6Wmax. Rx：0.9Wmax.
		ITU-T G.691 U-4.3	局間160km (1.55μm)	発光素子：DFB-LDモジュール(アイソレータ・ベルチェなし) 受光素子：アヴァランシュフォトダイオード プースタ光アンプ：エルビウム ドープ 光ファイバアンプ	Tx：0.6Wmax. Rx：0.9Wmax. プースタ光アンプ：5.5Wmax.
2.488.32Mbps (SDH)	ITU-T G.957 L-16.1	局間40km (1.3μm)	発光素子：DFB-LDモジュール(アイソレータ・ベルチェあり) 受光素子：アヴァランシュフォトダイオード	Tx：5.9Wmax. Rx：3Wmax.	
	ITU-T G.957 L-16.3	局間80km (1.55μm)	発光素子：DFB-LDモジュール(アイソレータ・ベルチェあり) 受光素子：アヴァランシュフォトダイオード	Tx：5.9Wmax. Rx：3Wmax.	
アクセスライン	155.52Mbps (PDS)	ITU-T G.983.1	WDM OLT(Tx：1.55μm, Rx：1.3μm)	発光素子：DFB-LDモジュール(アイソレータ・ベルチェなし) 受光素子：フォトダイオード WDM：融着型ファイバコブラ	Tx：0.5Wmax. Rx：0.5Wmax.
			WDM ONT(Tx：1.3μm, Rx：1.55μm)	発光素子：導波路レンズ集積化LDモジュール 受光素子：フォトダイオード WDM：融着型ファイバコブラ	Tx：0.5Wmax. Rx：0.5Wmax.
	155.52Mbps (SS)	ITU-T G.957 L-1.1	40Km SDM (1.3μm)	発光素子：導波路レンズ集積化LDモジュール 受光素子：フォトダイオード	Tx：0.5Wmax. Rx：0.5Wmax.

ジュールでは、送信パワーの大きな送信部と微弱な信号を検出する受信部とが一体となっているため、送受間のクロストークを十分に抑圧することが必要となる。今回、これらの要求を満足するため低価格化と低クロストーク化を図ったATM-PONシステムのONU用光送受信モジュールの開発を行った。以下に、このモジュールの構造及び特性について述べる。

3.2 光送受信モジュールの構造

図2及び図3に、このモジュールの構造及び外観写真を示す。このモジュールは、シリコン基板上に、1.3 μ m帯LD、受信PD、ポリマ導波路チップ、シングルモードファイバ(SMF)、マルチモードファイバ(MMF)を、パッシブアラインメント技術を用いてハイブリッド実装したハイブリッド集積型光送受信モジュールである。また、このモジュールには、量産性とパッケージングコストに優れ、リフロー実装可能なトランスファモードパッケージを適用している⁽³⁾。さらに、標準光インタフェースであるMUコネクタが直接接続できるようにMU変換アダプタも同時に開発を行い、コネクタ変換用ファイバの削除によるコスト低減を図っている。なお、上記ポリマ導波路チップは、シリコン基板上にポリマ材料によってV字状の光導波路を形成したものであり、量産性に優れ、低コストという特長を持っている。また、ポリマ導波路チップは、V字の交差点端面に1.3 μ m帯の光を反射し、1.5 μ m帯の光を透過するWDMフィルタを直接成膜しており、非常に簡単な構造でWDM機能を実現している。

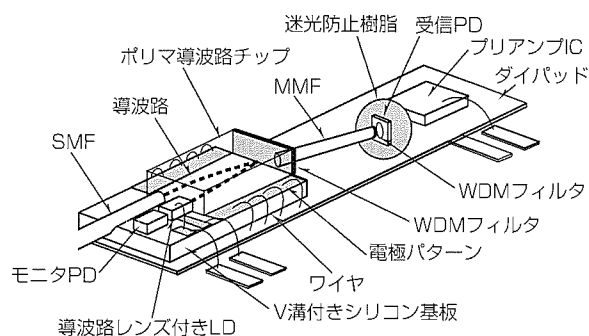


図2. モジュールの構造

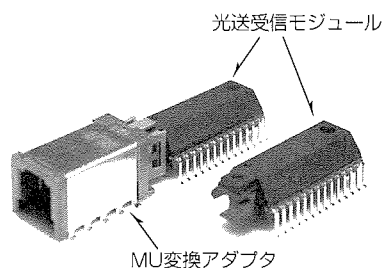


図3. モジュールの外観写真

3.3 光送受信モジュールの特性

前述したように、光送受信モジュールにおける特性上の課題は、送受間クロストークの低減である。クロストークの発生原因は、送信部と受信部の光学的・電気的な結合である。

LDと受信PDとの光学的な結合を防ぐために、このモジュールでは以下のような対策を施している。

- ポリマ導波路チップ端面に高アイソレーションのWDMフィルタを適用
- ポリマ導波路チップと受信PDの間にMMFを挿入
- 受信PDを迷光防止樹脂でポッティング
- MMF端面にWDMフィルタを成膜

これらの対策により、光学的クロストークは-61.9dBとなり、非常に低く抑えることができた。また、送信部と受信部の電気的な結合を防ぐために、このモジュールでは以下のような対策を施している。

- LDをグラウンドであるダイパッドから電氣的に浮かせる
- 送信部と受信部間のシリコン基板上に電極パターンを形成し、グラウンドに接続
- ポリマ導波路チップと受信PDとの間にMMFを挿入し、送信部と受信部の距離を離す

これらの対策により、電氣的クロストークも-83.5dBとなり、非常に低く抑えることができた。

以上のように、光学的・電気的クロストークを低減したことにより、良好な受信特性が得られた。図4に、受信部のみを動作させた場合と、送受信部を同時動作させた場合の符号誤り率特性を示す。送受信部同時動作時の最小受信感度(誤り率 10^{-10})は-35.5dBmであり、同時動作による感

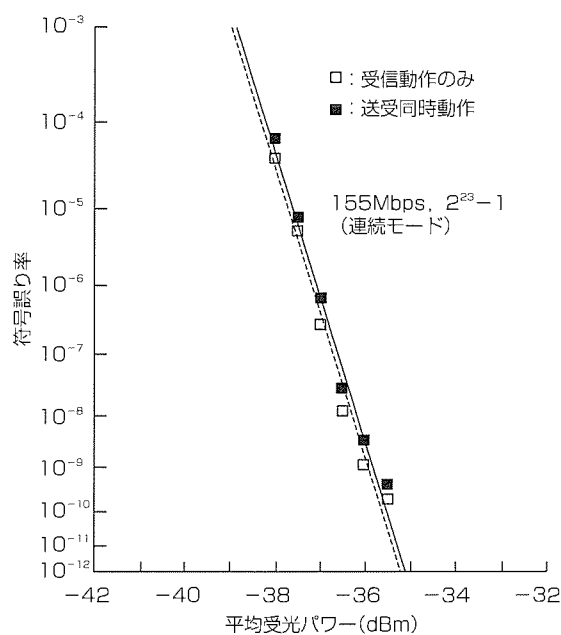


図4. 受信特性

度劣化は0.1dBで、送受間クロストークが十分に抑圧されていることが分かる。また、図5に、このモジュールの電流-光出力特性を示す。LD電流35mAにおいて、光ファイバ出力2mWが得られている。

なお、このモジュールの受信特性及び光出力特性は、ITU-T G.983.1で勧告されたATM-PONシステムONU用光送受信モジュールの仕様を満足する。

4. ATM-PON終端LSI

光アクセス系の国際標準であるITU-T勧告G.983.1に準拠したATM-PON終端LSIとして、局装置(OLT)用及び加入者装置(ONT)用の2品種を0.25 μ mプロセス採用CMOSゲートアレイによって開発した。

4.1 OLT側ATM-PON終端LSI

OLT側ATM-PON終端LSIは、OLTに実装される156MbpsATM-PONインタフェース基板に搭載される。伝送速度は上り/下りとも155.52Mbpsであり、伝送速度に対応したS/P及びP/S変換回路、バーストビット同期回路を内蔵している。光送受信モジュールとは155.52MbpsのLV-PECLレベルの信号で直接インタフェース可能である(図6)。ITU-T勧告G.983.1に規定された起動・停止制御、警報処理制御、ONTとのメッセージ処理制御は、送信制御用に1個、受信制御用に1個の三菱製マイクロプロセッサM32RをLSI外付けしたファームウェア制御で実現し、仕様変更に対する機能変更を容易にしている。

4.2 ONT側ATM-PON終端LSI

加入者宅内に設置されるONTの小型化・低価格化を実現するために、ATM-PON機能、OAM機能及び各種UNIを収容するラインカード(LC)に対応したQoS制御機能を一体化したLSIを開発した。

アクセス系伝送速度は上り/下り共に155.52Mbpsであり、光送受信モジュールと155.52MbpsのLV-PECLレベルの信号で直接インタフェース可能である。このLSIの特長として、制御用に簡易プロセッサを内蔵することで状態制御及び警報処理の一部にファームウェア処理を採用していること、VP-AIS発生及びループバックセルの終端/発生などのOAMセル処理機能を持っていること、最大2枚のLCをそれぞれ155.52Mbps(19.88MHz、8並列)の論理速度を持つATMフォーラム準拠Utopia Level1インタフェースで収容していること、さらに、QoSバッファのパラメータを可変設定としたことでLCに対応した各種UNIに最適なQoSを実現可能としたこと、などが挙げられる(図7)。

5. む す び

ATM光通信用デバイスとして、光送受信器、ONT用光送受信モジュール、ATM-PON終端処理LSIについて紹介した。これらのデバイスはATMネットワークの普及発展

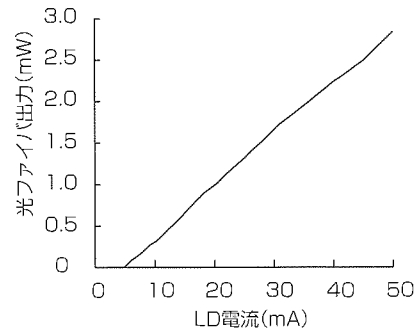


図5. 電流-光出力特性

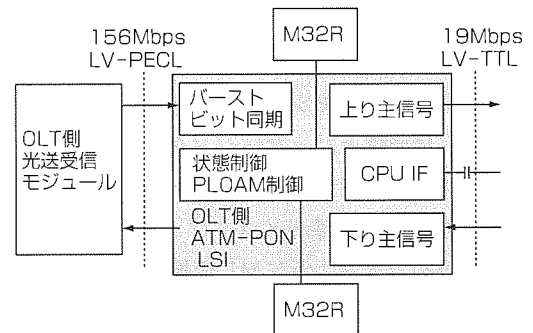


図6. OLT側ATM-PON LSIの構成

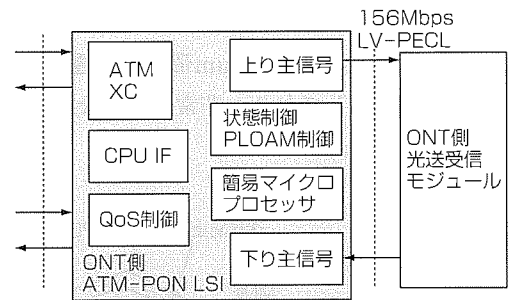


図7. ONT側ATM-PON LSIの構成

に貢献できるものと確信している。

今後さらに、高機能化・大容量化の進むATMネットワークのニーズにこたえるため、より良いデバイスの開発を推進していく予定である。

参考文献

- (1) ITU-T Rec.G.983.1
- (2) 田上仁之, 佐藤 晋, 片山政利, 後藤勝彦, 本島邦明: 622Mbit/s小型光送受信器の開発, 電子情報通信学会1997年総合大会, B-10-124 (1997)
- (3) 澤井章能, 斎藤 健, 金子進一, 八田竜夫: ATM-PON ONU用光送受信モジュールのモールド化に関する検討, 電子情報通信学会2000年総合大会, C-3-128 (2000)



特許と新案***

三菱電機は全ての特許及び新案を有償開放しております

有償開放についてのお問合せは
三菱電機株式会社 知的財産渉外部
電話(03)3218-9192(ダイヤルイン)

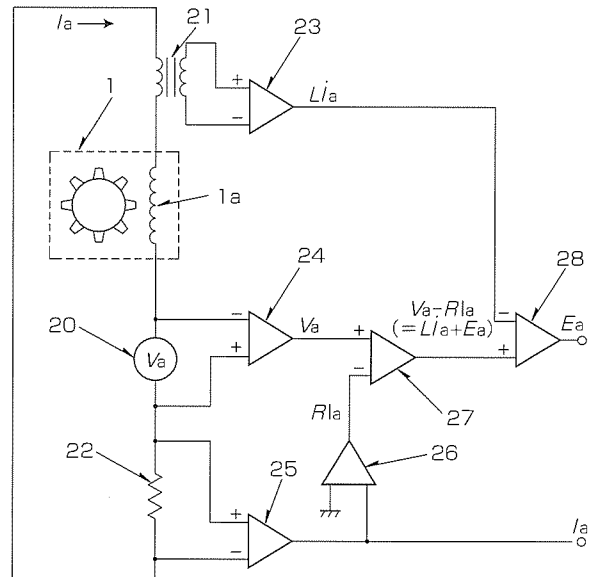
ステップモータの動特性計測装置 (特許 第2683260号, 特開平2-155496号)

発明者 今城昭彦, 富沢正雄

この発明は、情報機器などの位置決め機構の駆動源として使用されるステップモータの動特性を計測する装置に関するものである。

従来のステップモータの動特性計測装置では、供試モータに検出器などを取り付けるため、モータの慣性が増え、また、実稼働中の計測ができないなどの問題点がある。

この発明は、上記問題点を解決するためになされたもので、図(1相だけについて示す。)のように供試モータ(1)のステータ巻線(1a)にトランス(21)と抵抗(22)を直列に接続し、差動増幅器(23)~(28)によって速度起電力 E_a と電流 I_a を検出する。そして、 E_a とモータ回転角度、モータ回転角速度の関係式及びモータ回転の運動方程式から、逐次最小自乗フィルタなどの推定手段によって負荷トルクとモータ回転角度を算出する。このように検出回路のみを接続するため、モータの慣性を増加させることなく実稼働中の回転角度と負荷トルクを測定できる。



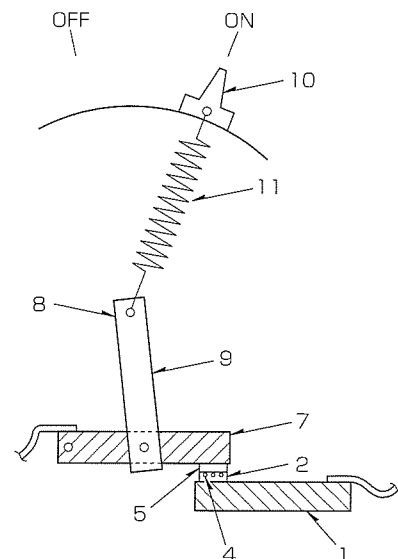
しゃ断器 (特許 第2623086号, 特開昭62-206712号)

発明者 松川公映

この発明は、短絡等の事故等のしゃ断速度の低下を防止したしゃ断器に関するものである。

従来のしゃ断器は、開閉機構部の潤滑油が飛散し、接点の接触面に付着し、潤滑油が負のスライズ力による密着力を引き起こし、しゃ断速度が著しく低下するという問題があった。

この発明は上記のような問題点を除去するためになされたもので、一実施例を図に示す。可動接点(5)、固定接点(2)の少なくとも一方の接触面に、毛細管現象によって油を吸い込むことができる1個又は複数個の孔(4)を形成したものである。この孔に潤滑油が吸い込まれ、接点間の油膜面積が小さくなり、密着力が著しく小さくなり、しゃ断速度の低下を防止できる効果がある。





特許と新案***

三菱電機は全ての特許及び新案を有償開放しております

有償開放についてのお問合せは
三菱電機株式会社 知的財産渉外部
電話(03)3218-9192(ダイヤルイン)

蓄冷器 (特許 第2136243号, 特公平7-33934号)

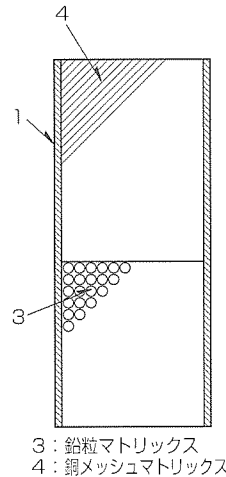
発明者 稲口 隆

この発明は、GM冷凍機、パルス管冷凍機、スターリング冷凍機などの蓄冷型冷凍機に使用される蓄冷器に関するものである。

従来の蓄冷器は、蓄冷材としてメッシュ状マトリックスか又は粒状マトリックスを使用していた。ところが、メッシュ状マトリックスは伝熱面積を大きくするには優れているが、低温で蓄冷器の効率に重大な影響を及ぼす熱容量を稼ぐには不向きで、また粒状マトリックスは空げき(隙)率が小さいため熱容量を大きくとれるが、高温で蓄冷器の効率に大きな影響を及ぼす伝熱面積を圧力抵抗を小さく抑えながら増加させることは困難であった。

この発明は上記の欠点を除去するためになされたもので、図1に示すように、蓄冷器の高温部にメッシュ状マトリックスを充てん(填)し、蓄冷器の低温部に粒状マトリックスを充填したものである。図2に、従来の蓄冷器を用いた場合とこの発明の蓄冷器を用いた場合の冷凍能力の測定結果

を示す。冷凍能力が格段に向上しているのが分かる。



3: 鉛粒マトリックス
4: 銅メッシュマトリックス

図1.

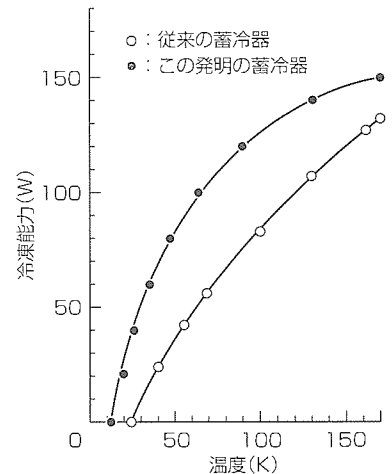


図2.

〈次号予定〉三菱電機技報 Vol.74 No.9 「人と車の融和をはかる先進技術」特集

特集論文

●人と車の融和をはかる先進技術に寄せて

- 自動車機器技術の現状とその展望
- 自動車を取り巻く情報通信技術の動向
- ドライバー適合型インタフェース
- 車載ディスプレイ
- カーナビゲーションの音声インタフェース技術
- 筒内噴射システム開発へのCFD技術適用
- GMR素子の回転センサへの応用

- 車載インバータの小型化技術
- ボキボキモータの車載機への応用
- 自動車搭載用ミリ波レーダ技術
- 車載カメラの画像処理一体化技術
- 電動パワーステアリングの据え切り制御
- カーナビゲーションソフトウェア開発環境
- パワートレイン制御システムの開発支援
- カーラジオ用デジタル信号処理技術

<p>三菱電機技報編集委員 委員長 鈴木 新 委員 中村 治樹 永峰 隆 藤川 裕夫 河内 浩明 浜 敬三 茅嶋 宏 佐々木和則 吉原 孝夫 畑谷 正雄 松本 修治 村松 洋 西谷 一治 伊藤 敬 幹事 鈴木 隆二 8月号特集担当 和田 守啓 飛田 康夫</p> <p>URL http://www.melco.co.jp/giho/</p>	<p>三菱電機技報 74巻8号 2000年8月22日 印刷 (無断転載・複製を禁ず) 2000年8月25日 発行</p> <p>編集人 鈴木 新 発行人 鈴木 隆二 発行所 三菱電機エンジニアリング株式会社 ドキュメント事業部 〒105-0011 東京都港区芝公園二丁目4番1号 秀和芝パークビルA館9階 電話(03)3437局2692</p> <p>印刷所 菱電印刷株式会社 発売元 株式会社 オーム社 〒101-0054 東京都千代田区神田錦町三丁目1番地 電話(03)3233局0641</p> <p>定価 1部735円(本体700円) 送料別</p> <p>お問い合わせ先 cep.giho@ml.hq.melco.co.jp</p>
--	---

スポットライト 海外向けATM-PONシステム

ATM-PON(ATM-Passive Optical Network)システムは、国際標準化が進められているFSAN(Full Service Access Network)に準拠した、海外向け仕様のATM光アクセスシステムです。ビジネスユース(Fiber to the Business: FTTB)から今後の家庭ユース(Fiber to the Home: FTTH)での高速アクセスを実現します。

オフィスビルや一般家庭の近くまで高速伝送が可能な光ファイバを敷設し、PON技術を適用することによって多数の加入者に対して既存のSTM回線の巻取りと高速かつ高品質なサービスを経済的に提供するアクセスネットワークを実現します。

インターネットの普及率が高く電子商取引などのネットワークビジネスが立ち上がっている北米での需要に対応して、北米仕様のシステムを開発しました。

このシステムを構成する各装置とその特長を以下に示します。

特長

1. ATM Distribution Switch(製品名: ADS2000)

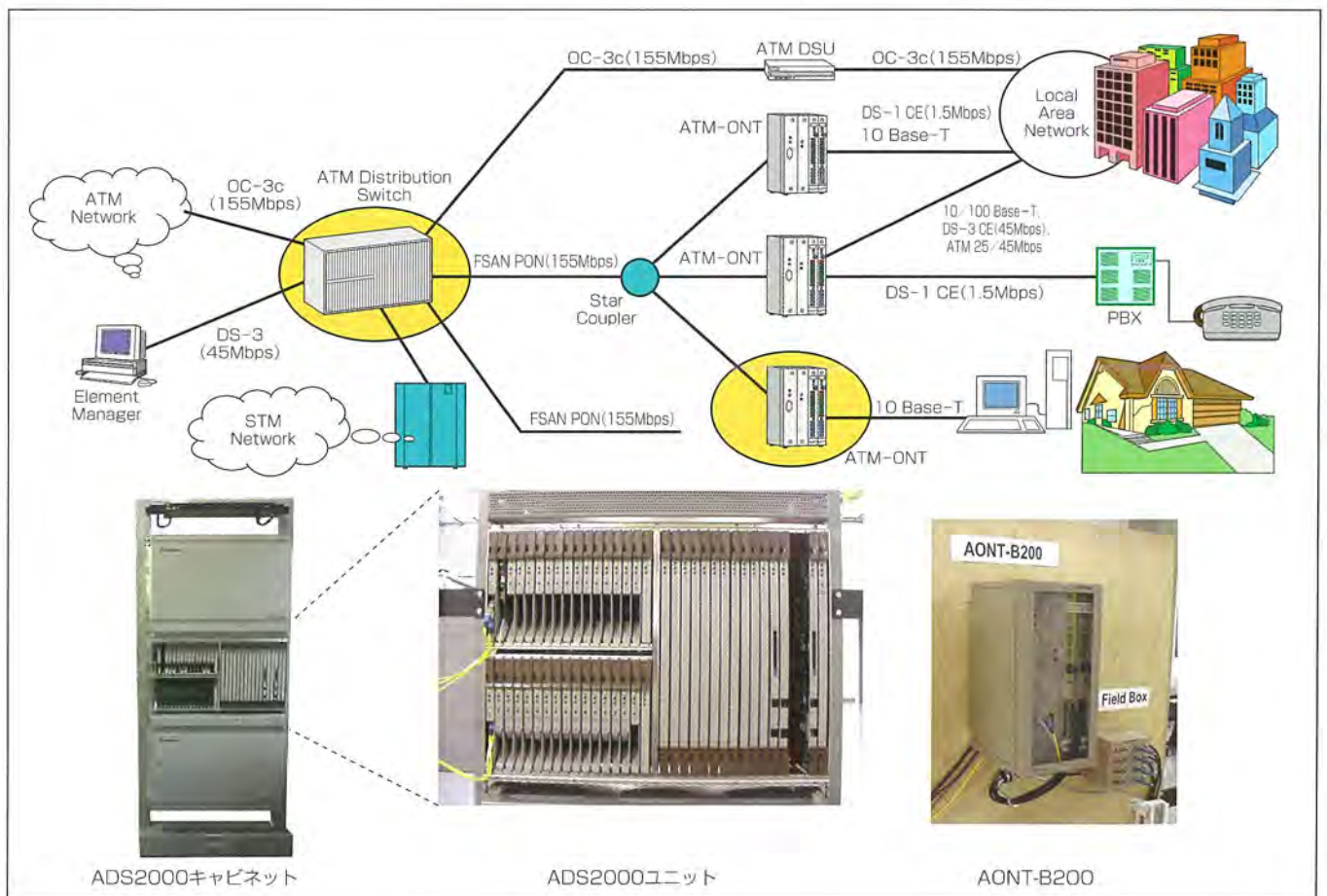
- インタフェース: DS-3(45Mbps), OC-3c, PON 155Mbps(フレキシブル実装。光前面アクセス方式)
- 1枚のADS2000内PON-155M-IF基板に最大32台のATM-ONTを接続可能
(多数加入者によるコストシェアリングによって経済的)
- ATMスイッチ部、クロック部、制御部は二重化構成
(高信頼度)
- 北米仕様23インチ幅キャビネット搭載
- 1ユニット/1システム構成

2. ATM-ONT(製品名: AONT-B200)

- アクセスライン: PON 155Mbps
- UNI: 10/100 BaseT, DS1-CE
(1.5Mbps回線エミュレーション)
- UNIカードを2枚まで搭載可
(ATM-UNI開発予定)

3. Element Manager(製品名: ISEM)

- 遠隔からのシステム運用保守管理
- Javaを使用したユーザーフレンドリなGUIを搭載し、シンプルで直感的な操作が可能



ATM-PON システム構成図

ATM: Asynchronous Transfer Mode
 DSU: Digital Service Unit
 FSAN: Full Service Access Network
 ONT: Optical Network Terminal
 PBX: Private Branch Exchange
 PON: Passive Optical Network
 STM: Synchronous Transfer Mode