

MITSUBISHI

三菱電機技報 Vol.82 No.2

2008 **2**

特集「次世代ネットワークを支える関連技術」



目次

特集「次世代ネットワークを支える関連技術」
次世代ネットワークを支える関連技術特集に寄せて……………1
浅谷耕一
次世代ネットワーク関連事業の課題と展望……………2
加藤雅敏・菊地克昭
次世代ネットワークの標準化動向と今後の展望……………7
横谷哲也・下笠 清・上田広之
次世代光トランスポート技術……………11
一番ヶ瀬 広・水落隆司・清水克宏・本島邦明
次世代光アクセス技術……………15
堀田善文・小崎成治・鈴木巨生・福田 健・高野邦彦
次世代ホームネットワーク技術……………19
佐藤浩司・古谷信司・横谷哲也・本間 洋・酒井謙行
海外における次世代ネットワークへの取り組み……………23
木田等理・高橋 章・鈴木路長・Jean-Pierre Coudreuse・Sophie Pautonnier
次世代セルラネットワーク技術……………27
大久保 晃・長竹榮二・前田昌也
次世代ネットワークにおけるセキュリティ技術……………31
近澤 武・後沢 忍
次世代ネットワークにおける映像符号化技術の動向……………35
山田悦久・関口俊一・猪股英樹・川畑幸保・小須田伸一
次世代ネットワーク用波長多重システム……………39
尾崎陽二郎・森田俊哉・水落隆司・清水克宏・馬場義昌
次世代ネットワーク用光アクセスシステム……………43
成田健一・別所秀樹・村上 謙・小口和海
通信放送連携サービス用端末……………47
中瀬卓也・牧野豊司・羽根稔尚・赤津慎二・平松晃一

普通論文

デジタル列車無線システム
—東日本旅客鉄道(株)首都圏在来線への導入—……………51
三瀬敏生・久保博嗣・浦口 剛・太田 覚

特許と新案

「画像復号化装置、画像符号化装置、画像通信システム、
符号化ビットストリーム変換装置及び
画像復号化方法」……………55

Next Generation Network-Related Technologies
Foreword to the Special Issue on Technologies for Next Generation Networks
Koichi Asatani
Mitsubishi's Vision for Next Generation Network
Masatoshi Kato, Katsuki Kikuchi
Standardization Trend and Future Issues in NGN
Tetsuya Yokotani, Kiyoshi Shimokasa, Hiroyuki Ueda
Next Generation Optical Transport Technology
Hiroshi Ichibangase, Takashi Mizuochi, Katsuhiro Shimizu, Kuniaki Motoshima
Technologies for Next Generation Optical Access Network
Yoshifumi Hotta, Seiji Kozaki, Naoki Suzuki, Takeshi Fukuda, Kunihiro Takano
Technologies for Next Generation Home Network
Koji Sato, Shinji Furuya, Tetsuya Yokotani, Hiroshi Homma, Kaneyuki Sakai
Optical Network Systems for Overseas Market
Toshimichi Kida, Akira Takahashi, Michinaga Suzuki, Jean-Pierre Coudreuse, Sophie Pautonnier
Next Generation Cellular Network Technology
Akira Ookubo, Eiji Nagatake, Masaya Maeda
Security Technologies for Next Generation Network
Takeshi Chikazawa, Shinobu Ushirozawa
Trend of Video Coding Technology toward Next Generation Network
Yoshihisa Yamada, Shun-ichi Sekiguchi, Hideki Inomata, Yukiyasu Kawahata, Shinichi Kosuda
WDM for Next Generation
Yojiro Osaki, Toshiya Morita, Takashi Mizuochi, Katsuhiro Shimizu, Yoshimasa Baba
Optical Access System for Next Generation Network
Kenichi Naruta, Hiideki Bessho, Ken Murakami, Kazuomi Koguchi
The Equipment for the Communication and Broadcasting Cooperation Service
Takuya Nakase, Toyoshi Makino, Toshihisa Hane, Shinji Akatsu, Koichi Hiramatsu

Digital Train Radio System for Conventional Lines of East Japan Railway Company
Toshio Mise, Hiroshi Kubo, Takeshi Uruguchi, Satoru Ohta

スポットライト

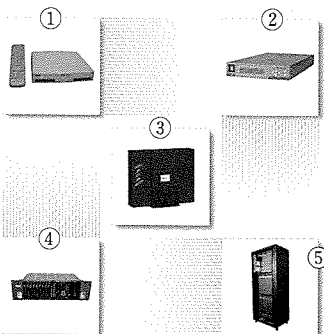
三菱デュアルバンド無線LANシステム
3 G向けフェムトセル用超小型基地局装置

表紙：次世代ネットワークを支える関連技術

世界に先駆けて、サービスの高度化や多様化に対応可能な次世代ネットワークの商用サービスが開始される予定である。

三菱電機では、有線及び無線ネットワーク用の機器やシステムを取り扱っており、次世代ネットワーク関連技術分野でも製品開発やソリューション提供だけでなく、標準化活動で積極的な提案によって技術革新を推進し、活力とゆとりのある社会の実現に貢献していく。

表紙の写真は、次世代ネットワークに関連する当社の代表的製品であり、①は映像配信サービス用端末(IP-STB(IP Set Top Box))、②は伝送効率を高めるHDTV(High Definition Television)符号化装置(エンコーダ)、③は加入者宅に設置される光終端装置(GE-PON ONU(Gigabit Ethernet-Passive Optical Network Optical Network Unit))、④は局舎へ設置する加入者線収容装置(GE-PON OLT(Optical Line Terminal))、⑤は大容量長距離伝送が可能なWDM(Wavelength Division Multiplexing)システムである。



次世代ネットワークを支える関連技術特集に寄せて

Foreword to the Special Issue on Technologies for Next Generation Networks

浅谷耕一

Koichi Asatani



次世代ネットワークの導入が試験的にはあるが英国と日本で2006年末から相次いで開始された。日本では2008年に商用導入の予定である。

次世代ネットワークは、サービス品質制御可能でかつセキュアな、ブロードバンドサービスを含むあらゆる情報通信サービスを提供する。

その目的を実現するためのアーキテクチャ・アクセス・プラットフォームの特徴は

- (1) IP(Internet Protocol)ベースネットワーク
- (2) 独立したサービス提供関連機能と情報転送機能
- (3) ユーザーによる自由に選択可能な、ネットワークアクセスとサービスアクセス
- (4) 統合された固定通信と移動通信
- (5) ユビキタスサービスの提供である。

次世代ネットワーク開発の経緯と背景は次のとおりである。

インターネットは、テキスト・画像・動画・音声・データなどの多様なメディア情報の使い勝手の良いWWW(World Wide Web)開発によって、1995年以来ユーザー数が急激に増加し、2005年時点で約10億と推定されている。

一方、2005年時点の世界の固定電話と携帯電話の加入者数は合わせて約34億である。

近い将来インターネットユーザー数は電話加入者数を追い越すと見られている。

トラヒックでも、1998年には米国で、2001年には日本でもインターネットトラヒック総量が電話トラヒック総量を凌駕(りょうが)したと推定されている。

IP電話などのリアルタイムサービスを提供可能なブロードバンドインターネットのユーザー数は2007年3月時点で2,644万であり、IP電話加入者数は1,433万である。固定電話加入者数は4,816万であり、固定電話加入者の漸減とIP電話の増加は継続すると推定されている。

一方、電話加入者の内訳を見ると、日本では2000年3月時点で固定電話加入者数は携帯電話加入者数に凌駕され、

世界全体でも2002年には携帯電話加入者数が多くなり2005年時点では、固定電話12億に対し携帯電話22億である。携帯電話の成長率は固定電話のそれを上回っている。

このように、情報通信を取り巻く環境は大きく変わった。テレコムネットワークの安全性・信頼性とインターネットの柔軟性を統合する新しい情報通信ネットワークとして次世代ネットワークが構想された。そのねらいは先に述べた情報通信市場のトレンドを先取りし、ネットワークプラットフォームをIP技術ベースで統合することである。統合プラットフォームの実現によって、今後出現する新しいサービスを含むすべてのサービスをユーザーが享受することを容易にし、かつネットワーク事業者の運用コストを軽減する効果をねらうものである。

日本のe-Japan戦略が2003年1月にスタートし、ネットワークインフラストラクチャの整備が順調に進展した。

2007年3月時点で加入者光ファイバ世帯カバー率は政令指定都市で95%、全国平均で84%と順調に推移している。ブロードバンドの基盤整備は順調に推移した。

2005年7月にはe-Japan戦略の見直しによって、重点は利用促進にシフトした。2010年に向け、ユビキタスネットワークの進展が期待されている。

次世代ネットワークの最終目標は、既存の電話ネットワークインフラストラクチャの置き換えにとどまらず、インターネットとの親和性を活かした新しいセキュアな情報通信サービスプラットフォームとして機能することが期待されている。

次世代ネットワークは単なるネットワーク技術の変革にとどまらず、今後の情報通信サービス開発にも多大なインパクトを持つ。

次世代ネットワークの国際標準についても2007年に基本勧告であるリリース1がほぼ完成した。

この特集号は、時宜にかなった企画であり、今後の高度情報化社会実現に向けた次世代ネットワーク関連技術のますますの進展に寄与することを期待したい。

次世代ネットワーク関連事業の課題と展望



加藤雅敏*



菊地克昭**

Mitsubishi's Vision for Next Generation Network

Masatoshi Kato, Katsuki Kikuchi

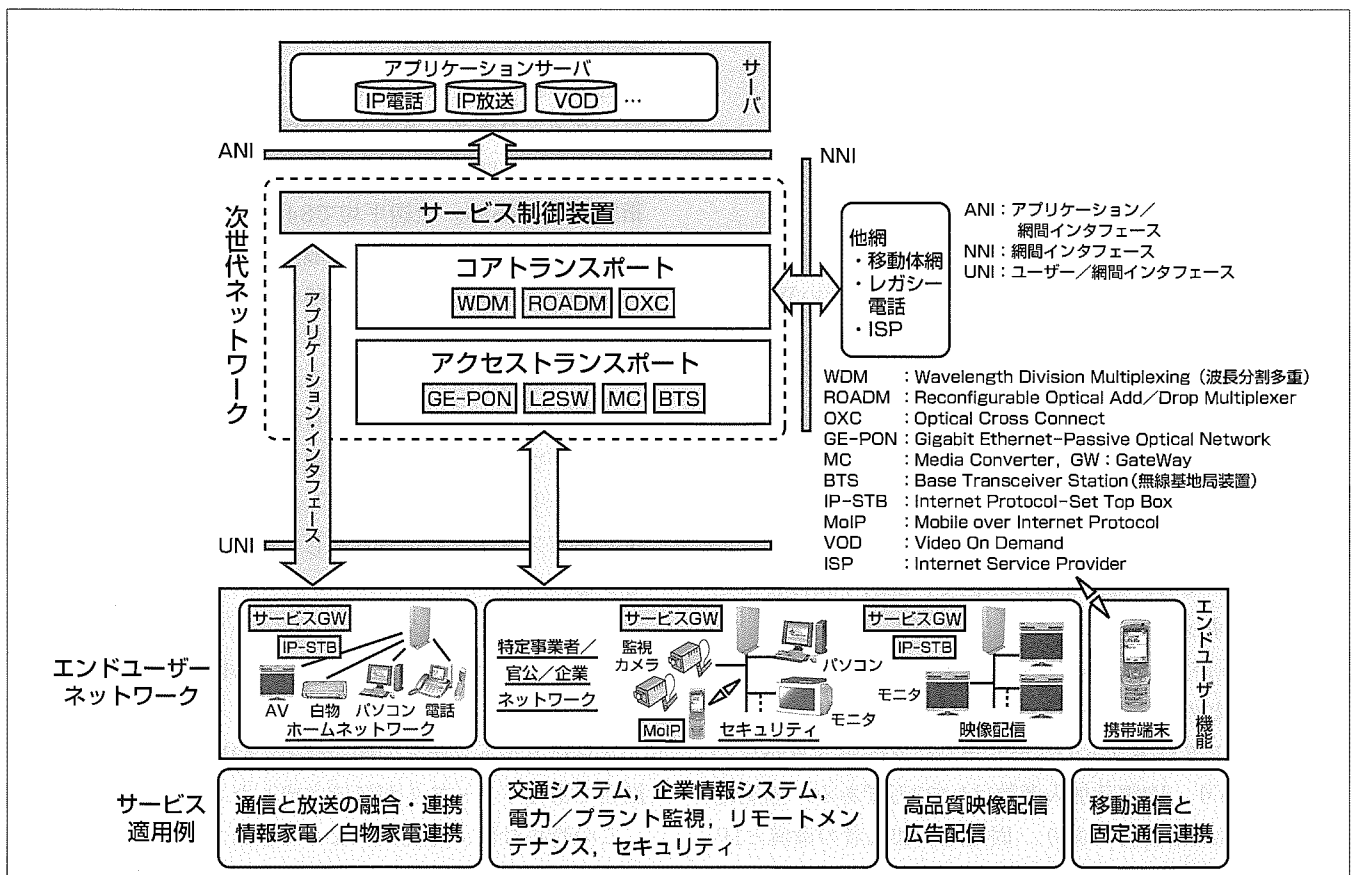
要旨

インターネットの急速な普及によって、通信ネットワークが一般の消費活動や企業活動を支える社会基盤として重要性を増している。また、ネットワークが提供するサービスは、これまで以上に多様化・融合化されていくとともに、ユーザーによるIT利活用の創出が進んでいる。

今後のネットワークは、継続的なブロードバンド需要への対応に加えて、通信品質の確保やセキュリティ機能の強化による安心・安全な社会インフラとしての堅ろう性と新たな融合サービスの創出を可能とする柔軟性が求められている。

現在、構築が本格化している次世代ネットワークは、個人のライフスタイルや企業のビジネスモデルの大きな変革をもたらすものであり、その実現には、光通信技術、無線通信技術、IP(Internet Protocol)ネットワーク技術といったテクノロジーの進化に加え、それらの融合が不可欠である。

三菱電機は、これまでに蓄積した技術力を基にコアトランスポート、アクセストランスポート、エンドユーザー端末分野を中心に、ネットワークのイノベーションを支える各種技術開発、製品開発を推進している。



次世代ネットワークの実現例

インターネットの長所(経済性)と電話網の長所(信頼性/品質)を併せ持ったAll IPネットワークである。IPネットワークに品質保証, セキュリティ機能を付加して, 電話網に代わる社会インフラとする。これによって専用機器である電話交換機からルータ, IPスイッチ等に置き換わり, 設備・運用コストの低減を実現。またサービス提供者とネットワーク事業者間に独立したオープンな網間インタフェースを規定し, 事業者間の相互接続やサービス提供者による多様なサービス提供を促進する。

1. ま え が き

国内の主要な通信事業者によって無線アクセス、光アクセスやADSL(Asymmetric Digital Subscriber Line)によるブロードバンドサービス戦略が展開されており、日本国内のブロードバンドサービスは急速に拡大している。一般加入者へのFTTH(Fiber To The Home)のみならず、企業通信分野への光アクセス技術適用が見込まれ、今後の普及拡大が期待される。

一方、加入者の急増に伴い、トラフィック集中による遅延/速度低下等の通信品質の劣化や迷惑メール/不正アクセス等のセキュリティ面におけるインターネットの社会インフラとしての脆弱(ぜいじゃく)性が露呈しており、これらの問題点を解決できる次世代ネットワークの実現が必要となっている。

本稿では、次世代ネットワークを支える関連技術として、コアトランスポート、アクセストランスポート、ホームネットワークの各分野における技術開発並びに関連製品等について、当社の取り組みを中心にその概要を述べる。

2. サービス動向

2.1 ブロードバンドサービス普及状況と課題

2007年6月末の我が国のブロードバンド回線の契約数は、2,713万契約に達している。そのうち、DSL契約数は1,378万契約で前年比5%減と初めて前年比減に転じたが、FTTH契約数は前年比53%増の966万契約と大きな伸びを示しており、FTTHの利用が急速に拡大している⁽¹⁾。

ブロードバンド契約者のトラフィック総量試算値の2006年11月時点の平均は636.6Gbpsに達し、1年前の2005年11月と比較して1.4倍、2年前の2004年11月と比較して2倍近くの伸びとなった。今後も同様の傾向で増加すると仮定すると、2008年には我が国のブロードバンド契約者のトラフィック規模は、1Tbpsを超えると予想される⁽²⁾。

ブロードバンドサービス料金を諸外国と比較すると100kbps当たりの通信料金が0.07US\$ (2004年12月調査値)であり世界一低廉な水準であることから、今後もブロードバンドサービスの利用拡大が期待される。

一方、現在のブロードバンドサービスは、ベストエフォートのIP網によって提供されているため、加入者の急増に伴い通信の安定性、品質やセキュリティ面の問題が発生しており、ブロードバンドサービス普及拡大の課題となっている。

2.2 サービスの高付加価値化

高速広帯域で安価な通信インフラを活用することによって、従来のインターネットアクセス、電子メール、IP電話、ストリーミング映像配信等のサービスに加え、提供サービスの高度化や高付加価値化が検討されている。特に図1に

示すようにアクセス速度の高速化によって地上デジタル放送のIP再送信や高精細映像伝送、映像コンテンツダウンロードといった通信・放送連携サービス等の新サービスの提供が想定される。

3. 次世代ネットワークの技術動向

3.1 次世代ネットワークへの期待

IP化が進展し、ネットワークが社会活動の基盤となるにつれて、インターネットに起因する社会インフラとして脆弱性が表面化し始めている。こうした背景から、次世代ネットワークはインターネットのオープン性を生かしつつ、従来の電話網の持つ信頼性や安全性を持つ新たな社会基盤として導入が進められている(図2)。同時に、光IP電話に代表される既存サービスの低価格化や固定通信・移動体通信連携、通信・放送連携サービス等の高度な新サービスの提供が期待されている。

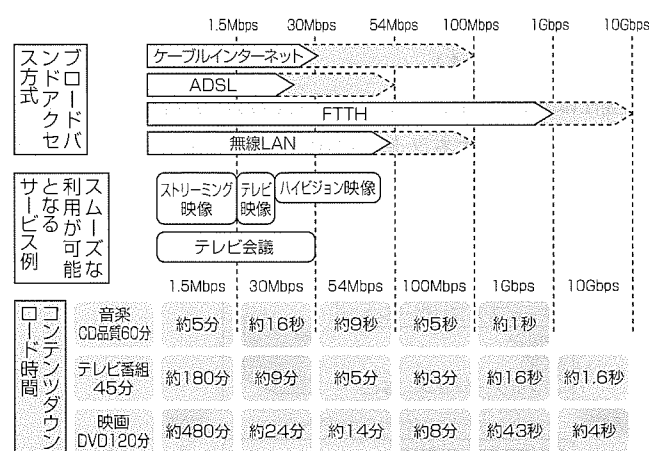
3.2 次世代ネットワークの要件

次世代ネットワークは、次の3つの要件を満たしながら発展していく必要がある。

(1) ブロードバンド化への対応

前述のように、FTTH導入促進によるブロードバンド化の流れは、今後ますます加速されていくものと考えられる。一方、移動体通信分野でも、次世代セルラシステム、WiMAX^(注1) (Worldwide Interoperability for Microwave Access)等の高速ワイヤレスアクセス技術が注目されている

(注1) WiMAXは、WiMAX Forumの商標である。



平成15年度情報通信白書に一部加筆

図1. ブロードバンドアクセス速度とサービス例

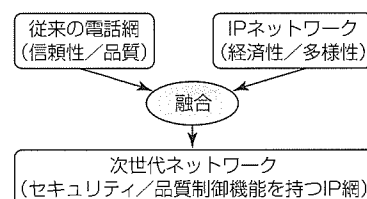


図2. 次世代ネットワークへの期待

る。このようなアクセス網の高速化は、基幹網のトラヒックの爆発的拡大を招くことから、WDM(Wavelength Division Multiplexing)技術を中心とした基幹光ネットワークの増強が必要となる。

(2) インターネットが持つ脆弱性の克服

高速通信を利用する企業ユーザーにとって、ネットワークシステムはサービス提供や業務効率の改善等に重要な役割を担っており、ネットワークの品質、安全性に対する要求は一層厳しくなると考えられる。このため、エンド・ツー・エンドの通信品質の保証、ネットワークの利用状況把握、異常に対する耐力向上が必要となる。

(3) オープン化による新規サービスの創造

固定通信と移動体通信、通信と放送といった新たな連携サービスの実現、ユーザーの居場所や利用状況に応じてカスタマイズされたサービスの提供など、ネットワーク自身が先進的な新サービス創出を支えるインフラに進化することが求められている。このため、オープンなインタフェース規定、ネットワークの階層構造モデル化が必要となる。

3.3 標準化動向

ITU-T(International Telecommunication Union-Telecommunication Standardization Sector)では、次世代ネットワークの標準化で、図3に示すようにネットワークの階層化と3種のオープンなインタフェース(ANI/NNI/UNI)の定義を行い、3段階のフェーズで標準化が進められており、各段階に応じてサービスの範囲が拡大される予定である。リリース1の基本的な仕様は、2006年7月に基本的勧告案として既に確定し、2007年度中には具体的なプロトコルも含めた勧告案を作成するため、検討が進められている(図4)。

当社は2004年度からこの標準化活動に参画し、特にキャリアクラスイーサネット及びホームネットワーク分野の技術検討、規格化に貢献している。

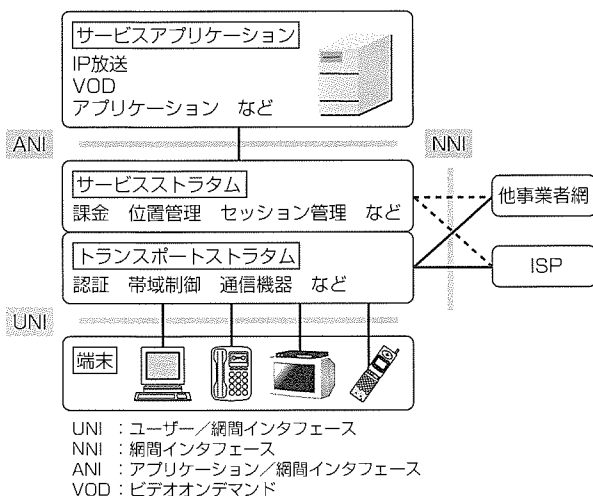


図3. 次世代ネットワークの構成

(1) リリース1：マルチメディア

音声や画像による2者間のインタラクティブなマルチメディア通信の実現、従来の電話と同等なサービスとインタフェースをIPのインフラを用いて提供する電話系エミュレーションサービス取容を実現する。

(2) リリース2：ストリーミング

IPTV(Internet Protocol TeleVision)のようなストリーミングサービス、企業網を想定したIMS(IP Multimedia Subsystem)へ拡張する。

(3) リリース3：ユビキタス

RFID(Radio Frequency IDentification)を活用したアプリケーションを次世代ネットワーク上で提供する。

4. 三菱電機の取り組み

4.1 次世代ネットワーク関連技術、製品への取り組み

次世代ネットワークでは、IPネットワーク上に固定電話、携帯電話を含む多様な通信サービスの統合提供が想定されるため、構成する通信機器には高速・広帯域通信に加え経済性・高信頼性・安全性が要求される。当社は、これまでに蓄積した技術力を基にトランスポート、エンドユーザー端末分野を中心に技術開発、製品開発を進めている。

(1) トランスポート

コアトランスポート分野では、大容量、高信頼かつ経済的な光トランスポートシステムの技術開発、製品化開発を実施している。またアクセストランスポート分野では、光アクセスシステム、無線アクセスシステムを中心に高速広帯域化及び適用分野の拡大に取り組んでいる。

(2) ユーザー端末

ユーザー端末分野では、エンド・ツー・エンド品質制御や様々な宅内機器の取容を行うホームゲートウェイ及びIPネットワークを介して高品質映像受信を行うIP-STB(Internet Protocol-Set Top Box)等のホームネットワーク機器や10Gbpsの超高速暗号通信を実現する超高速VPN(Virtual Private Network)装置の技術開発を行っている。

4.2 コアネットワーク分野

アクセス回線の広帯域化に伴う高速サービス提供のためには、基幹系光ネットワークの大容量化が必要となる。当

	2005年	2006年	2007年	2008年	2009年
リリース1		サービス: マルチメディア、電話系エミュレーションサービス 機能: リアルタイム音声、映像、マルチメディア会議、データ通信等のサービスに向け、帯域等のリソース管理、アドレス管理、セッションの設定・開放機能等を実現			
リリース2		サービス: ストリーミングサービス 機能: インタラクティブ型エンタテインメント(IPTV, VoD)、マルチキャストの実現、ホームネットワーク接続、リリース1の拡張			
リリース3			サービス: ユビキタスサービス 機能: RFID等の接続、リリース2の拡張		

図4. 標準化スケジュール

社は次世代ネットワークのトラフィック需要増に対応するため、大容量で経済的な光伝送システムの開発、製品化を推進している(図5)。

(1) 大容量コアネットワーク

トラフィックの爆発的な増大に対して、運用中のサービスに影響を与えることなく、柔軟な帯域拡張を実現するために、DWDM(Dense Wavelength Division Multiplexing)技術や光スイッチを適用した大容量光リング伝送装置ROADM(Reconfigurable Optical Add/Drop Multiplexer)や他方路(3以上)切替機能を持つOXC(Optical Cross Connect)を実現した。このように光電気変換なく光波長単位で通信回線のAdd/Dropを行うことによって、ネットワークの低コスト化及び柔軟な帯域拡張が可能となった。また、更なる広帯域化に向け、可変分散補償とDQPSK(Differential Quadrature Phase Shift Keying)変調技術の適用によって40Gbps×40波、600kmの大容量長距離伝送を実現するWDM装置の開発に取り組んでいる。

(2) 保守運用性の向上

高信頼かつ経済的な大容量光リング伝送装置の実現に向け、リング内光パスの一括監視と遠隔からの冗長化された主信号光スイッチ制御によって、障害時の回線復旧の迅速化とパス開通設定/工事時の省力化を実現した。特にGMPLS(Generalized Multi-Protocol Label Switching)技術を監視制御系に適用し、パス/設備の集中管理、網接続情報やネットワークリソースのリアルタイム収集、パス設定の自動化及び故障時の自立的な迂回路計算/パス切り替えによって、運用の簡易性向上と迅速性、信頼性の両立を図った。

4.3 光アクセスネットワーク分野

当社はこれまで多くの通信事業者に、FTTH用GE-PON(Gigabit Ethernet-Passive Optical Network)システムを提供してきた。これまで培った光アクセス技術をベースに、多彩なサービスを収容可能なアクセスネットワークを実現するために、更なる高速広帯域化並びに高信頼化、高機能化に取り組んでいる。

(1) 次世代光アクセスシステム

FTTH用PONシステムの更なる高速広帯域化に向けて次世代アクセス系の有望な技術の一つである10G-PONシステムに着目し標準化活動の推進並びに光送受信器、PON制御等の技術開発を行っている。特に既存のG-PONやビデオ配信システムとの混在収容やGE-PONから10G-PONへのスムーズなマイグレーションについて検討を進めている。

(2) 高機能化、高信頼化

移動体通信等のビジネス用途に適用するため、スイッチ機能、光アクセス回線冗長化及びクロック情報伝達機能をGE-PONシステムに搭載し、障害発生時等の早期障害復旧とネットワークの高信頼化を実現した。またビジネス用途の専用線サービスに対応するため、エンド・ツー・エンドでの保守運用性向上とネットワークの信頼性向上のため、アクセス回線の冗長化とイーサネットOAM(Operations, Administration, Maintenance)機能を搭載したメディアコンバータを製品化した。

さらに今後見込まれる通信トラフィック増加とサービスの多様化に伴う様々な通信品質要求のトラフィック集約のため、高速トラフィック制御によって通信品質の確保と高スループットを実現する次世代レイヤ2多重化装置の開発を進めている(図6)。

4.4 無線アクセスネットワーク分野

無線アクセス分野では、より高度で多彩なサービスをエンドユーザーに提供するため、無線伝送の大容量化、音声+データ通信の実現に向けた無線アクセス技術の開発やブロードバンド回線経由で端末収容が可能なフェムトセル用基地局、構内無線LAN(Local Area Network)システム等の製品開発に取り組んでいる(図7)。

特に数10Mbps~100Mbps超と大容量化される次世代無線アクセスシステムの実現に向け、OFDMA(Orthogonal Frequency Division Multiple Access)変調方式、送信と受信に複数のアンテナを使用するMIMO(Multiple Input Multiple Output)等のトランスポート技術及び低遅延ネットワーク制御の技術開発を推進している。

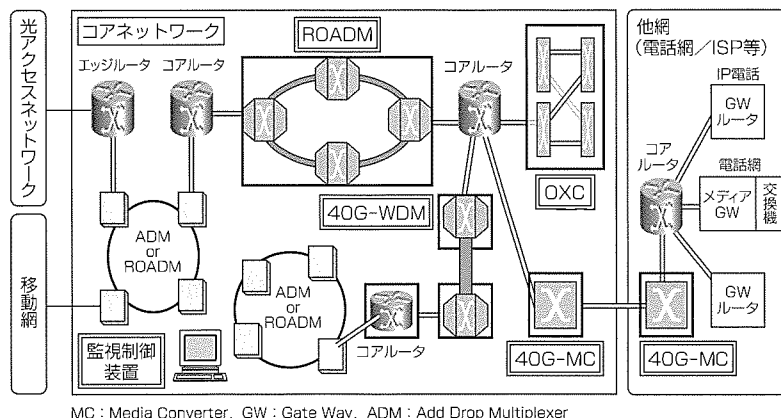


図5. コアネットワーク構成

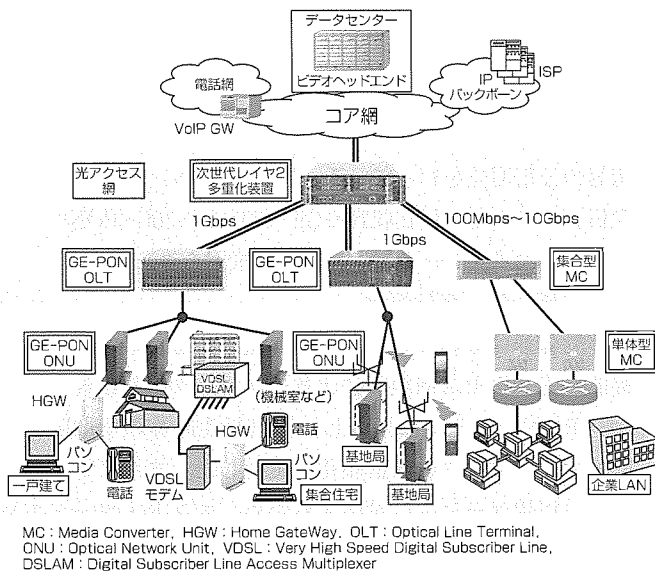


図6. 光アクセスネットワーク構成

4.5 ホームネットワーク分野

IP網である次世代ネットワークを用いて多種多様なサービスをユーザーに提供するには、宅内の様々な端末機器、家電機器等を安全・確実にネットワークに接続する必要がある。

当社は、ユーザー宅内でエンド・ツー・エンドの品質制御機能やユーザー認証・端末認証機能を搭載し、各種端末機器を柔軟に収容可能なホームゲートウェイや通信・放送連携サービスである高品質IP映像サービスを提供するIP-STBの技術開発、製品化に取り組んでいる(図8)。

(1) エンド・ツー・エンドの品質保証

次世代ネットワークでは、端末/サーバ/ネットワーク間でのSIP(Session Initiation Protocol)を用いたネゴシエーションによって、電話/映像配信/データ通信等のサービス面からの要求に適した通信品質クラス(最優先, 高優先, 優先, ベストエフォート)の選択や通信帯域の確保を行っている。当社はこの機能をIP電話, ブロードバンドルータ, 無線LAN機能等を実装したホームゲートウェイ並びにIP-STBに搭載し, エンド・ツー・エンドの品質保証を実現した。

(2) 各種宅内機器の収容

ホームネットワークにある家電機器等非IP端末を通信網に接続し多種多様なサービスを提供するため, ホームゲートウェイに端末/ユーザー認証機能, OSGi^(注2)(Open Services Gateway Initiative)プラットフォームを搭載し, 非IP端末機器(監視カメラ, 各種センサ等)や家電機器の収容と遠隔からの情報配信, 監視制御を実現した。

(3) 通信・放送連携サービスの提供

次世代ネットワークを活用した新サービスとして期待さ

(注2) OSGiは, OSGi Allianceの登録商標である。

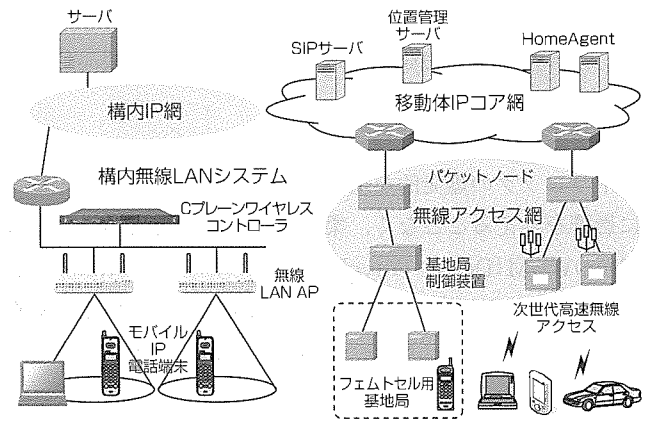


図7. 無線アクセスネットワーク構成

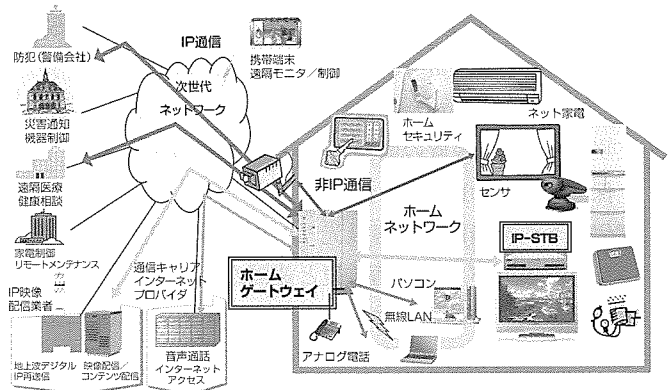


図8. ホームネットワーク構成

れるIPネットワークによる高品質映像配信, 地上デジタル放送再送信を提供可能な通信放送連携サービス用端末IP-STBを開発し, 次世代ネットワークフィールドトライアルで一般ユーザー向けにサービス提供を行った。

5. むすび

次世代ネットワークを支える関連技術として, コアトランスポート, アクセストランスポート, ホームネットワークの各分野における当社の取り組みを概説した。それぞれの詳細は後続の特集論文を参照願いたい。

当社は, 継続的なブロードバンドサービスの需要増とサービスの高度化にこたえるために, 快適で安心して使えるネットワークの実現に向け, “Changes for the Better”の精神で, 今後もより一層の技術力の向上, 研鑽(けんさん)に取り組む所存である。

参考文献

- (1) 総務省: 情報通信統計データベース, ブロードバンドサービス等契約数の推移 (2007-6)
- (2) 総務省: 情報通信と社会生活, 平成19年度版情報通信白書, 151~154 (2007)

次世代ネットワークの標準化動向と今後の展望

横谷哲也*
下笠 清**
上田広之***

Standardization Trend and Future Issues in NGN

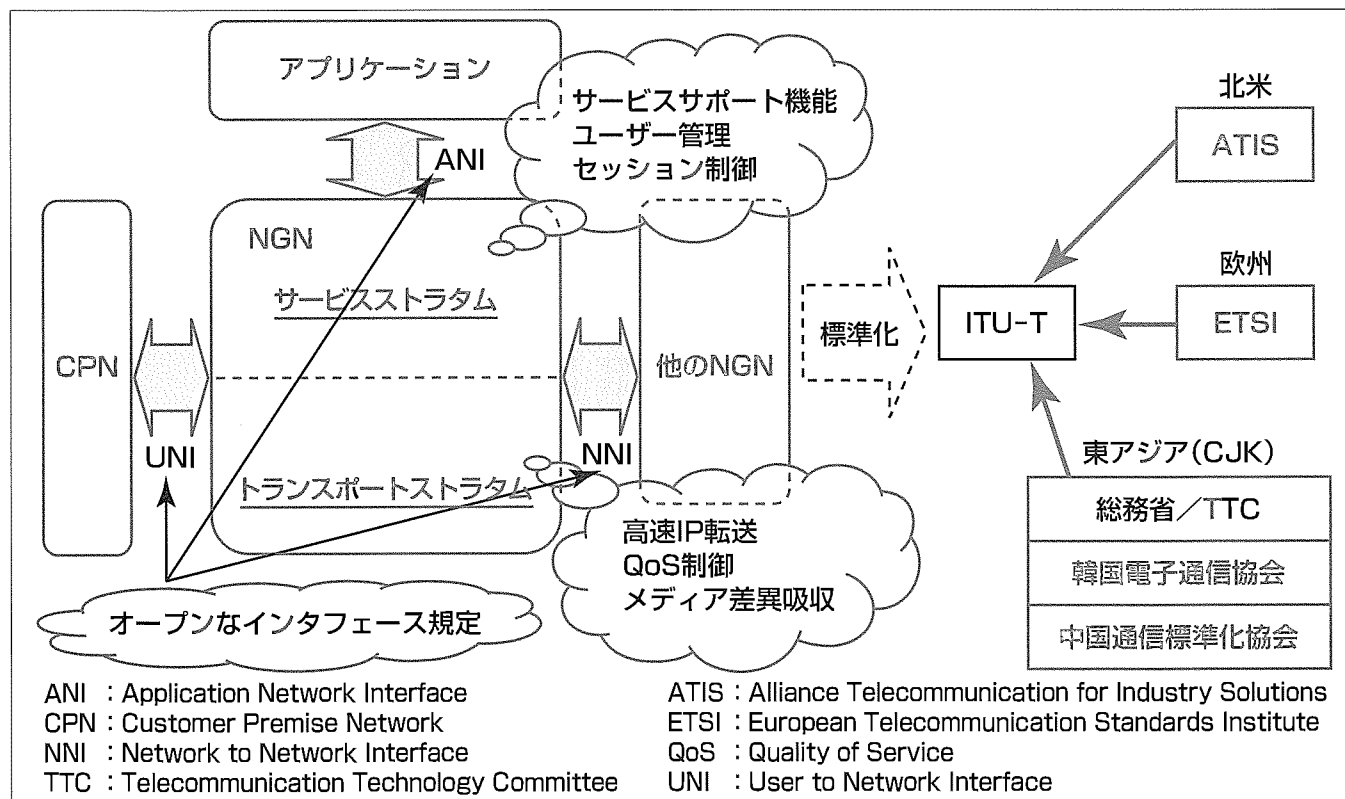
Tetsuya Yokotani, Kiyoshi Shimokasa, Hiroyuki Ueda

要 旨

NGNは電話サービスとインターネットサービスをIP (Internet Protocol)技術によって統合する新しい通信インフラと言える。NGN(Next Generation Network)では、情報転送機能とサービス制御機能を分離し、それぞれ独立に拡張できるアーキテクチャとしている。前者をトランスポートストラタムと呼び、高速IP転送、アプリケーションを意識したきめ細かな品質制御を行う。さらに、トランスポートストラタムでは、既に存在している有線・無線のインフラを活用するために、これらの通信メディア間の差分の吸収も行う。一方、後者はサービスストラタムと呼ばれ、通信セッションの管理、ユーザー管理、更には各種サービスへの高度なサポート機能を提供する。NGNでは、今後、これらの機能によって電話・インターネット・映像配信と言ったいわゆるトリプルプレーサービスを超越する新しいサービスが作り出される可能性がある。

現在、NGNはITU-T(International Telecommunication Union-Telecommunication Standardization Sector)を中心に標準化が行われている。ここでは、ITU-Tを中心とした標準化動向について概要を示す。また、ITU-Tでの標準化活動を支援するため設立されている国内フォーラム(次世代IPネットワーク推進フォーラム)の概要について述べる。さらに、三菱電機におけるこれらの標準化活動への取り組みを述べる。

一方、技術的な側面では、今まで標準化の議論がアーキテクチャ並びにコアネットワークを中心に行われてきた。しかし、今後はユーザーサービスに直接接するアクセスネットワークとホームネットワークの議論が活発化すると考えられる。特にホームネットワークは、現状様々な標準化団体が標準化に取り組んでおり、ITU-T内部でもいくつかのStudy Groupで検討が進められている。



NGNの機能的特徴とそれを支える標準化の枠組み

NGNのネットワーク構成、インタフェースの規定点について示す。また、NGNの機能的特徴を整理する。さらに、それらを実現するための標準化の枠組みについて示す。標準化はITU-Tで議論されているが各国の事情を考慮した議論やプロモーションも必要であり、それらのために北米、欧州、東アジアにそれぞれ検討機関を設け展開している。

1. ま え が き

IP技術によって統合化された次世代ネットワーク(NGN)の標準化がITU-Tを中心に進められている⁽¹⁾。

NGNでは、広帯域な通信インフラ上で電話、インターネット、映像配信の高品質なトリプルプレーサービスの提供を目指している。また、固定・移動サービスの融合によって新しいサービス領域の創造が期待されている。本稿では、NGNの標準化動向について概観し、その中で今後議論が活発化と思われるアクセスネットワーク・ホームネットワークに焦点を当てて課題と今後の展望を述べる。

2. NGNの全体概要

NGNはITU-Tの多くの勧告でそのアーキテクチャが議論されている。ここでは、それらを概説し、NGNの特徴を整理する。

NGNはITU-T Y.2001⁽²⁾で定義されている。それに基づきネットワーク、サービスからの特長を図1に整理する。NGNでは、図に示す①から⑤の機能を持つことによって品質保証、移動性の提供等様々なサービスの提供を目指している。

また、NGNのアーキテクチャモデルと機能配置を図2に示す⁽³⁾。ここでは、QoS制御が主として記述されており、QoS保証サービスを行うための中核機能としてRACF(Resource Admission Control Function)が規定されている。RACFでは、必要帯域等のQoSを保証するために必要なネットワークリソースの要求の受付判断を行い、受け付けられる場合は各装置のPEF(Policy Enforcement Function)に通知し優先制御等のトラフィック制御機能を用いてユーザー情報の転送を行う⁽⁴⁾。なお、NGNでは、これらのネットワークリソースの要求にはSIP(Session Initiation Protocol)を用いることが決められている。さらに、NGNでは、他のキャリアにおけるNGN、端末(ユーザー設備)、アプリケーションサーバを開放するためそれぞれ

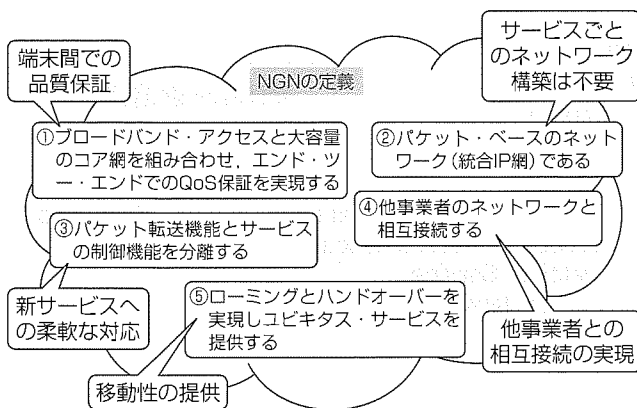


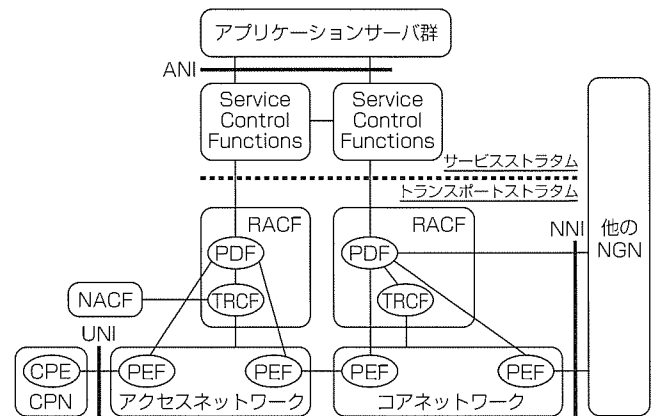
図1. NGNの特長とねらい

NNI, UNI, ANIと呼ばれるオープンなインタフェースを規定している。

3. ITU-Tにおける標準化動向

ITU-Tでは、2004年5月にFG-NGN(Focus Group NGN)を組織して本格的な標準化活動を開始した。2005年11月にフレームワークと標準化対象課題の抽出を完了し、その活動を終えた。以降、SG13を中心に多くのSG(Study Group)がNGNの標準化の議論を展開している。参考文献(2)~(4)に加えて、Y.2012, Y.2021, Y.2202等がアーキテクチャを俯瞰(ふかん)する上で有効と考えられる。

表1に、主なSGの取り組みを示す。これらのSGでは基本的にはSG13で示されている図3のような標準化計画にしたがって議論を進めている。おおむね、通信の基本機能は今会期(2005~2008年)に規定されると考えられるが、拡張機能、サービスまで踏み込んだ勧告化は次会期(2009~2012年)に跨(またが)ると考えられる。図3における点線は現状に合わせた標準化計画である。現時点では、リリース1に対する議論がほぼ終わり、リリース2の課題提起が行われている。したがって、詳細な技術仕様まで含めるとリリース2以降では、次会期も議論がされると考えられる。



PDF: Policy Decision Function
TRCF: Transport Enforcement Function
NACF: Network Attachment Control Function
CPE: Customer Premise Equipment

図2. NGNにおける機能配置

表1. ITU-Tにおける関連SGでの取り組み

SG	課題
2	Numbering Naming and Addressing
4	Network management
9	Cable and TV networks
11	Signaling requirement, control architecture and protocol on NGN
12	Performance and QoS
13	Lead SG: Functional requirements, service and architecture
15	Broadband access and transport
16	Multimedia terminals and applications
17	Network security
19	FMC and mobility management

特に、リリース2での主要課題の一つであるホームネットワーク接続ではアーキテクチャの議論が始まっており、2009年からの次会期でも議論が活発化すると考えられる。当社では、このような流れの中で、転送機能、端末機能、アプリケーションを中心に検討を進めSG15、SG16での標準化活動に積極的に取り組んでいる。

4. 国内におけるNGNの標準化への取り組み

一方、日本国内でのNGNの標準化への取り組みとして総務省が次世代IPネットワーク推進フォーラム (<http://ngnforum.nict.go.jp/>)を設立してITU-Tへの標準化支援、産学官でのNGNに関する情報交換、課題検討等を行っている。図4にこの組織の構成を示す。当社では、技術基準検討WG、戦略WG、ホームネットワークWGに参画しベンダーの観点でNGNにおける技術課題検討を行っている。

5. アクセスネットワークの標準化動向と今後の課題

IPベースのアクセスネットワークの位置付け⁽⁶⁾を踏まえ、NGNでは、アクセスネットワークを次のように特徴付け

ることができる。

- ①ルーティング機能を持たないためにレイヤ2によって有線・無線と言った通信媒体の差の隠蔽(いんぺい)及びコア網への多重を行う。
- ②ユーザーのトラフィックフローを認識し、各フローのQoSの要求を満たしつつ多重化を行う。

このような特徴を踏まえ、NGNにおけるアクセスネットワークの構成と分類を図5に示す。

次にアクセスネットワークにおける標準化動向について概観する⁽⁶⁾。有線系ではメタルアクセスはITU-T SG15を中心に高速化の検討が継続的に進められているが、100Mbps程度が限界と考えられており収束方向にあると言って良い。一方、光アクセスはFTTH(Fiber To The Home)の主力方式となっているP-MP(Point to Multi-Point)構成は、PON(Passive Optical Network)技術によって実現されている。PON技術はIEEE802.3ah(GE-PON: Gigabit Ethernet Passive Optical Network)とITU-T SG15(B-PON/G-PON: Broadband-PON/Gigabit-PON)で標準化がされてきた。これらの議論は収束方向にあるが、更なる高速化をねらい標準化が開始されている。一つの候補としては双方向10GbpsクラスのTDM(Time Division Multiplexing)型のPONが考えられているが、既存標準との関係、具体的な適用サービスの検討等が今後必要になると考えられる。無線系では、図5のように3つの分類で議論がされている。本格的なIP化に加えて、有線系と同様に広帯域サービスをねらい、伝送技術の高速化と高速移動への対応が今後も継続的に議論されることが考えられる。特にセルラ系ではIMT-Advancedと呼ばれる新世代移動通信システムの検討がITU-R(International Telecommunication Union-Radiocommunication Sector)で開始され低速移動時1Gbps、高速移動時100Mbps以上の性能が目

	2005	2006	2007	2008	2009
リリース1		→	→		
サービス: マルチメディア、電話系エミュレーションサービス 機能: 帯域等のリソース管理、アドレス管理等の基本機能の実現 セッションの設定・解放機能の実現					
リリース2			→	→	
サービス: ストリーミングサービス 機能: インタラクティブ型エンタテインメント、マルチキャストの実現 ホームネットワーク接続 リリース1の拡張					
リリース3				→	→
サービス: ユビキタスサービス 機能: RF-ID等の接続 リリース2の拡張					

図3. ITU-Tにおける標準化計画

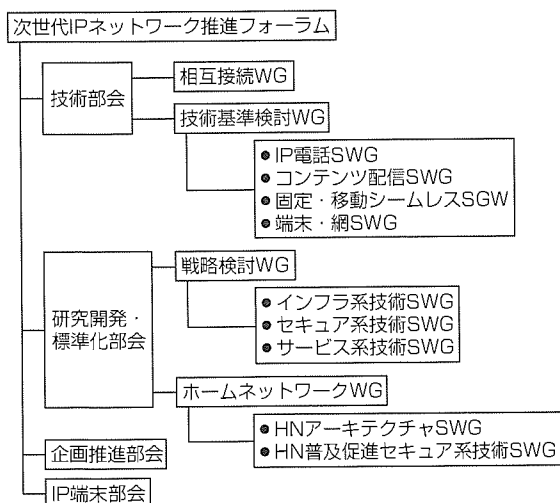
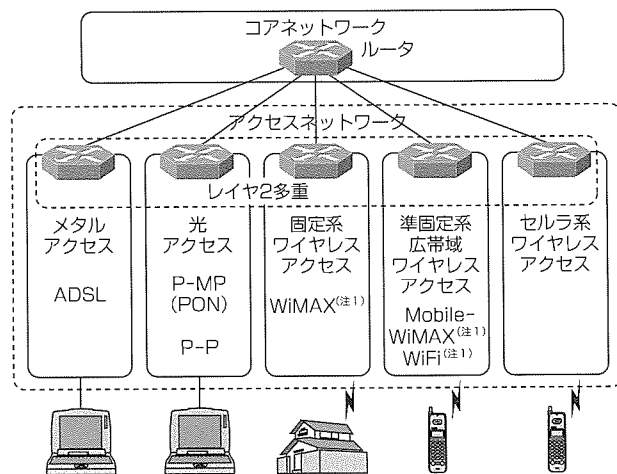


図4. 次世代IPネットワーク推進フォーラム組織図



ADSL : Asymmetric Digital Subscriber Line
WiMAX : Worldwide Interoperability for Microwave Access
(注1) WiMAX, Mobile WiMAXは、WiMAX Forumの登録商標である。
WiFiは、WiFi Allianceの登録商標である。

図5. アクセスネットワークの構成と分類

標とされている。

さらに、レイヤ2での多重化機能としてはイーサネット技術が適用されるが、今後のフロー単位のみめ細かなQoS制御や高信頼化制御のために、多フロー収容できる多重化アルゴリズム、VLAN(Virtual Local Area Network)制御機能、OAM/APS(Operation, Administration and Maintenance/Automatic Protection Switch)技術等が今後の課題と考えられる。これらの中で当社では、ハードウェアの簡略化をねらった多重化アルゴリズムに対する技術確立⁽⁷⁾やAPSの標準策定⁽⁸⁾に寄与してきた。今後もこれらの技術検証並び標準化推進を行う予定である。

6. ホームネットワークの標準化動向と今後の課題

キャリア主導のホームネットワークの標準化は今までDSL(Digital Subscriber Line)フォーラム⁽⁹⁾、HGI(Home Gateway Initiative)⁽¹⁰⁾で行われてきた。しかし、ITU-Tでは、ホームネットワークでのNGNサービスの継続性を提供するためのアーキテクチャに関する標準化活動をDSLフォーラム、HGIとリエゾンを取りながら行っている。ITU-Tから見たホームネットワークの標準化の枠組みを図6に示す。

ITU-Tにおけるホームネットワークの標準化はSG9、SG15、SG19の3つのSGで主に行われている。SG9では、IPケーブルネットワークの観点からJ.190を2002年に規定しており、2007年、現状の通信事情に合わせて改版した。SG15、SG16はNGNを意識して標準化を進めておりそれぞれ2008年中にアーキテクチャ勧告を規定する予定である。主に、SG15で転送系(NGNのトランスポートストラタムに相当)、SG16でサービス・制御系(NGNのサービスストラタムに相当)を担当している。SG15では、比較的上位レイヤに焦点を当てたG.hnta(Home Network Transport Architecture)と物理レイヤに焦点を当てたG.hn(Next generation home networking transceivers)の検討を行っている。また、SG16では、上記のようにサービス・制御

系の観点からH.ghna(A generic Home Network architecture with support for multimedia services)の議論を行っている。当社では、アクセスネットワークとホームネットワークの連携制御、NGNと等価なQoS保証の方式規定等の検討を中心的に進めてきておりH.ghnaの策定に貢献している。

7. むすび

本稿では、NGNの標準化動向についてITU-Tを中心に概観した。特に、今後の検討が活発化すると考えられるアクセスネットワークとホームネットワークの現状と今後の課題について述べた。今後、NGNの普及期を迎え機器間の相互接続性、導入容易性が非常に重要となると考えられる。これらは今後、標準化の場でも議論がされると考えられる。

参考文献

- (1) 前田洋一(編)：次世代ネットワーク技術の標準化動向、電子情報通信学会学会誌、89、No.12、1044～1072 (2006)
- (2) ITU-T Y.2001：General overview of NGN (2004)
- (3) ITU-T Y.2012：Functional requirements and architecture of the NGN (2006)
- (4) ITU-T Y.2111：Resource and admission control functions in Next Generation Networks (2006)
- (5) ITU-T Y.1231：IP access network architecture (2000)
- (6) 横谷哲也、ほか：次世代ブロードバンドアクセス網技術、電子情報通信学会学会誌、89、No.12、1062～1066 (2006)
- (7) 川手竜介、ほか：WFQ制御の簡易化方式の提案、電子情報通信学会和文誌B、J90-B、213～216 (2007)
- (8) ITU-T G.8031：Ethernet protection switch (2006)
- (9) DSL Forum Technical report：Internet Gateway device version 1.1, TR-098 (2005)
- (10) HGI document：Home Gateway Technical requirements:Release 1, version 1.0 (2006)

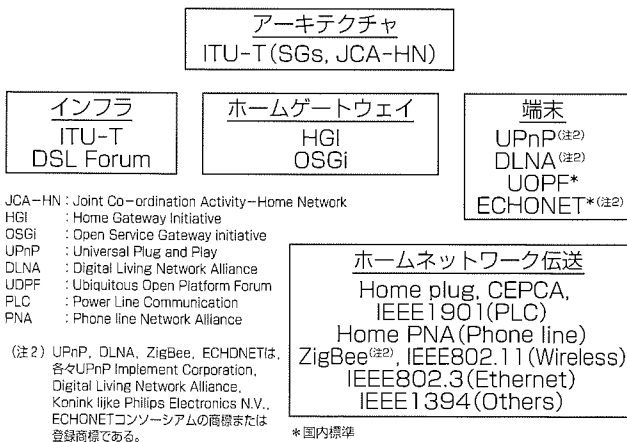


図6. ホームネットワークにおける標準化の枠組み

次世代光トランスポート技術

一番ヶ瀬 広* 本島邦明***
水落隆司**
清水克宏*

Next Generation Optical Transport Technology

Hiroshi Ichibangase, Takashi Mizuochi, Katsuhiro Shimizu, Kuniaki Motoshima

要旨

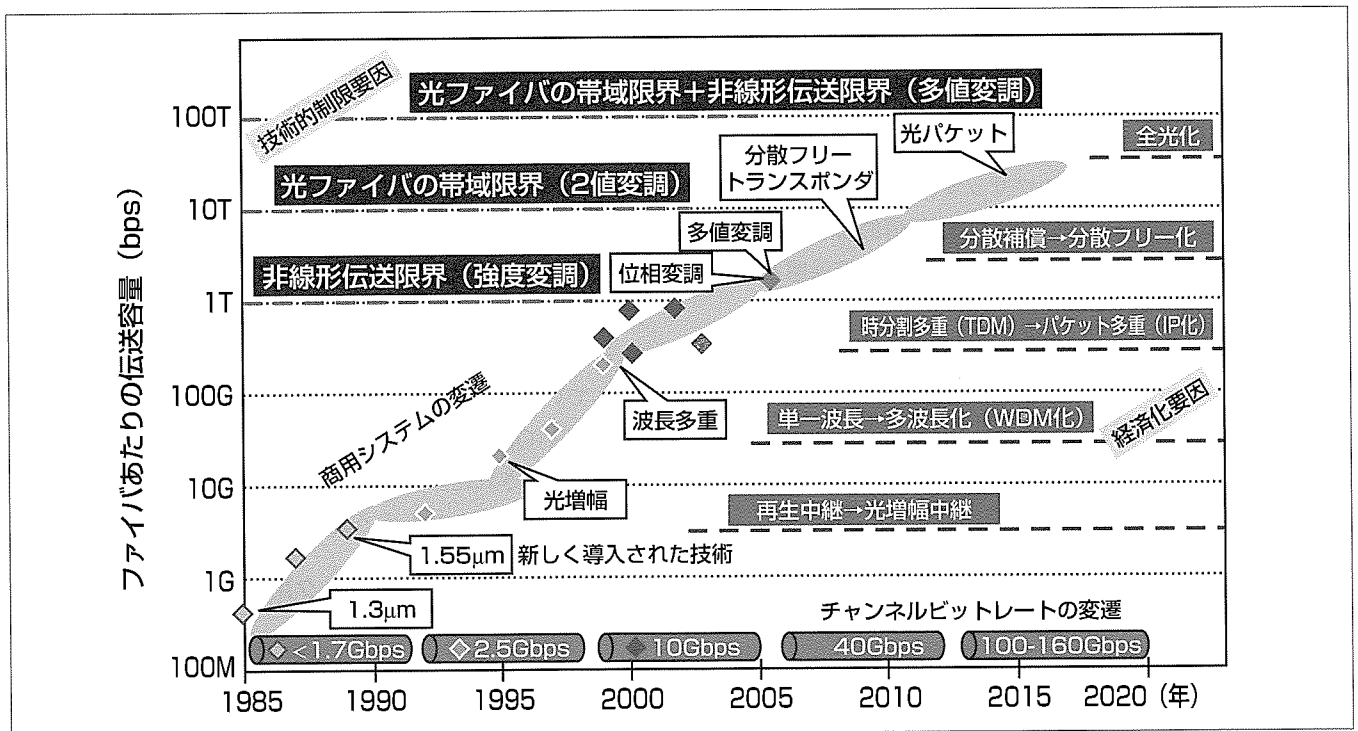
1980年代にコアネットワークで実用化された光トランスポート技術は飛躍的発展を遂げ、1990年代末までに海底、陸上システムともに光増幅伝送に置き換わった。また1990年代後半には光増幅技術、波長多重伝送技術によって、伝送容量が大きく伸びることで一時的に供給過多の状態となった。2000年代に入ってアクセスネットワークの光化がようやく実現され、最近になってまたコアネットワークの大容量化の要求が出てきており、今後ますます光伝送が担う役割が大きくなりつつある。本稿ではこれらのネットワークの進展を支えた光トランスポート技術及びその将来について述べる。

下図に光トランスポート技術のロードマップを示す。光トランスポート技術はまずはコアネットワークに適用するために開発され、大容量、長距離化を課題として下図に示すような新しい技術が次々に開発されてきた。ビットレートはLSI技術の発展に伴って順次10Gbpsまで進み40Gbps

の実用化が始まっている。これまでに光増幅技術、波長多重技術によって伝送距離、伝送容量が新しいパラダイムの上で飛躍的に向上してきた。また、トポロジもポイント・ツー・ポイント伝送からリング型又はメッシュ型のものが提案されてきている。

アクセス系の光化では、これらの技術を基に伝送路に光スプリッタを使用する1対N接続のトポロジが適用された。新技術としてはバースト伝送のための瞬時ビット同期、高速AGC(Automatic Gain Control)技術とダイナミックレンジ拡大のためのAPD(Avalanche Photo Diode)受信技術などがある。

40Gbps以上の光伝送では、光ファイバの波長分散、偏波分散の影響が大きいという壁がある。それらを克服するために、図中にあるように位相変調、多値変調などの技術が提案されており、この分野の研究開発が盛んになっている。



光トランスポート技術のロードマップ

1980年代に海底線及び陸上コアネットワークに導入され、光増幅、波長多重技術によって伝送容量が飛躍的に拡大した。2000年に入り、これらの技術はアクセス系にも導入されFTTH (Fiber To The Home) が実現した。またこの影響で最近になってメトロ・コアネットワーク伝送容量の拡大が要求が強くなっており、位相変調、多値変調といった新しい技術が要求されている。

1. ま え が き

国内では1980年代にまず光ファイバが幹線網に導入され、1990年代に入り、アクセス系も複数加入者、複数サービス多重による経済化のため地下系から架空系への境目であるき線点まで光ファイバが導入された。

1990年代後半に入り、光増幅器、光波長多重技術の導入によってメトロ・コアネットワークの光化が進み、長距離伝送容量が飛躍的に増大した。この増大する傾向は従来のムーア則を超える増え方であったため、トラヒックの増加をコアネットワーク側が待つ状態となり、コアネットワークのシステム需要が停滞した。

2000年代に入ってようやく標準も整備され⁽¹⁾、1 GbpsクラスのPON(Passive Optical Network)による光通信がアクセス系に導入され、これまで停滞していたコアネットワークが再び活況を呈する状況となりつつある。

図1にネットワーク構成図を示す。本稿では、これらのネットワークの進展を支える光トランスポート技術の概要及びその将来について述べる。

2. 光アクセスネットワークの変遷と技術動向

2.1 ネットワーク構成

アクセスネットワークは、経済性を考慮してスターカブラを局舎又は線路上に置き、1 Gbpsクラスで光を分岐したGE-PON(Gigabit Ethernet-Passive Optical Network)方式が商用化され普及している。アクセスネットワークの構成等は本号別論文を参照されたいが、ここでは光トランスポート技術の動向について述べる。

2.2 PONを支える光トランスポート技術

PONは伝送路上に光のスプリッタという受動素子を置くことで、メンテナンスが不要かつ経済的なネットワークが構成できるという特長を持っている。技術課題として

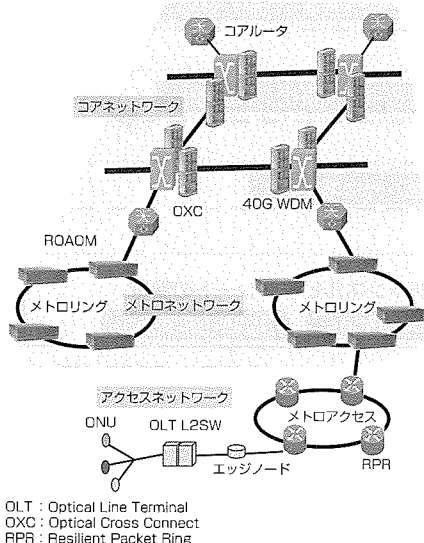


図1. ネットワーク構成図

は上り方向の時分割多重のためのバースト送受信、及びスプリッタでの光のレベル損失を補うほど広いダイナミックレンジが要求される。三菱電機は高出力LD(Laser Diode)送信⁽²⁾及びAPD受信技術⁽³⁾、ビット同期技術によってこの課題を克服した。ビット同期は局側にある周波数同期したクロックに同期した複数位相のクロックを準備して到来バースト信号の変化点の位相を検知して適切な位相を選択するデジタル位相選択型を開発した⁽⁴⁾。

2.3 ポイント・ツー・ポイント光伝送

ビジネスユーザー向けアクセスネットワークには、ポイント・ツー・ポイント接続型の光伝送装置が用いられる。特にデータセンタとキャリアのサービス局舎まで約40～80kmを結ぶ大容量専用回線に用いられている。これまでに10Gbpsまでの伝送方式が標準化され、実用化されており、40Gbpsのものも開発を完了した。40Gbpsのポイント・ツー・ポイント型光伝送装置の特長は分散補償と保守監視機能である。アクセス系では需要に応じて線路の敷設、移動等の建設工事に伴って気軽に回線を設定するためには保守監視信号のサポートと距離を意識しない伝送技術が要求される。このために当社は、OTN(Optical Transport Network)による保守監視機能を導入し、光可変分散補償器を開発することで、自動分散補償技術を確立した⁽⁵⁾⁽⁶⁾。

2.4 将来研究動向

PONの分野で10Gbps PONに関する標準化が、IEEE(Institute of Electrical and Electronics Engineers)及びITU-T(International Telecommunication Union-Telecommunication Standardization Sector)で開始された。すでに国内では1 Gbpsの光アクセスネットワークが構築されているが、この標準では、1 Gbpsネットワーク上でのオーバレイを行う波長多重、電気多重などが検討されている。また、PONの拡張方式として、光増幅器などを用いた20km以上の長距離化、64分岐以上の多分岐化、屋外設置ONU(Optical Network Unit)、下り方向に映像ストリームサービスを提供するための3波多重技術などが検討されている。また、将来技術として、無線にならってOCDMA(Optical Code Division Multiple Access)技術の研究も開始された。究極の伝送方式としてコヒーレント検波による光アクセスもそう遠い将来でないかもしれない。

3. メトロ・コアネットワーク用光トランスポート技術

3.1 メトロネットワーク

図2に光メトロ・コアネットワークでの技術の変遷を示す。メトロネットワークは従来SONET/SDH(Synchronous Optical Network/Synchronous Digital Hierarchy)系光伝送装置によるポイント・ツー・ポイント伝送又はリングネットワークが主流であったが、一つのノードですべての信号を電気信号に変換してパス及びセクションの設定

を行うため、プロテクションを実施する上でリング内の波長数を一斉に増やす必要があるなど設備投資上のリスクが大きくなる、また、リング内トラフィック収容率の低下を招くなどの課題があった。

これに対して、OADM(Optical Add Drop Multiplexer)の概念が登場、OADMはノードを通過する情報を電気に変換することなく光信号のまま通過させ、光/電気変換並びに電気処理を省く効果があるため、ネットワークを経済的に構築することができる。また、トラフィック需要に応じて送信波長やパス接続構成を変更できるROADM(Reconfigurable Optical Add Drop Multiplexer)技術によって光パス収容効率が改善される。ROADMを構成する上でキーとなるデバイスは波長可変光トランスポンダと光スイッチ機能付きの光分岐挿入多重回路で、送信側の波長可変範囲を極力広くかつ波長が設定された場合に温度、経年条件にかかわらず安定した波長で発光すること、任意の波長の挿入/通過を安定かつ高速に行えることが重要となる。

当社は、更に光パスの収容効率を上げるために、光をメッシュ状につなげるPXC(Photonic Cross Connect)を提案した⁽⁷⁾⁽⁸⁾。PXCでは光スイッチ自体の信頼性、保守性が重要であるが、光パスがメッシュ上に構成されるため、その制御も重要な課題である。当社ではGMPLS(Generalized Multi-Protocol Label Switch)を使った分散制御方法によって、この課題に取り組んできた⁽⁹⁾。

将来の光ネットワークとして、更に多重化効率を上げることができる光パケット多重はまだ研究段階である。電気的なパケット多重では同一方路へ出力すべきパケットが重なる輻輳(ふくそう)時の待ち合わせ手段としてメモリが用いられるが、光ではメモリを構成することが技術的に難しいため同じ構成が採れない。これを解決する1案として、出線が重なった場合に光の波長を変えて波長多重して出力する方法がある。当社はこの波長を変換する機能として、半導体増幅器による波長変換器の開発を行ってきた⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾⁽¹²⁾。今後実用化を目指してさらに研究を進めていく。

3.2 コアネットワークと長距離大容量光伝送

コアネットワークは光通信による経済的効果が高い領域であり、光通信装置が最も早くから実用化された。現在は陸上システム、海底システムともに10Gbpsのリング型又

はリニア型ネットワーク用装置が実用化されている。長距離光伝送システムの課題は、伝送ペナルティを低減する技術であり、最も大事なのは分散補償技術と誤り訂正技術である。

分散補償としては伝送路と逆特性を持つ分散補償ファイバを用いて補償する方法がこれまで用いられてきたが、支障移転などによって伝送路の長さが増える場合には、新たに異なる分散補償ファイバを導入するなどの運用コストに大きな影響を与えてきた。これに対して、ファイバグレーティングを用いた可変分散補償デバイスを提案してきた。分散補償器は数百ps/nm以内の分散については任意に補償分散量を設定することができるため、ある程度距離が異なる支障移転が発生してもオペレーション操作だけで対応することが可能になる。

誤り訂正は光増幅器を用いた波長多重光伝送系で伝送距離を延ばす効果が大きいため、光通信の分野でも用いられてきた。当初はITU標準G.975に規定されている冗長度7%のリードソロモン符号が用いられたが、当社は更に符号化利得を上げるため、冗長符号を内、外の二次元にし、受信側で内の系列の復号、外の系列の復号を順次繰り返す繰り返して復号を提案した。これによって符号化利得は、6dBから8dBに改善された。当社は更なる改善として、従来のターボ符号をブロック符号に適用することで、符号化冗長度を低く抑え、軟判定回路と組み合わせることで符号化利得10dBを実現した⁽¹³⁾⁽¹⁴⁾。

単位回線当たりのコストを下げる手段としてビットレートの高速化が以前から行われてきた。10Gbps光ネットワークを40Gbpsシステムに置き換える40Gbpsシステム導入の機運がようやく高まりつつある。しかしながら40Gbpsシステムは分散の影響も10Gbpsシステムの16倍となる上、中継器の配置区間を変えずにネットワークを構成するには雑音耐力改善などの課題がある。一つの方法は多値光変調によってシンボルレートを下げることで分散の影響を緩和し、強力な誤り訂正によって雑音耐力を高めることである。しかしながら回路規模が大きくなるため、10Gbpsで使っていた誤り訂正方法を40Gbps用にそのまま実装することができない。誤り訂正能力を低下させず回路規模を削減する新しい方式開発に取り組んでいるところである⁽¹⁵⁾。

10Gbpsクラスのトランスポンダを使った光ネットワークは実用化されて久しく、今や成熟期を迎えている。これに対して当社はドライバICとLDチップを一体化実装した光送信サブモジュール、受信PD/APDとプリアンプチップを一体化実装した受信サブモジュールなどによる光送受信器の開発⁽¹⁶⁾⁽¹⁷⁾によって装置の小型化、低コスト化に寄与してきた。

3.3 光伝送及び光ネットワークの将来技術

これまで、光通信は光のオン・オフに情報を載せた通信

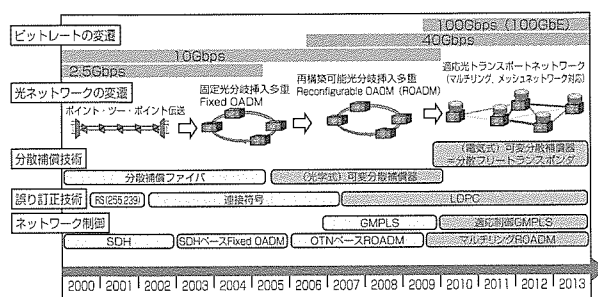


図2. 光メトロ・コアネットワーク技術の変遷

を行ってきたが、伝送特性の改善のため、位相変調などのベクトル変調と光の遅延検波を用いて、光の位相や周波数に情報を載せる技術が実用化されつつある。さらに、LSI微細加工技術の進展によって数10GbpsクラスのA/D、D/A変換器が現実的になったことで、電気信号処理とこれらの光回路を組み合わせることで、光の位相変調、多値変復調、電気処理による分散等化技術が各研究機関で進められている。今後、電気回路による信号処理を併用した様々な変調方式が導入され、またそれらの相互間のフォーマット変換についても研究されていくであろう。また、電気段で分散等化ができるようになると10Gbps WDM (Wavelength Division Multiplexing) システムで使用されていた分散補償ファイバが一掃され、大幅なコスト削減ができる可能性がある。

100Gbpsイーサネット信号の光インタフェースがIEEEで25Gbpsの4並列伝送を中心に議論されており、100Gbpsイーサネットを次世代のOTN(Optical Transport Network) フレームで転送する方式がITUで議論されている。100Gbps超クラスのインタフェースへの期待感が大きく、数年後にはこれらのクラスのシステムが出現すると予想される。これらのビットレートに応じた光伝送技術の開発も各方面で開始されている。

4. む す び

以上、当社における最近の光トランスポート技術の開発動向を中心に述べた。最近のアクセス回線の容量増は今後更にメトロ・コアネットワークの需要増にもつながり、また一層の大容量化が要求されてくる。

このような状況の中、光通信/光トランスポート技術には更に一段高い水準の技術が要求されてきている。当社もこの社会インフラ革新の一助となる新技術の創出を目指し、研究開発を進めていく所存である。

参 考 文 献

(1) ITU勧告G.983.1 : Broadband optical access systems based on Passive Optical Networks (PON) (1999)
 (2) 小宮 剛, ほか : 1.25Gbit/s光加入者用ONU光送受信器の開発, 電子情報通信学会全国大会, B-10-86 (2003)
 (3) 野上正道, ほか : APDを用いた1.25Gbit/sパースト受信器, 電子情報通信学会ソサイエティ大会, B-10-40 (2003)
 (4) 小崎成治, ほか : GE-PON向けパーストCDR-LSIの開発, 電子情報通信学会全国大会, B-10-90 (2003)
 (5) 島倉泰久, ほか : 40Gbps WDM対応型可変分散補償器, 電子情報通信学会ソサイエティ大会, C-3-47 (2006)

(6) 三谷俊輔, ほか : 高次PMDに対するFBG型PMD補償器の効果, 電子情報通信学会総合大会, B-10-51 (2007)
 (7) Yoshida, S., et al. : A study on fault recovery of optical paths in photonic cross-connect systems, Technical Digest of 12th OptElectronics and Communication Conference (OECC2007), 13A2-1, Yokohama, (2007-7)
 (8) Onohara, K., et al. : A study of equipment protection for high availability of control and data planes in photonic cross-connect, Technical Digest of 12th OptElectronics and Communication Conference (OECC2007), 13A2-2, Yokohama, (2007-7)
 (9) 堀内栄一, ほか : 大容量・高信頼フォトニックネットワークに適用するPXCの検討と開発, 電子情報通信学会技術研究報告PN2006-86, 21~24 (2007)
 (10) 八田竜夫, ほか : 40Gbit/s NRZ光波長変換モジュールの開発, 電子情報通信学会総合大会, C-4-21 (2007)
 (11) Hatta, T., et al. : Polarization-insensitive monolithic 40Gbps SOA-MZI wavelength converter with narrow active waveguides, IEEE J. Selected Topics in Quantum Electronics, **13**, No.1, 32~39 (2007)
 (12) Hatta, T., et al. : 40Gbit/s NRZ wavelength converter with narrow active waveguides and inverted operation, The 2006 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM 2006), Yokohama, Japan, B-8-1 (2006)
 (13) Ouchi, K., et al. : A Fully Integrated Block Turbo Code FEC for 10 Gbps Optical Communication Systems, OFC2006, OTuK4 (2006)
 (14) Mizuochi, T. : Recent progress in forward error correction and its interplay with transmission impairments, IEEE J. Selected Topics in Quantum Electronics on Optical Communication, **12**, no.4, 544~554 (2006-7/8)
 (15) Miyata, Y., et al. : Reduced-Complexity Decoding Algorithm for LDPC Codes for Practical Circuit Implementation in Optical Communications, OFC2007, OWE5 (2007)
 (16) Okada, N., et al. : 10.7Gbit/s Low Power Consumption and Low Jitter EML TOSA Employing Interdigital Capacitor, ECOC, We3.P.66 (2006)
 (17) 岡田規男, ほか : 10.7Gbit/s低消費電力Cooled TOSAの開発, 2006年レーザ・量子エレクトロニクス研究会, **106**, No.404, 39~42 (2006)

次世代光アクセス技術

堀田善文* 福田 健**
 小崎成治* 高野邦彦**
 鈴木巨生*

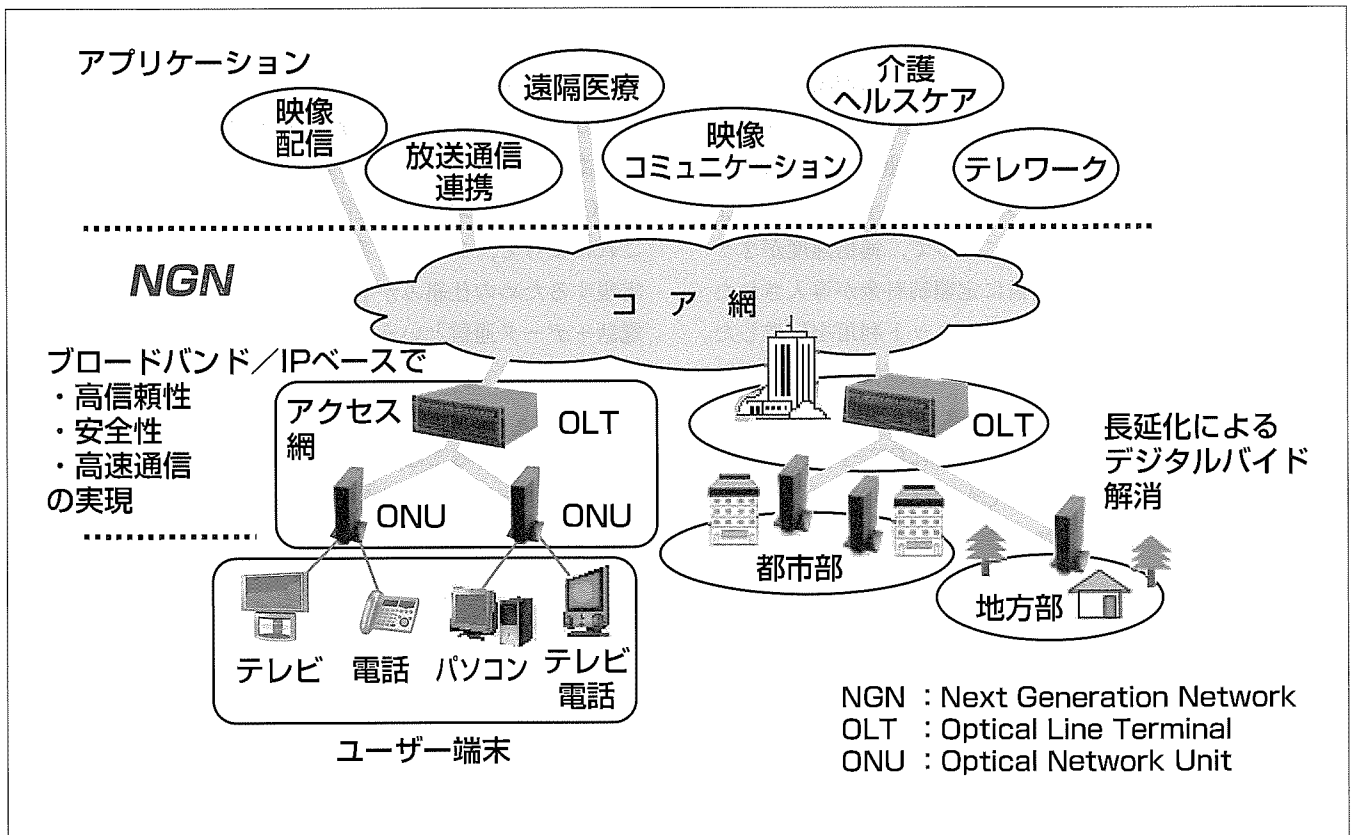
Technologies for Next Generation Optical Access Network

Yoshifumi Hotta, Seiji Kozaki, Naoki Suzuki, Takeshi Fukuda, Kunihiko Takano

要 旨

GE-PON(Gigabit Ethernet-Passive Optical Network)システムの登場によって日本国内ではFTTH(Fiber To The Home)が普及し、FTTH加入者数は、1,000万加入に迫る勢いである。それに伴い、アクセス系のトラフィックも日増しに増加している。FTTHの普及によって、アクセス網は単なるインターネットへのアクセス手段から、IP(Internet Protocol)電話サービス等の生活に密着したサービスを提供するための社会インフラへと変貌(へんぼう)を遂げてきた。今後は、通信事業者が推進するNGN(Next Generation Network)⁽¹⁾によって、映像コミュニケーション等のリアルタイム系のアプリケーションを中心とした豊

富なコンテンツが通信ネットワークを通して供給されるようになり、さらにその役割が重要なものになっていくと考えられる。このような状況で、次世代の光アクセスシステムには、今までのベストエフォートサービスだけではなく、様々なアプリケーションを快適に使えるようなQoS(Quality of Service)機能や帯域制御などのサービス関連機能との連携、NGNと親和性が高いフルIPによる通信と放送の連携のための機能や、地方部のデジタルバイド対策機能等が求められる。さらに、FTTH第二世代に向けた標準化活動も開始され、GE-PONとの共存を実現する技術課題の検討が進められている。



次世代光アクセスシステム開発に向けた取り組み

FTTHの主力であるGE-PONシステムが浸透したことによって、国内のFTTHユーザー数は順調に伸びている。今後は、通信事業者が中心となって推進するNGNに向けて、アクセス網にもサービス関連機能と連携したQoS機能の搭載が必要となってくる。一方で、すでに社会インフラ化しつつある光ネットワークには、伝送路の長延化によるデジタルバイド対策も求められる。また、通信と放送の連携機能に向けて、NGNとの親和性の高いフルIPによる映像配信技術が重要となる。

1. ま え が き

ギガビット級のアクセス系の標準には、IEEE(Institute of Electrical and Electronics Engineers)で標準化されたGE-PONとITU-T(International Telecommunication Union-Telecommunication Standardization Sector)で標準化されたG-PON(Gigabit Passive Optical Network)がある。

近年のFTTHの急激な加入者の伸びの背景には、IEEE 802.3ahタスクフォースで標準化された技術を利用した低価格・高性能なGE-PONシステムが採用され、1加入者あたり最低でも30Mbps程度の帯域が低価格で提供可能になったことが挙げられる。

一方で、通信事業者が推進するNGN⁽¹⁾では、ブロードバンド上でのIPサービスをベースにして、映像配信、遠隔医療、テレワーク、映像コミュニケーション、介護・ヘルスケアコミュニケーションなどのサービスや、放送と通信の連携などが模索されており、ネットワークに対して高い信頼性、安全・安定性、高速性が求められている。このような状況を受け、三菱電機もGE-PONのシステムベンダーとして、アクセス系の通信インフラの高機能化に向けた研究・開発を推進している。

2. アクセスネットワークの進化

通信事業者によるインターネットアクセス環境は、近年表1に示すようにダイヤルアップ(~128kbps)からADSL(~50Mbps)、FTTH(~1Gbps)へと高速化が図られてきた。まず、ダイヤルアップからADSL(Asymmetric Digital Subscriber Line)への移行によって、通信速度が2ケタ改善されことと、データ通信に定額制料金が導入されたことによって、ユーザーのインターネット利用を促進した。ただし、電話局からの距離に応じて速度が制限され、同じ料金にもかかわらず利用可能な性能がユーザーによって異なる状況が生じた。しかし、2004年にGE-PONによるFTTHが提供されるようになってからは、日本国内では光ファイバ通信によるサービスが急速に普及し、ADSLより1ケタ早い100Mbpsのユーザーインタフェース速度が提供され、電話局からの距離に依存しない、ユーザーにとって公平なサービスが提供可能となった。また、これに伴いIP電話品質も従来の固定電話の品質と同等となり、光ファ

表1. アクセス方式の比較

方式	ダイヤルアップ	ADSL	FTTH
物理速度	~128kbps	~50Mbps	~1Gbps
通信速度の距離依存性	なし	あり	なし
通信制御	ベストエフォート	ベストエフォート	ベストエフォート
課金	従量制	定額制	定額制
電話種別	固定電話	IP電話	IP電話
映像配信	×	△	○(RF, IP)

イバの広帯域性を活用した映像配信サービスも行われるようになった。今後は、通信と放送の連携も含めた映像配信が期待される。

このように、高速なアクセス系の普及に伴い、インターネット接続環境は劇的に改善され、アクセス網は単なるインターネットへの接続手段から、電話や映像コンテンツ配信等の多様なアプリケーションを提供する通信網に成長してきている。アクセス系の高機能化に向けた技術課題を次に示す。

- ①リアルタイムアプリケーション対応の優先制御
- ②IP放送に向けた高機能化
- ③伝送距離の長延化

今後は、IP電話以外にも映像配信のさらなる高度化や、遠隔医療、映像コミュニケーション、テレワーク、介護・ヘルスケアなど、多様なアプリケーションの提供が考えられ、アクセス網でもリアルタイムアプリケーションに対する優先制御や、IP放送に向けた機能拡張が求められる。さらに、従来の電話網に代わる社会インフラとなった光アクセス網には、デジタルデバイド対策が求められ、伝送距離の長延化技術はその有力技術の一つである。

3. 光アクセス系の高機能化

3.1 リアルタイムアプリケーション対応の優先制御

NGNは、広帯域かつQoS制御可能な様々なトランスポート技術を利用したパケットベースのネットワークであり、サービス関連技術が転送関連技術とは独立したネットワークである。今後、サービスの多様化に伴い、ネットワークはNGNのコンセプトを取り入れたものに変貌していく。これによって、アクセス系にも今まで以上に高度なQoSを実現するための仕組みが必要となる。例えば、今までのIP電話+データ通信という単純な2クラス通信ではなく、ユーザーが使用する豊富なリアルタイムアプリケーションをネットワークが提供する複数の遅延クラスや優先度クラスにマッピングすることによって、ユーザーが快適にサービスを受用できるような機能が求められる。

一方で、現在アクセス系に普及しているGE-PONシステムをはじめとするPONシステムでは、図1に示すようにONU(Optical Network Unit)に付与されたLLID(Logical Link Identifier)がアクセス制御用の識別子として用いられ、上り時分割、下り同報のアクセス制御が採用されている。そのため、OLT(Optical Line Terminal)には各ONUが送信する信号の衝突を防ぐようにLLIDごとの帯域割り当て制御がなされており、各ONUにどのようなポリシーで帯域を割り当てるかを決定するDBA(Dynamic Bandwidth Allocation)アルゴリズムは、PONシステムの心臓部となっている。

NGNでは、GE-PONのようなレイヤ2のトランスポー

ト技術とこれと独立なSIP(Session Initiation Protocol)サーバを代表とするサービスストラタム(サービス関連技術)がいかに関連するかが重要な課題の一つである。GE-PONをNGNに適用させる際の有望な技術は、図2に示すようにリソース要求プロトコルのSnoopや、サービスストラタムからのリソース割り当て指示を基に、上り帯域を割り当てるDBA機能や、ユーザーの使用するセッションをアプリケーションごとにフレキシブルにLLIDにマッピングする機能が挙げられる。これらの機能を組み合わせることでアクセス系のQoSの高度化が可能となる。

3.2 IP放送に向けた高機能化

映像の配信方式としては、変調したビデオ信号を通信波長とは異なる波長で多重する波長多重方式と、映像信号をIPマルチキャスト技術で通信と同一の波長で配信する方式の2種類がある。前者は放送波を光ファイバで配信する方式で、多数の番組を効率よくユーザー宅に提供可能である。後者はIP化された映像を配信する方式で、放送番組を配信するためには法制面での整備が課題となっているが、将来的には多様なコンテンツの提供が見込まれ、IP化によってNGNとの親和性も高いソリューションとして期待されている。

放送サービスを通信網で提供しようとした場合、下り方向の帯域を無駄にしないためにも、加入者が視聴している番組だけを最小限のネットワークリソースで配信することが求められる。さらに、地域ごとの放送や提供サービスの

多様性を考慮すると、配信先を特定エリア内に限定するための仕組みも必要となる。

これらの要求条件は、IGMPv3(Internet Group Management Protocol version 3)やMLDv2(Multicast Listener Discovery version 2)で定義されるSSM(Source-Specific Multicast)を応用したGE-PONシステムで解決できる。GE-PONシステムをはじめとするPONシステムはそのトポロジがスター型であり、図1に示したように、下り方向のデータを各ONUに対して同報するため、そもそも放送との親和性が高い。また、GE-PONシステムにマルチキャスト制御で汎用なIGMPや、MLDをSnoopする機能を搭載して、IPアドレスに基づいたフィルタリングを行うことで配信エリアの限定が実現可能である。

具体的には、図3に示すようにGE-PONのOLTにIGMP/MLD Snoopingを搭載し、番組ごとに付与されているレイヤ3パラメータであるソース及びグループIPアドレスとレイヤ2のパラメータであるVID(Virtual LAN(Local Area Network) Identifier)を連携させ、ONUには、視聴要求のあったVIDを透過するようにOLTから設定する。さらに、PON区間でマルチキャストフレームを同報用LLIDで送信して、すべてのONUが受信できるようにしておけば、OLTから転送可能なように設定されたONUのみが、放送を視聴できる仕組みが構築できる。この方式によれば、マルチキャストフレームをコピーせずに、効率よく放送データを配信できる。GE-PONのようなレイヤ2装置との高い親和性を保ち、高速マルチキャスト転送が提供可能となる⁽²⁾⁽³⁾。

この方式のポイントは、識別子を設定する際に、宛先IPアドレスだけでなく、送信元IPアドレスも参照しているため、送信元IPアドレスごとに配信先を限定する配信エリア限定型のサービスに適用できる点にある。

3.3 伝送路の長延化技術

社会生活におけるICT(Information and Communication

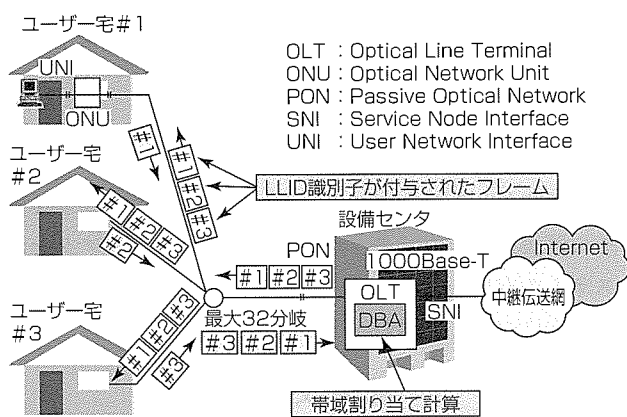


図1. GE-PONシステム

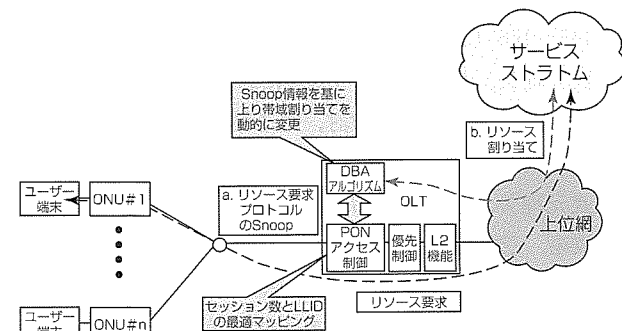


図2. GE-PONシステムのQoS機能高度化

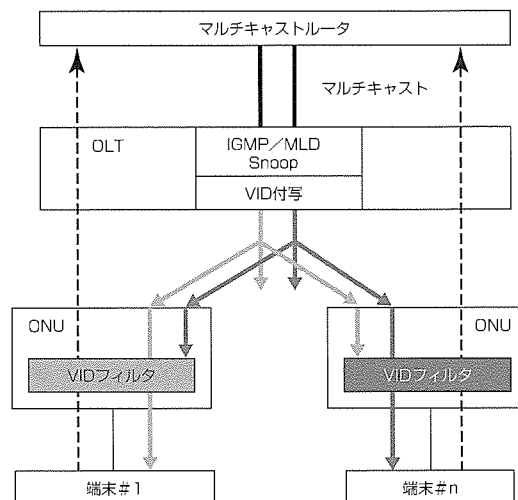


図3. 通信と放送の連携を実現するGE-PONシステム

Technology)の利活用が進んでいる中で、デジタルデバイス対策が急務となっており、地方部でも都市部と同等なサービスを提供することが、社会インフラとなった光アクセス系に求められている。GE-PONを用いた光アクセス系のサービスエリアの拡大のためにOLT-ONU間の伝送距離を伸張する場合、大きく分けて①PONの分岐数の削減、②3Rリピータの適用、③光増幅器の適用の3つの方法がある。

各方式の比較を表2及び図4に示す。分岐数削減方式は、分岐数を小さくすることでGE-PONのパワーバジェットを多くを伝送損失に割り当てる方式で、4分岐程度までに分岐数を削減した場合に40kmまで伝送距離の伸長が可能である。しかし、分岐数の確保が必要な場合は、PONの特徴である伝送路のパスシブ性は失われるが、3Rリピータや、光増幅器を利用した伝送路の伸長が必要となる。3Rリピータを適用する方式は伸長した伝送路の途中で再生中継する方式であり、光増幅器を適用する方式も伝送路の途中で伝送損失によって減衰した光信号を増幅することで伝送距離を伸長するものである。

4. 将来の光アクセスシステム

4.1 標準化の動向

FTTHの普及とともにトラフィックも増加しており、今後想定される多様なサービスを支えるアクセスネットワークとして、さらに高速なものが必要になってくる。10ギガビット級のアクセスシステムの研究も進められており⁽⁴⁾、IEEE802.3avタスクフォースで標準化が開始された10G-EPONは次世代光アクセスシステムの有力な候補であり、図5に示すように2006年3月から設立のための準備が進められ、現在、Draft作成作業が行われている。今後は、2008年7月にDraft 2.0、2009年9月に標準化完了を予定している。一方、標準化の範囲は、物理層周辺に特化しており、上位の層は、IEEE 802.3aeで標準化が行われた10GbE (10 Giga bit Ethernet)や、IEEE 802.3で標準化されたMPCP (Multi Point Control Protocol)など、既存の標準を流用することを決めている。また、昨今の日本国内のFTTH事情を鑑(かんが)み、GE-PONとの共存が検討されており、具体的な解決策として図6に示すように、上り方向は時分割多重、下り方向は波長多重方式の採用を検討している。

4.2 課題

10G-EPONシステムは、既存GE-PONとの共存を想定しており、ギガビット級アクセス網の主流であるGE-PONをマイグレーションする強力なソリューションの一つである。一方で、光伝送路を共有して上り方向でGE-PONと10G-EPONの時分割多重を実現するためには、10G-EPONでGE-PONと等しいパワーバジェットを確保する必要がある。また、IEEEでは標準化を物理レイヤに

表2. 長延化方式の比較

	分岐数削減	3Rリピータ	光増幅器
伝送路のパスシブ性	○	×	×
伝送距離	~40km	~50km	~50km
既存装置へのインパクト	◎	△	△

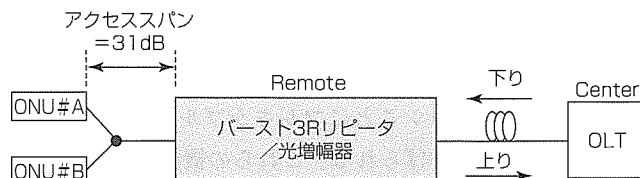


図4. 伝送路の長延化

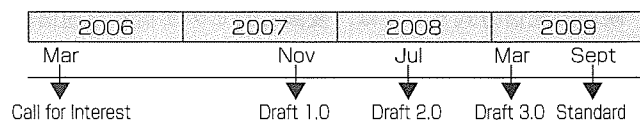


図5. IEEE802.3av標準化のスケジュール

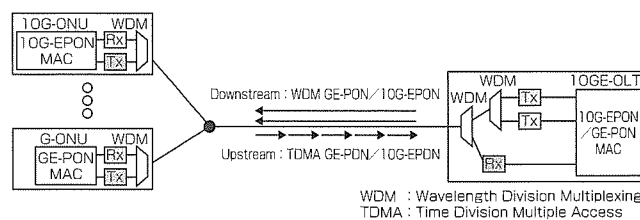


図6. 10G-EPONとGE-PONの共存

特化して推進しているために、最終的なシステムを構築する上での課題も多い。特に、PON区間の暗号方式、上り方向の帯域割り当て制御、QoS制御は、10G-EPONシステムを実現するためのキーテクノロジーであり、実用化に向けた更なる技術開発が必要である。

5. むすび

今後予想されるアクセスネットワークに対する要求条件とその解決策についてまとめた。また、将来の光アクセスシステムの有望な選択肢の一つとして、10G-EPONの標準化動向について述べた。

参考文献

- (1) 土田 充, ほか: 次世代ネットワーク(NGN)に向けたネットワーク制御技術, 三菱電機技報, 80, No. 2, 165~168 (2006)
- (2) 武元理矢, ほか: GE-PONにおけるSSM対応マルチキャスト配信方式の検討, 電子情報通信学会ソサエティ大会, B-8-24 (2007-9)
- (3) 武元理矢, ほか: トリプルプレーに向けたGE-PON技術, 三菱電機技報, 80, No 2, 125~128 (2006)
- (4) 小崎成治, ほか: 10 Gbps PONシステムにおけるパスト伝送方式の検討, 電子情報通信学会技術研究報告, CS2005-84, 73~76 (2006)

次世代ホームネットワーク技術

佐藤浩司* 本間 洋***
古谷信司* 酒井謙行†
横谷哲也**

Technologies for Next Generation Home Network

Koji Sato, Shinji Furuya, Tetsuya Yokotani, Hiroshi Homma, Kaneyuki Sakai

要 旨

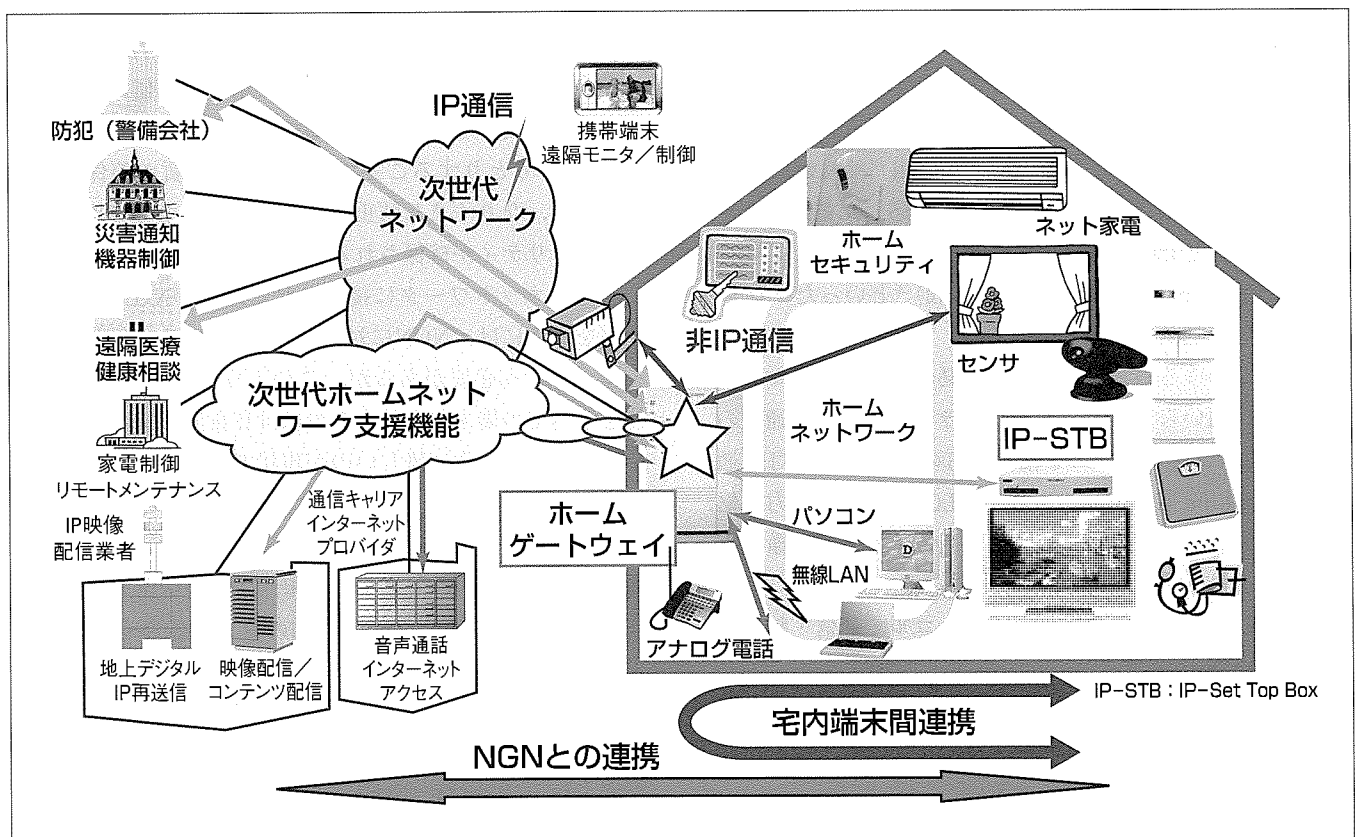
映像・情報系端末機器の高機能化に伴い、家庭に設置される様々な機器の間で、機器の制御やコンテンツ情報へのアクセスなどを行うためのホームネットワークの構築が普及しつつある。また、これら以外にも、各種センサやカメラを利用するホームセキュリティシステム、測定データをネットワーク経由でセンターに送信し、データ管理や各種アドバイスを受けることができる健康管理システム、テレビ電話などの対話型通信システムなど、ネットワークを利用してサービスを提供するシステムも多様化している。今後、宅内に設置される様々な端末機器間の連携や、端末機器と宅外ネットワークとの連携が更に加速すると考えられており、これに伴い宅内機器を接続するホームネットワークに関する検討もITU-T(International Telecommu-

nication Union - Telecommunication Standardization Sector)における標準化を含め活発になってきている。

また、宅外のキャリアネットワークはNGN(Next Generation Network)への移行が進められており、宅内端末からNGNへの接続という新たな課題も出てきている。

三菱電機では、ホームゲートウェイを中心とした次世代ホームネットワークの構築に関する研究開発を進めており、多様な端末の相互連携に向けたOSGi^(注1)(Open Service Gateway initiative)フレームワークの搭載、NGNを介して新たな付加価値を持つサービスをユーザーに提供可能とするためのSIP(Session Initiation Protocol)アダプテーション機能の搭載によって次世代ホームネットワークを実現していく。

(注1) OSGiは、OSGi Allianceの登録商標である。



次世代ホームネットワークにおける端末間連携並びにNGNとの連携

宅内に設置される各種端末機器は、接続方式のみならず、NGN通信対応/NGN通信非対応IP(Internet Protocol)通信対応/IP通信非対応など通信能力も多様化する。これら端末機器の差異をうまく吸収することで端末間連携が実現され新たなサービスが創出可能となる。また、端末と宅外ネットワーク間の通信では、キャリアネットワークのNGN化が進むため、各種端末からNGNへの通信をどのように実現していくべきかという課題がある。当社ではこれらの課題解決に向けてホームゲートウェイを中心とした次世代ネットワークの構築を目指している。

1. ま え が き

宅内に設置される多様な機器が機器間又は宅外のサーバなどと連携し、これまでにない付加価値を持つサービスを提供できる次世代ホームネットワークの実現が期待されている。当社では、ホームゲートウェイの機能向上による次世代ホームネットワークの実現を目指し研究開発を行っている。

本稿では、次世代ホームネットワークの実現に向けた現状と課題を整理し、これらの課題を解決する技術と、そのホームゲートウェイ上への搭載について述べる。

2. 次世代ホームネットワークの実現に向けた課題

この章では、次世代ホームネットワークの実現に向け、宅内に設置される多様な端末機器間の連携に加え、端末機器と宅外ネットワーク間の連携も考慮し、それぞれの現状と今後の動向から課題を整理する。

2.1 宅内ネットワークの多様化

宅内に設置される端末は、パソコン系、映像(AV)系、電話系、白物家電系、センサ系など多岐にわたる。

パソコン系機器では有線LAN(Local Area Network)又は無線LAN通信インタフェースを介したIP通信が標準的にサポートされており、様々なプロトコルを用いた通信が可能である。比較的処理能力が高いAV系機器の場合、AV機器間又はAV機器とパソコン間での通信用に有線LANを介したIP通信が可能であり、DLNA^(注2)(Digital Living Network Alliance)⁽¹⁾などの規格に従い相互接続が可能となっている。VoIP(Voice over IP)に対応した電話機やテレビ電話機などでは有線LANインタフェースを介してSIP⁽²⁾やRTP(Real-time Transport Protocol)⁽³⁾といったプロトコルを用いて通話を実現している。

一方、いわゆる白物家電や健康器具類、ホームセキュリティなどに用いられるセンサやカメラなどの場合、通常のLAN通信インタフェースを備えるもののほか、電灯線通信(Power Line Communication: PLC)や特定省電力通信、シリアル通信、USBによる接続、接点入力など、様々な外部インタフェースが用いられているとともに、それぞれECHONET^{(注2)(4)}や独自規格のプロトコルで通信・制御が行われている。

多様な接続種別、プロトコルを使用する宅内端末間の連携を実現するには、ホームゲートウェイによって接続仕様の差異を吸収するのが有効である。

IP通信可能な端末の接続を前提とするホームゲートウェイでは、RJ45コネクタを用いるEthernetインタフェース

や、IEEE802.11a/b/gなどの無線LANアクセスポイント機能を提供するが、多様な宅内端末機器の接続を可能とするには、D-SUB9ピンコネクタによるシリアル通信インタフェースやUSBコネクタ/インタフェースの搭載が不可欠である。また、今後需要が増すと考えられるZigBee^(注2)などの省電力無線通信やPLCによる通信への対応を可能とするため、汎用拡張インタフェースを備えるのが望ましい。

また、宅内に設置される多様な機器間の通信は、これまでパソコン系との連携以外はそれぞれの分野に閉じて行われるのが一般的であったが、今後は様々な組み合わせで連携動作を実現することによって、例えばハードディスクを搭載する機器に、他の機器からデータを蓄積したり、必要な情報の表示にテレビを活用したりといった付加価値の高い新しいサービスが実現されていくと考えられている。

この際、課題となるのは異なる通信インタフェースを持つ機器間の連携をいかにして実現するのかという点である。

物理通信インタフェースやプロトコルが異なる機器間の連携を実現するために、通信インタフェース種別やプロトコル種別を柔軟に拡張可能なデバイスの実現が期待されている。

2.2 次世代ネットワークへの対応

一方、宅外ネットワークは、これまでのベストエフォートなIP通信網から、同じIP技術を活用しながらも通信品質や高いセキュリティを確保するNGN⁽⁵⁾⁽⁶⁾へと移行しつつある。

NGN上で通信を行うには、SIPを用いて通信路を確立する手順が必要となる。この手順の中で必要なパラメータをNGNとやりとりすることで適切な通信品質が確保されるとともに、なりすまし防止機能など、これまでに比べて高いセキュリティが確保される。

ホームネットワークに接続された端末がNGNを介して通信を行うには、NGNに対応したSIPによる通信路の確立を端末が行う必要があるが、このようなNGN対応通信機能をすべての端末に実装するのは計算資源の制約やコストを考慮すると非常に難しいのが現状である。

このため、宅外ネットワークであるNGNとの連携に対しては、ホームネットワークに接続されるNGN対応端末、通常のIP通信にのみ対応する端末、IP通信機能を持たずシリアルやUSBによる通信・制御のみが可能それぞれの端末とNGNとの連携を実現する仕組みが必要とされている(図1)。

非NGN対応の端末、つまり、通常のIP通信のみが可能な端末や、IP通信に非対応の端末の場合、端末にNGN対応機能を追加するか、NGN対応の機能を端末の外部で実現するかのいずれかの方法となる。

端末にNGN対応機能を追加する場合、その端末がすでにIP通信に対応していることやNGN対応機能をリソース的に追加可能であることが前提条件となり、IP通信に非対

(注2) DLNA, ECHONET, ZigBeeは、各々Digital Living Network Alliance, ECHONETコンソーシアム, Koninklijke Philips Electronics N.V.の商標または登録商標である。

応の端末にIP通信機能とNGN対応機能を追加することはリソース制約の点で非常に難しいと言える。

一方、NGN対応機能を端末の外部で実現する方法では、IP通信に非対応の端末も含め、効率よくNGNに対応させることが可能である。また、NGN対応機能を端末の外部で実現する場合、NGNとの境界、つまりホームネットワークとNGNを接続するホームゲートウェイ上にこのような機能を搭載することが有効と考えられ、その実現が課題となる。

3. 次世代ホームネットワークを支える技術

当社では、多様な端末接続方式や端末間連携のサポート、NGN通信への対応など、端末、宅外ネットワークそれぞれの進化に対応するため、ホームゲートウェイを中心とした研究開発を進めている。本章では各課題を解決する技術について述べる。

3.1 宅内端末間連携に向けた技術

情報家電機器など、IP通信非対応の端末の制御を考慮すると、使用するプロトコルや制御ロジックも多岐にわたることが想定されるが、可能性のあるすべてのプロトコル/制御ロジックをあらかじめホームゲートウェイに実装することなく、必要に応じてこれらの機能を追加できる仕組みが不可欠となる。

OSGiフレームワーク⁽⁷⁾はJava^(注3)仮想マシン上で動作するサービスプラットフォームであり、複数のバンドルと呼ばれるソフトウェアを必要に応じてインストール/起動/停止/アンインストールすることが可能である。情報家電の制御や、異種端末間の連携を実現する際に必要となる様々なプロトコル/制御ロジックに柔軟に対応可能なホームゲートウェイを実現するには、OSGiフレームワークを活用することが有効である。

当社では、ホームゲートウェイにJava仮想マシン及びOSGiフレームワークを搭載し、各種情報家電機器の制御・連携を可能とした。この構成によって、異なる通信方式の端末を、ホームゲートウェイを介して相互接続可能と

(注3) Javaは、米国Sun Microsystems, Inc.の商標である。

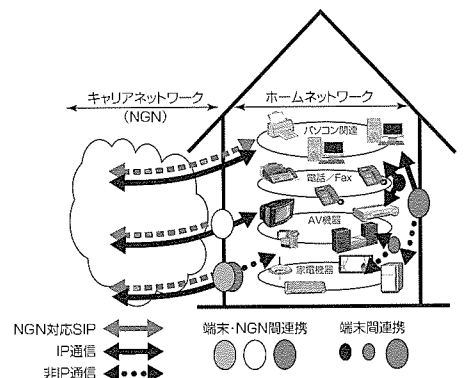


図1. 端末間、端末・宅外ネットワーク間連携

し、バンドルによって個別の制御ロジックに対応可能となる(図2)。

3.2 宅外ネットワークとの連携に向けた技術

当社では、ホームゲートウェイに前述のNGN対応機能(SIPアダプテーション機能⁽⁸⁾)を実装し、NTTグループによって行われた次世代ネットワークフィールドトライアルで、NGN非対応の端末を用いたシステムからNGNを介した通信が可能であることを実証した(図3)。

SIPアダプテーション機能は、NGN非対応の既存システムからのTCP/IP(Transmission Control Protocol/Internet Protocol)通信の開始(TCP SYN (Synchronization)パケット検出)、又はUDP(User Datagram Protocol)/IP通信の開始(UDPの最初のパケット検出)に連動し、NGN対応のSIPによる通信路確立手順を自動的に起動する。この機能を搭載したゲートウェイでは、既存システムからのそれぞれの通信に対し、固定的に設定された、又は、既存IP通信のデータから判別された必要帯域情報を用いて、網側SIPサーバとやりとりを行うため、既存システムをそのままNGN上で活用できるだけでなく、NGNの特長である品質確保機能を既存システムから活用することも可能となっている(図4)。

非IP端末の場合には、適切なプロトコルや制御ロジックを実装したバンドルで非IP通信の終端とIP通信による宅外への通信を行い、このIP通信に対してSIPアダプテーションが機能することで、非IP端末からNGNを介した通信が可能となる。

またNGN対応端末に対しては、SIPアダプテーション機能は不要であるため、そのままNGNへとルーティングする、又は、発着信端末間で仲介役となるSIP B2BUA(Back-to-Back User Agent)としてNGN端末からのSIP通信を一旦終端し、改めてNGN内のSIPサーバに対して

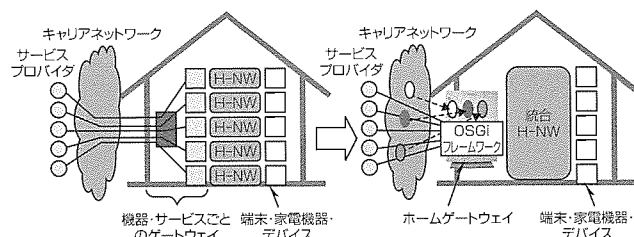


図2. OSGiフレームワークによる端末間連携

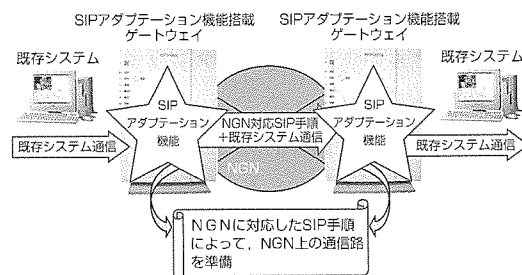


図3. SIPアダプテーションによるNGN対応

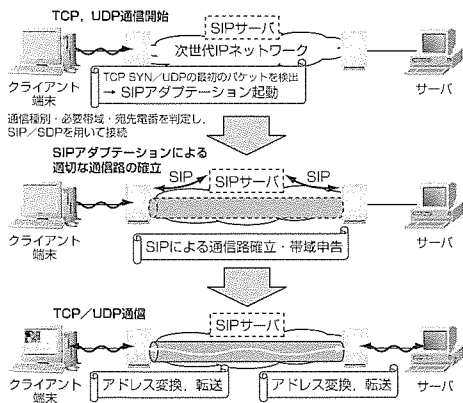


図 4. SIPアダプテーション動作概要

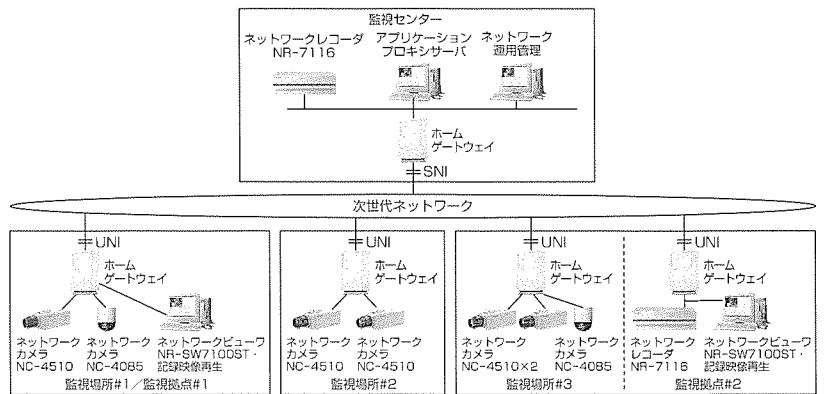


図 5. NGN-FTシステム構成

SIP通信を行うことが可能である。

3.3 次世代ネットワークフィールドトライアル

次世代ネットワークフィールドトライアル(NGN-FT)は商用化に先立ちNGNにおける新規サービスやNGNを支える新規技術の検証, 並びに, 顧客要望の把握を目的とし, NTTグループによって2006年末から2007年末にかけて開催された。

NGN-FTにおけるシステム構成は図5の通りである。

このシステムでは, 高精細なデジタル映像を用いた遠隔監視を実現する非NGN対応の監視カメラ“DIGITAL MELOOK”を, SIPアダプテーション機能を搭載したホームゲートウェイでNGNに接続し, システム内で使用される表1に示す各通信をNGN上で確認した⁹⁾。

NGN-FTでは, SIPアダプテーション機能を用いることで, 映像配信のみならず, システムが必要とするTCP/IPによる各種制御通信も含め, 既存の非NGN対応システムを容易にNGN上で活用可能であることが確認できた。また, 映像通信に対しては必要な帯域をNGNに申告することで, NGNの品質確保機能も既存システムから活用することができ, これまでのベストエフォート網上での使用に比較し, 安定して高精細な映像を送受信可能であることも確認できた。

4. む す び

本稿では, 次世代ホームネットワークの実現に向けた課題の現状と課題を整理し, これらの課題を解決する技術として, OSGiフレームワークやSIPアダプテーション機能を搭載したホームゲートウェイと, 次世代ネットワークフィールドトライアルで実施したSIPアダプテーション機能の動作検証結果を示した。

今後, 宅内端末の制御を行うOSGiバンドルを拡充するとともに, ホームゲートウェイ上で動作するバンドルや, SIPアダプテーション設定などの遠隔管理機能の向上を行い, これらの技術を活用した付加価値の高い, 新しいサービスの実現に向け引き続き研究開発を行っていく予定である。

表 1. 通信種別一覧

用途	通信元/先	プロトコル	優先クラス	必要帯域
カメラ映像	カメラ→ビューワ/レコーダ	RTP/UDP/IP	高優先	約4Mbps
記録映像	レコーダ→ビューワ	RTP/UDP/IP	高優先	約4Mbps
カメラ設定/制御	ビューワ→カメラ	TCP/IP	優先	数Kbps
記録映像再生制御	ビューワ→レコーダ	RTSP/TCP/IP	優先	数Kbps
パソコン間制御	ビューワ→アプリケーションプロキシ	TCP/IP	優先	数Kbps
音声通話	アナログ電話→アナログ電話	RTP/UDP/IP	最優先	144Kbps

RTP: Real-time Streaming Protocol

この研究の一部は, 総務省の委託研究“情報家電の高度利活用技術の研究開発”の成果である。関係各位に深謝する。

参考文献

- (1) Digital Living Network Alliance: DLNA Networked Device interoperability Guidelines, Volume 1: Architectures and Protocols (2006)
- (2) TTC JF-IETF-RFC3261, SIP:セッション開始プロトコル (2005)
- (3) TTC JF-IETF-STD64, RTP:リアルタイムアプリケーションのためのトランスポートプロトコル(2005)
- (4) ECHONET CONSORTIUM, ECHONET規格書, Version 3.21 (2005)
- (5) ITU-T Recommendation Y.2001, General overview of NGN (2004)
- (6) ITU-T Recommendation Y.2011, Functional requirements and architecture of the NGN (2006)
- (7) The OSGi Alliance, OSGi Service Platform Core Specification, Release 4, Version 4.1 (2007)
- (8) 佐藤浩司, ほか: SIPアダプテーションを適用したNGNにおけるQoS制御の実現, 電子情報通信学会技術研究報告 CS2005-46, 55~60 (2005)
- (9) 日経BP社, 日経コミュニケーション, 第494号, 301 (2007)

海外における次世代ネットワークへの取り組み

木田等理* Jean-Pierre Coudreuse[†]
 高橋 章** Sophie Pautonnier[†]
 鈴木路長***

Optical Network Systems for Overseas Market

Toshimichi Kida, Akira Takahashi, Michinaga Suzuki, Jean-Pierre Coudreuse, Sophie Pautonnier

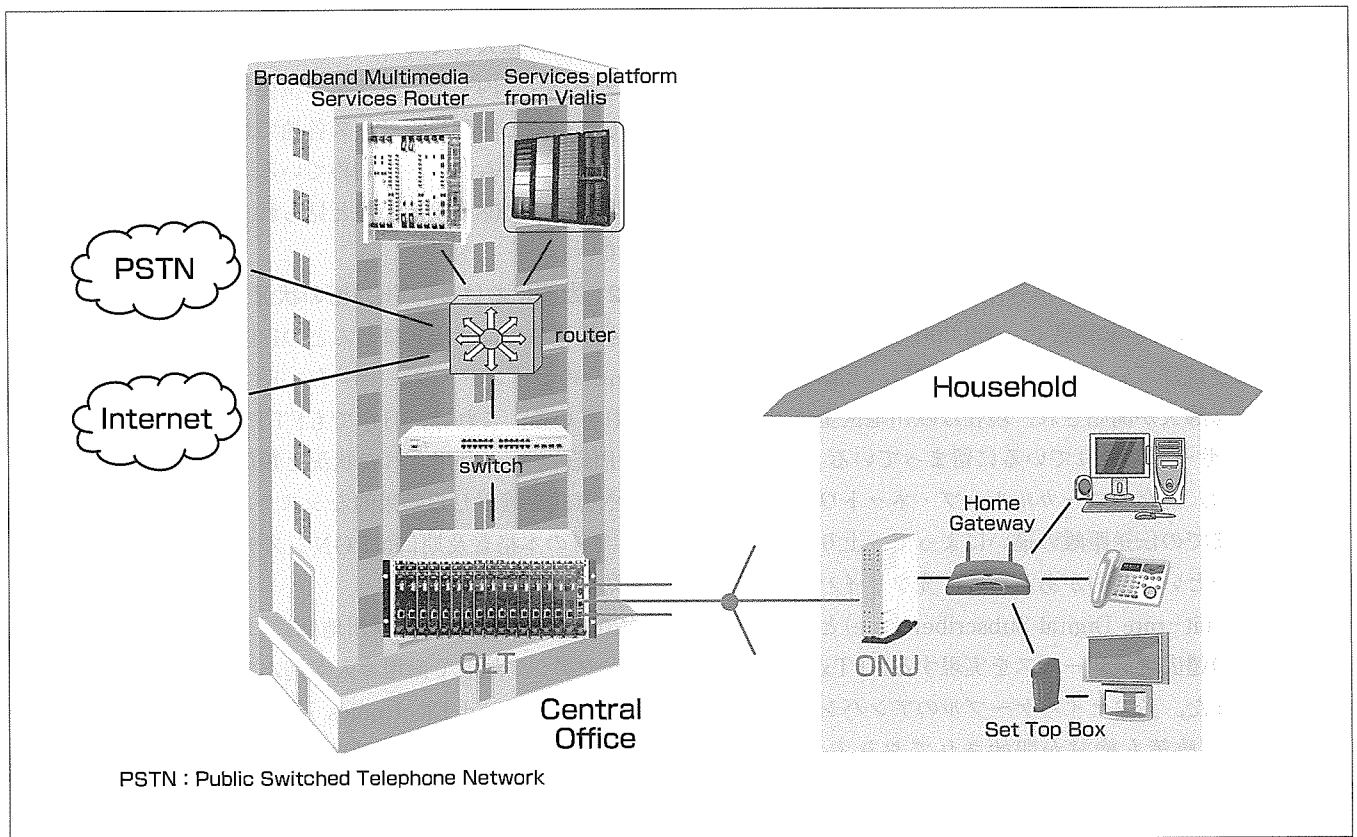
要 旨

国内では高速インターネット接続、電話、映像配信のトリプルプレイを提供するFTTH(Fiber To The Home)サービスの加入者が急速に増加しており、ADSL(Asymmetric Digital Subscriber Line)によるブロードバンドサービスに取って代わりつつある。一方、海外では、北米や韓国等で商用規模のFTTHサービスが実現しているが、欧州や韓国を除くアジア諸国では未だADSLが主流となっている。

しかしながら、欧州でも情報先進国化や地域の経済的、社会的発展を目指す政府や地方自治体の後押しを受けたFTTH導入の機運が徐々に高まりつつあり、主要通信事業者がフィールド実験等を行っているのに加え、地方自治体が主導する比較的小規模なFTTH導入案件も各地で増加し

つつある。中でも三菱電機が情報技術に関する研究所を置くフランスでは、フランステレコム他の通信事業者がパリを始めとする主要都市でFTTHサービスを計画しているのに加え、各地の地方自治体がパイロットプロジェクトを計画、実施している。

当社では、国内で主流となっているGE-PON(Gigabit Ethernet-Passive Optical Network)技術を用いたFTTHシステムを海外にも展開し、導入実績を作るとともに、各国通信キャリアとの技術ディスカッション、トライアル等を実施している。この一環として、欧州では2007年1月からフランス東北部アルザス地方のコルマー(Colmar)市で、地元のネットワークオペレータと連携して、FTTHパイロットプロジェクトを実施している。



パイロットネットワークの構成

国内向けFTTHの主力であるGE-PONシステムを適用する形でネットワークを構成しており、当社ではOLT (Optical Line Terminal)とONU (Optical Network Unit)を提供している。ONUの先にホームゲートウェイを接続することによって、映像、音声、データのトリプルプレイサービスを提供する。

1. ま え が き

近年、欧州におけるブロードバンド加入者の伸びは著しい拡大が続けているが、ほとんどのブロードバンドユーザーは、ISP(Internet Service Provider)が提供する高速インターネット接続、電話、映像配信のトリプルプレイサービスをADSLで利用している。日本における960万加入を超えるFTTHの普及状況に比べて、欧州地域(EU25か国)におけるFTTxの導入は、2006年末時点で約110万加入に留まっている。

欧州におけるFTTHネットワークの実現には、光ファイバケーブルの地中への埋設工事などを含む非常に大きな投資が必要である。例えば、フランスの著名な市場調査会社が2006年に発表した試算によると、フランスで人口カバー率40%のFTTHの実現には、100億ユーロ(約1.5兆円)の投資が必要とされ、このうち土木工事の占める割合が70%にのぼると見られている⁽¹⁾。このため、導入促進には、通信事業者による投資だけでなく、地域自治体等が中心となって光ファイバケーブル敷設のインフラ投資を行い、このケーブルをネットワークオペレータに貸し出して運用する形態が検討されており、各地でFTTHパイロットプロジェクトが進行している。

本稿では、欧州におけるFTTxを巡る技術・市場環境の概要、並びに当社GE-PONシステムを適用した欧州地域でのFTTHパイロットプロジェクト(フランス・コルマール市)への取り組みについて述べる。

2. 欧州におけるFTTH市場の動向

2.1 FTTH導入状況と市場動向

欧州地域では、2003年頃からADSLサービスの普及が急速に拡大し、2006年末時点で、約6,000万加入となり、まだまだ拡大が続いている。一方、FTTHは、北欧を中心に2004年頃から導入が開始され、現在は欧州地区全体で、約110万加入がサービスされているに留まっている。

ADSLでは、既存のローカルループ・ネットワークの品質や加入者までの伝送距離の違いによって、上り伝送帯域が十分でないという制約があるため、光ファイバとVDSL(Very high-bit-rate Digital Subscriber Line)との組み合わせで早期の超広帯域サービスを実現するFTTxが検討されている。また、光ファイバケーブルのアンバンドリングに関する通信政策も検討が開始されており⁽²⁾、今後のFTTHネットワークの動向に大きな影響を与える課題の一つである。

このようにADSLに比べて、まだ初期の段階にあるが、FTTHは地域の経済的、社会的発展をもたらす大きな要因であると考えられており、通信事業者だけでなく、政府や地域自治体も大きな関心を持って取り組んでいる。2006年

末時点での欧州におけるFTTHプロジェクトの80%以上が、地域自治体、地域の公共電力事業者、又は住宅供給事業者等によって主導されている状況で、今後の普及に向けては、大きく次の2つのビジネスモデルに集約されていくと考えられている。

● 垂直統合型モデル

大手通信事業者又は新興オペレータによる光ファイバを含むネットワーク投資とユーザーへのブロードバンドサービス提供を一貫して実現するビジネスモデルである。

● 水平分担型モデル

地域自治体又は地域公共電力事業者などが地域を代表して光ファイバ投資を行い、アクセスネットワーク・オペレータはこの光ファイバを利用してサービスを提供するISPにネットワークを開放する複数事業者連携のビジネスモデルである。アクセスネットワーク・オペレータは、エンドユーザーとは直接コンタクトせず、サービス料金などはISPがまとめて徴収する形態が検討されている。

2006年末現在での欧州FTTH加入者の95%は、北欧を中心とする5か国(デンマーク、スウェーデン、ノルウェー、オランダ、イタリア)に集中しているが、それ以外の欧州の主要国におけるFTTHへの取り組みとして、2006年以降に最も活発な動きを示しているのがフランスである。フランスでは、2006年中頃から上記2つのビジネスモデルに沿った動きが拡大しており、フランステレコムや新興オペレータがパリ市内や他のフランス主要都市でのサービスを計画していると同時にフランス各地で地域自治体主導のパイロットシステムが稼働し始めている。本格的な商用サービス開始は、2008年後半からと見られ、着実な展開が期待されている。

2.2 欧州におけるFTTH技術の状況

欧州地域では、現状ほとんどのFTTHシステムで、Ethernetのポイント・ツー・ポイント(以下P-P)伝送が利用されている。これは、日本でもFTTHシステム導入当初は、P-P伝送が主に利用された状況と類似している。今後は、PON方式を適用した効果的なシステムの利点が認識され、FTTHの本格普及期にはPONシステムが広く導入されると見られている。

2007年中盤時点での欧州地域におけるPONシステムは、日本やアジア地域で商用導入が進んでいるIEEE(Institute of Electrical and Electronics Engineers)標準のGE-PON(欧州では通常E-PONと呼ばれる)と、ITU-T(International Telecommunication Union-Telecommunication Standardization Sector)標準のG-PONが適用技術として検討されている。FTTHの需要に応じて2008年後半頃からのG-PONの本格適用を指向する動きと、地域自治体などのFTTHシステムで、GE-PONを利用して早期にPONシステム導入を試みる動きがある。

3. FTTHパイロットシステムの概要

当社は、2007年1月からフランス東北部アルザス地方のコルマー市で、地元のネットワークオペレータであるヴィアリス(Vialis)社と連携して、GE-PONシステムを適用したFTTHパイロットプロジェクトを実施している。

ヴィアリス社は、コルマー市を中心にアルザス地方の各都市で、電気、ガスなどの公共事業とCATVサービス、インターネットサービス事業を展開する複合事業者で、コルマー市が資本出資する企業体である。

このパイロットでは、当社がGE-PONシステム(OLT, ONU, EMS(Element Management System)等)を提供、技術支援を行い、ヴィアリス社が光ファイバ敷設から装置の設置、ネットワークオペレーション、FTTHサービス評価を行っている。パイロット期間中は募集して選ばれた加入者にサービスが提供され、評価への協力を依頼し、順次、サービス・装置の改善を行いながら進める形を採っている。また、地元のオートアルザス大学技術研究所ネットワーク研究部(IUT-UHA: Institute of Technology of the University of Haute Alsace in Colmar)との連携によって、ネットワーク特性やQoS(Quality of Service)管理技術の評価が行われ、新しいブロードバンドサービスの可能性を検討するプロジェクトも併せて進められている。

3.1 FTTHパイロットシステム構成

要旨(P23)の図が、コルマー市のFTTHパイロットシステム第一フェーズの住宅向けトリプルプレイサービスを行うためのアクセスネットワークとオペレータ側ネットワーク構成を示している。

第一フェーズでは、3つの集合住宅ビルに、近くの幹線ケーブル・キャビネットからの引込用光ファイバケーブルが敷設され、各ビルの機械室に光分岐装置が設置され、合計50戸の加入者に対して集合住宅内光ファイバ工事が行われた。各戸にGE-PONの加入者宅終端装置であるONUとIP(Internet Protocol)電話用のアダプタ、映像受信用のSTB(Set Top Box)が設置された。同様の装置がUHA大学構内にも設置され、各種評価や新サービスの研究に活用されている。図1に集合住宅の機械室に設置された光分岐装置の写真を示す。

GE-PONのOLTは、ネットワークオペレータの局舎内に設置され(図2)、レイヤ3(L3)スイッチ、ルータを介して、オペレータのサービスプラットフォーム、映像配信用のブロードバンド・マルチサービスルータに接続されるとともに外部のインターネット、通信事業者の電話網(PSTN)に接続されている。

3.2 マルチチャンネル配信

映像のマルチチャンネル配信では、2007年4月から18チャンネルの映像配信がオペレータのBMR(Broadband Multi-

media services Router)によって映像IPパケットのマルチキャストフロー方式で提供されており、ユーザー宅からのチャンネル選択によって瞬時にチャンネルが切り替わる構成を採用している。

モニタ加入者の映像装置構成に応じて、パソコンに映像受信ソフトウェアをインストールして映像を見る簡易方式と、STB(Set Top Box)を設置して通常のTV受像機を通して映像を見る構成がある。また、ユーザーから選択されたチャンネルを全ユーザーに配信するシンプルなマルチキャスト方式と、IGMP(Internet Group Management Protocol)プロキシとスヌーピング機能を適用したIGMPマルチキャスト方式を評価している。後者は、他のユーザーが選択したチャンネルの映像がONUで受信されないよう制御するもので、多チャンネル映像伝送での伝送帯域有効利用を実現する方式である。

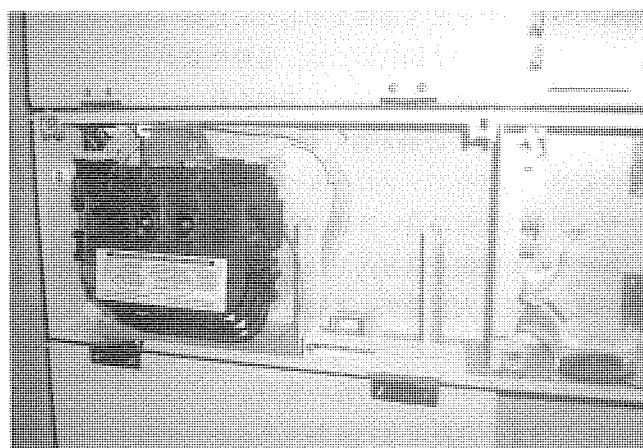


図1. 集合住宅に設置された光分岐装置

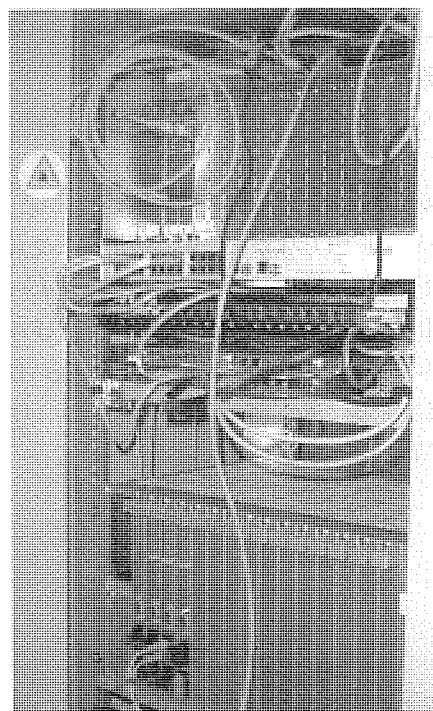


図2. 局舎に設置されたGE-PONのOLT

3.3 パイロット第一フェーズ評価結果

ヴィアリス社では、今回のパイロットで初めてPONシステムの設置、運用を行ったが、光ファイバ工事や光信号の導通確認、装置のオペレーションなどすべて順調に行われ、日本で適用されているGE-PONシステムが、欧州市場でも設置環境や周辺装置とのインタフェースなど高い整合性を持つことが確認された。

システム運用開始当初は、VLAN(Virtual Local Area Network) マネジメントのない簡便なネットワーク構成でスタートしたが、基本機能での運用確認の後、“ToS-CoS”と呼ぶQoS制御機能を持つVLANマネジメントシステムに切り替えて運用を行っている。“ToS-CoS”方式では、IPフレームのToS(Type of Service)フィールドをEthernetフレームのCoS(Class of Service)に変換することによってQoS制御を実現し、高品質のトリプルプレイサービスを行っている。

住宅地へのサービス提供を中心とした第一フェーズのモニタ加入者からの評価結果では、処理性能が十分でないパソコンによる映像受信を行った事例を除いて、95%以上のユーザーから高い評価が得られている。特にWebブラウザの応答の速さやアップロードの広帯域特性を活用するユーザーからは非常に高い評価が得られている。

多チャンネル映像受信方式では、IGMPマルチキャスト方式が映像配信と大容量データ通信を両立させる上で非常に重要な機能であることが確認された。

加入者モニタからのその他の要望としては、ファイアウォールやウイルス対策といったセキュリティ向上、固定IPアドレスの提供、加入者宅内のワイヤレスインタフェースを含むホームネットワークの拡張などに高い関心があり、今後のサービス内容の検討課題となっている。

3.4 主要諸元

今回のパイロットに適用したGE-PONシステムの主要諸元を表1及び表2に示す。

3.5 今後の予定

コルマー市のFTTHパイロットでは、第一フェーズの住宅地区の加入者向けサービスに続き、第二フェーズとしてSME(Small and Medium Enterprises)と呼ばれるビジネスユースへのPON方式FTTB(Fiber To The Business)の展開を実施する。当社では引き続きヴィアリス社と連携して実証・評価を行う予定である。

表1. GE-PON OLT主要諸元

項 目		仕 様
PON インタフェース	適用規格	IEEE802.3ah準拠 1000BASE-PX20
	ONU収容数	32/PON-IF
	ネットワークインタフェース	100/1000BASE-T
	ユニットあたり収容数	16
監視制御 インタフェース	適用規格	10/100BASE-TX
	プロトコル	SNMP, TELNET, FTP
主要機能		ONU認証, DBA, 暗号, VLAN, ループバック, IGMP Snooping
その他諸元	電源条件	DC-48V(冗長構成)
	冷却方式	強制空冷(FAN冗長)
	設置形態	19インチラック搭載型
	外形寸法	177(H)×437(W)×492(D)(mm)

SNMP : Simple Network Management Protocol
 FTP : File Transfer Protocol
 DBA : Dynamic Bandwidth Allocation

表2. GE-PON ONU主要諸元

項 目		仕 様
PON インタフェース	適用規格	IEEE802.3ah準拠 1000BASE-PX10又は 1000BASE-PX20
	UNI	10/100BASE-TX又は 10/100/1000BASE-T
主要機能		ブリッジ, 優先制御, ループバック
その他諸元	電源条件	AC100~220V(ACアダプタ)
	冷却方式	自然空冷
	設置形態	据置/壁掛け
	外形寸法	150(H)×39.5(W)×135(D)(mm)

UNI : User Network Interface

4. む す び

本稿執筆に当たり、パイロットプロジェクトを連携して推進いただいているヴィアリス社ケーブル・テレコム事業部長Sylvain Didierjean氏、技術部門長Jacky Hahn氏、UHA大学大学院生Mounir Sarni氏の各位に深く感謝します。また、UHAとのFTTH評価プロジェクトを推進いただいているUHA大学のBenoît Hilt教授にも厚く御礼申し上げます。

参 考 文 献

- (1) Roland Montagne, IDATE : FTTX deployments- Key issues, DigiWorld Summit (2006)
- (2) ARCEP : Le Très Haut Débit-Points de repères et perspectives, November 10th (2006)

次世代セルラネットワーク技術

大久保 晃*
長竹栄二*
前田昌也**

Next Generation Cellular Network Technology

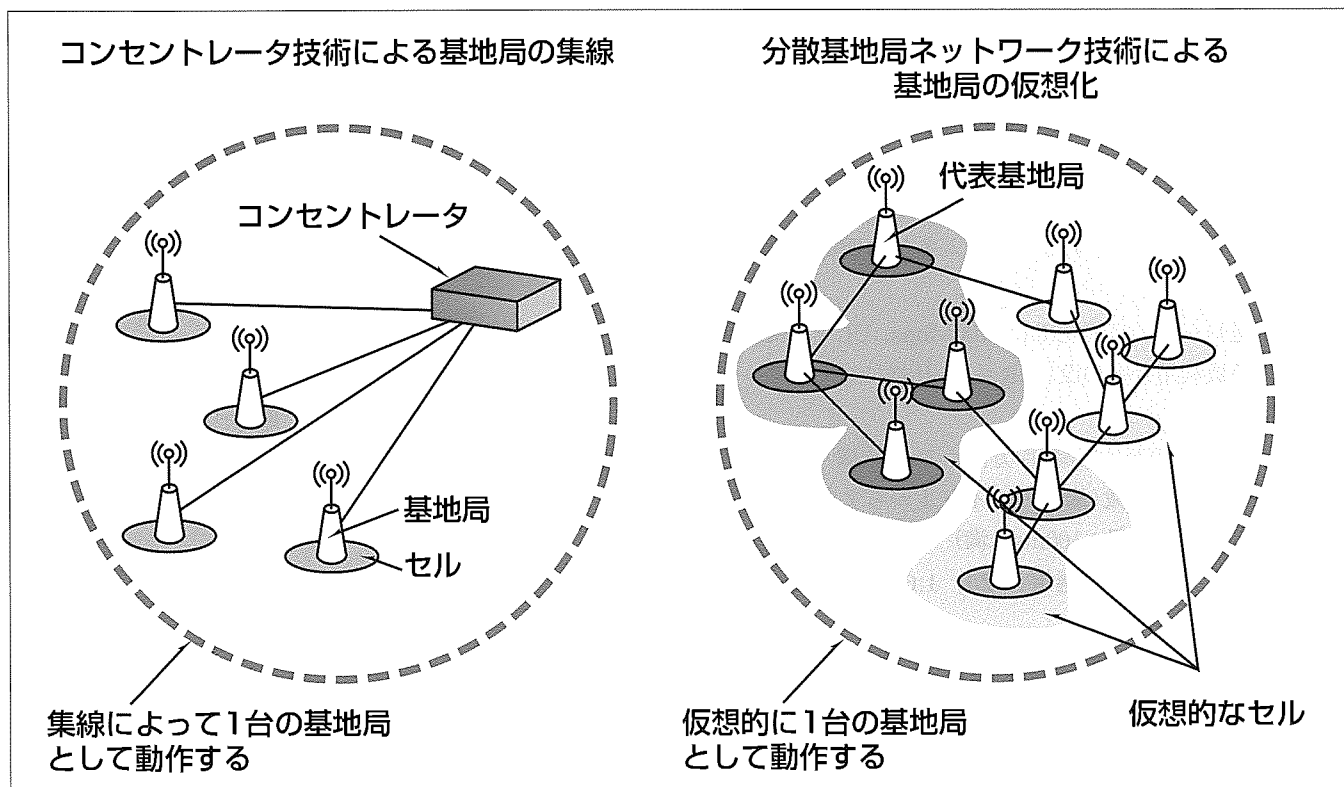
Akira Ookubo, Eiji Nagatake, Masaya Maeda

要 旨

携帯端末におけるブロードバンド無線通信は市場成長とともに新たな市場開拓が期待されている。セルラ通信の分野では、現在より高速、広帯域の無線通信を可能とする次世代セルラシステムとして、Super 3G及び更に高速の第四世代(4G)移動通信システムに関する研究開発と標準化作業が進められている。これら次世代システムでは基地局装置の小型化/小セル化に伴い、配備される基地局数が飛躍的に増加することで、加入者ノード装置の基地局収容数に大きなインパクトを与えるため、新規技術の導入が必要となる。

三菱電機は、次世代セルラシステムにおける超小型基地局の本格的導入に不可欠な技術と位置付け、コンセントレータ技術及び分散基地局ネットワーク技術に取り組んでいる。前者はコンセントレータによる基地局の一元的な集線

によって、また後者は各基地局の仮想的なグルーピングによって、複数の超小型基地局を束ね、1台の基地局として動作させる技術である。コンセントレータ技術は、各基地局の機能を変更せずに1台の基地局として動作するための機能をコンセントレータと呼ぶ制御装置で実現する技術であるため、既存システムへの適用や次世代システム構築の初期段階で比較的容易に導入することができる。一方、分散基地局ネットワーク技術は、仮想的に基地局グループを形成し、各基地局の分散協調動作によって1台の基地局として動作する技術であるため、基地局配置状況の変化に対して柔軟に無線ネットワークを構築することができる。これら技術の導入によって、次世代セルラネットワークを効率的かつ低コストで実現することが可能となる。



コンセントレータ技術と分散基地局ネットワーク技術

コンセントレータ技術は、基地局集線装置(コンセントレータ)の導入によって複数基地局を1台の基地局として動作させる集線機能を実現し、基地局収容効率を向上させる。分散基地局ネットワーク技術は、基地局同士の自律制御によって複数基地局を仮想的に1台の基地局として動作させるグルーピング/仮想化機能を実現し、基地局収容効率低下、導入・運用コスト増加などの諸問題に対して柔軟な対応を可能とする。

1. ま え が き

セルラ通信の分野では、現在の第三世代(3G)移动通信システムより高速な無線通信を可能とする次世代セルラシステムとして、Super3G⁽¹⁾及び更に高速の第四世代(4G)移动通信システムに関する研究開発が進められている。また国際標準化機関である3GPP(The 3rd Generation Partnership Project)で、中長期的な発展仕様を意味するLTE(Long Term Evolution, 3GPPにおけるSuper 3Gの規格化作業の名称)として標準化作業が進められている。

これら次世代セルラシステムでは基地局装置が高機能化し、3Gシステムのような集中制御型ネットワークと異なり自律分散型のネットワークを構成するようになる。また小セル化に伴い基地局数が飛躍的に増加するため、これに対応するための新たな技術が必要となる。

本稿では、次世代セルラ通信のインフラ基盤である無線ネットワーク技術に関して、3GPP LTEにおける標準化動向について述べた後、当社のSuper 3G/4Gセルラシステムへの取り組みとしてコンセントレータ技術及び分散基地局ネットワーク技術⁽²⁾について述べる。

2. 3GPP LTE 標準化動向

3GPPでは、それまで標準化作業を進めてきた第三世代(3G)システムの中長期的な発展を目指す目的で2004年11月に“RAN(Radio Access Network)Future Evolution Workshop”を開催した。このワークショップにおける数多くのオペレータ及びメーカーの提案によって、3GPPはLTEの標準化作業をスタートさせた。2005年6月、次に示す要求条件(Stage 1仕様)をまとめた技術レポート⁽³⁾を承認し、LTEが目標とするシステム条件の明確化を図った。

- (a) 伝送レートの高速度(DL:100Mbps, UL:50Mbps)
- (b) 周波数利用効率の改善(Rel-6仕様に対して2~4倍)
- (c) RAN内伝送遅延削減(片方向:5ms未満)
- (d) 制御遅延の削減(端末のアイドルからアクティブ状態への遷移時間:100ms未満)
- (e) 様々な帯域幅への適用(1.25, 1.6, 25.5, 10, 15, 20MHz)

また上記要求条件を満たす無線アクセス方式として、次の方式の採用が決まっている。

- Downlink: OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access)
- Uplink: SC-FDMA (Single-Carrier Frequency Division Multiple Access)

一方、図1に示した無線ネットワーク(E-UTRAN: Evolved-Universal Terrestrial Radio Access Network)

の構成は、伝送遅延削減や複雑さを排除することで低コスト化、パフォーマンス向上を図るために、複数の無線基地局を集中的に制御する無線ネットワーク制御装置(Radio Network Controller:RNC)を排除し、その機能を各無線基地局(evolved NodeB:eNB)で終端するようになった。これによってLTEでは、無線基地局が端末との間の無線リソース制御や無線区間で発生する誤りを回復する自動再送制御、さらにIP(Internet Protocol)ヘッダ圧縮/伸張、暗号化/復号化の各機能を提供する。

各無線基地局はS1インタフェースを介してコアネットワークの加入者ノード装置(Mobility Management Entity/Serving Gateway:MME/S-GW)に直接接続され、新たに設けられた無線基地局間のX2インタフェースを介して直接連携し合うことで、ハンドオーバー制御を実現する。

3GPP LTEの規格化スケジュールは、当初2007年6月のRANプレナリー会合で各規格書を承認し、完了する予定であった。しかしながら検討範囲が多岐にわたるため、2007年3月にLTE最初の規格書として、アーキテクチャ(Stage 2)仕様⁽⁴⁾をリリースした後、現在も鋭意各プロトコル(Stage 3)仕様の規格化作業を進めている。最近では、国内外で注目を集めている家庭用無線基地局に関する検討作業も始まり、次世代セルラ無線ネットワークの仕様確立に向けた標準化作業が活発に行われている。

このような状況のもと、当社では3GPP RANの各WG(Working Group)へ積極的に参加し、寄書提案を行うことによってLTE標準化推進に寄与している⁽⁵⁾。3章では、この標準化作業の中で家庭用無線基地局に関する3GPP標準に組み込むために当社が主導的に提案している、超小型基地局対応の無線ネットワーク技術について述べる。

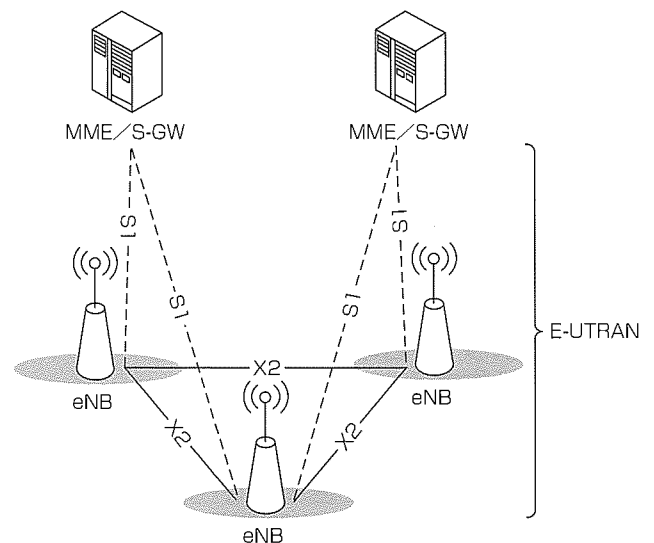


図1. 無線ネットワークの構成

3. 超小型基地局対応無線ネットワーク技術

3.1 3G対応コンセントレータ技術

3Gセルラシステムにおける無線ネットワークのIP化に際して、一般家庭やビルなどの屋内環境における電波不感地対策、専用サービスの提供などを目的として、半径数十メートル程度の極小通信エリアであるフェムトセルを提供する超小型基地局装置の導入が検討されている。しかしその一方で、この超小型基地局が広く普及することによってエリアあたりに設置される基地局数が増大し、ネットワークの上位に位置し基地局と接続されるRNCへの基地局収容数が限界に達してしまうという問題が生じる。この問題は個々の基地局がカバーするセル半径が現在の3Gシステムより小さくなる次世代のSuper 3G/4Gセルラシステムでも共通の課題であり、この問題に対して我々は、複数の基地局を収容するとともにRNCに対してこれら複数基地局の存在を隠蔽(いんぺい)し1台の基地局として認識させるよう動作する基地局集線装置(コンセントレータ)を実現するコンセントレータ技術の検討を行っている。この技術では各基地局に機能追加を行う必要がないため、既存システムへの適用、あるいは次世代システム構築の初期段階で比較的容易に導入することができるというメリットがある。3Gセルラシステムにおけるコンセントレータの適用形態を図2に示す。

次にコンセントレータ技術の確立における主要課題に対する解決策について述べる。

(1) 制御/データフレーム中継機能

この機能は、RNC~基地局間で転送される制御/データフレームを中継する際に、接続先の基地局に応じて宛先、制御情報などを変換する機能である。これを実現するため

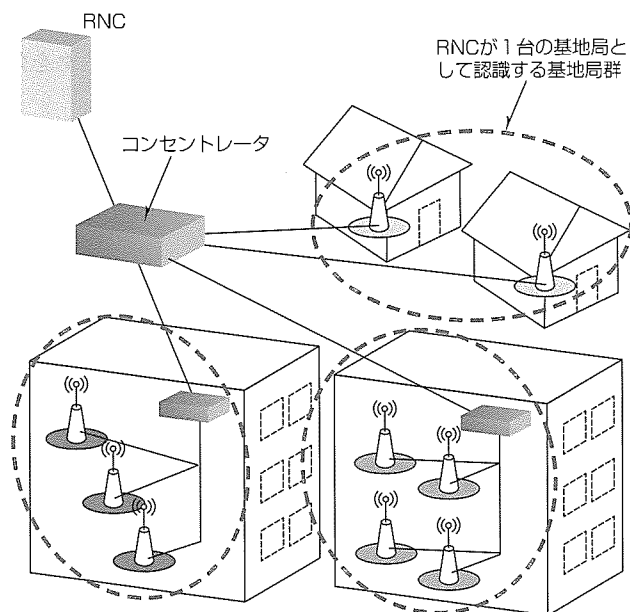


図2. コンセントレータの適用形態

コンセントレータは、RNC~基地局間の接続を確立する際に各基地局に対応する接続情報を取得しておき、その接続を使用して転送される制御/データフレームに付与された情報と照らし合わせることによって接続先基地局の特定を行う。

(2) 装置間位同期

3Gセルラシステムでは基地局から無線信号としてデータ送信するタイミングをRNCが決定し、RNCから基地局へ送出するデータフレームへこのタイミング情報を付与するため、RNCから1台の基地局として見えているコンセントレータ配下の複数基地局における装置位相は常に一定の範囲内で一致している必要がある。このため、コンセントレータとその配下の複数基地局の間で位相同期処理を行う。この位相同期処理は、例えばNTP(Network Time Protocol), PTP(Precision Time Protocol)のような時刻同期プロトコルや、GPS(Global Positioning System)電波を使用した時刻同期などを適用することで実現する。

(3) 装置間制御における整合性確保

コンセントレータを3Gセルラシステムへ適用する場合、RNCからの見え方が実際の基地局装置構成と異なるため、RNCからの制御と基地局に対する制御の間で制御内容の異なるケースが発生する可能性がある。例えば、通信中に端末が通信相手の基地局を切り替えるハンドオーバーで、一時的に複数のパスを接続してシームレスな切替を実現するソフトハンドオーバーを行う場合、RNCでは複数のパスを同一基地局内に生成していると認識する一方で、コンセントレータ配下では別々の基地局にパスが生成されているというケースが生じる。このようなケースではRNCからの制御と各基地局に対する制御とを異なる制御内容にする必要があるため、コンセントレータが制御メッセージ内容の変換を行うことでソフトハンドオーバーに対応するか、又はソフトハンドオーバーを禁止するようRNCでの制御を制限するなどによって対応し、コンセントレータを挟んだ装置間制御における整合性を確保する。

3.2 Super 3G/4G対応分散基地局ネットワーク技術

Super 3G/4Gのセルラシステムでは数百Mbpsから1 Gbpsの無線通信速度に達し、このような高速無線伝送では特に端末の送信電力が問題となるため、セルの大きさは3Gシステムよりも小さくなると予想されている。

小セル基地局は大セルの非カバレッジ領域や不感地の補間、セル端でのスループット向上等、通信品質・サービス可用性の向上に対するユーザーやオペレータのきめ細かい要求に柔軟に対応できる利点がある。一方でエリアあたりに設置される基地局数の増大に伴い、導入・運用コスト及び基地局のシグナリングトラフィックが増大すること、並びに収容基地局数の制約から上位装置の増設や再配置が必要となることが問題となる。この問題に対し、2つのレベル

のグループ化／仮想化による解決法を検討している(図3)。

(1) 仮想基地局におけるシグナリングの集約

第一のグループ化／仮想化は複数の基地局のグルーピングによる仮想基地局である。仮想基地局では一つ又は複数の代表基地局を定義し、グループ外装置からの共通・個別シグナリングメッセージをグループ内基地局に分配し、逆にグループ内基地局はグループ外装置への個別シグナリングメッセージを代表基地局に集約する。この代表基地局を介したグループ外装置との通信機構によってノード間シグナリングトラフィックを抑制し、上位装置の増設・再配置を回避することができる。また、代表基地局はグループ内基地局の運用状態を監視し、グループ内基地局の障害を仮想基地局セルの障害として上位装置に見せる。このようにグループ内基地局は自律的に起動・運用することによって、基地局の導入・運用コストを削減するのみならず、グループ内基地局のプラグ・アンド・プレイも可能とする。

(2) 仮想セルによる隣接セルリスト数の削減

第二のグループ化／仮想化は互いに干渉しない複数のセルで同一の無線パラメータを使用して仮想的に一つのセルを形成する仮想セルである。仮想基地局は無線アクセスネットワークにおける見かけの基地局数を減少させるが、セル数は減少させない。仮想セルによって複数のフェムトセルをセル半径数kmの一つのマクロセルとして扱うことで、莫大(ばくだい)な数のセルの配置計画を行うことを回避できる。

フェムトセル数の増大は、フェムトセルにオーバーレイするマクロセルにおける隣接セルリストの構成にも影響を与える。すなわちマクロセルには多数のフェムトセルが隣接するため、例えば端末がハンドオーバー候補セルを基地局の支援なしに探索する場合、端末はフェムトセルで使用されている多数の無線パラメータの組み合わせを試して端末周辺に位置するハンドオーバー候補セルを探索する必要がある。一方、基地局が端末のハンドオーバー候補セル探索支援情報として隣接セルリストを端末に通知する場合、基地局は端末が通信中のマクロセルに隣接する多数のフェムトセルの中から端末周辺のフェムトセルを特定して端末に通知するために、膨大なセル配置情報を保持して端末の位置に応じた隣接セルリストを動的に構成するなど、複雑な制御が必要となる。仮想セルの導入によってマクロセルの隣接セルリストの規模を3Gシステムと同程度にすることができるため、端末の隣接セルリスト探索負荷が軽減され、また、基地局における隣接セルリストの複雑な制御が不要となる。

4. む す び

次世代セルラ通信における無線ネットワーク技術に関して、3GPP LTEにおける標準化動向について述べるとともに、当社のSuper 3G/4Gセルラシステムへの取り組

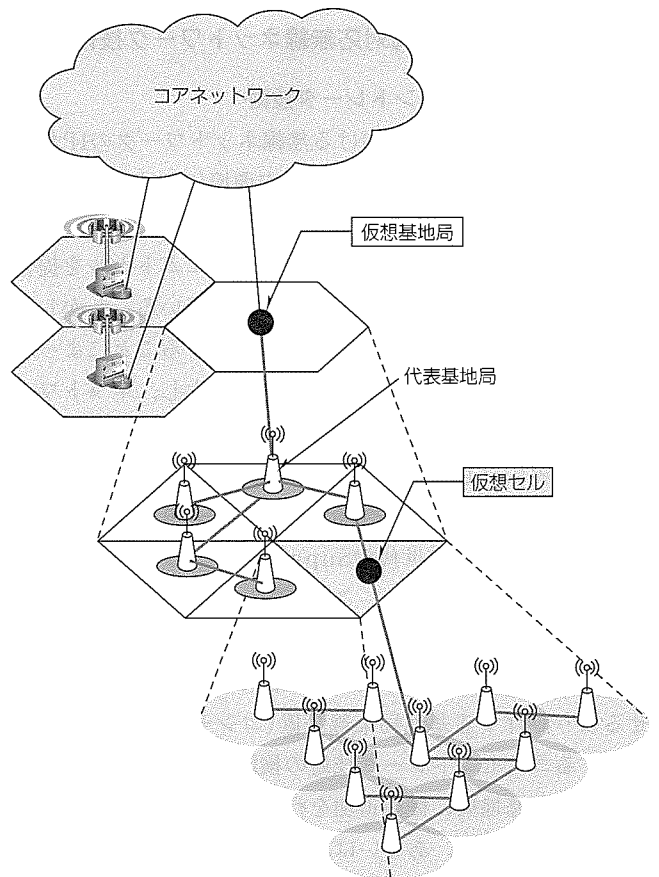


図3. 仮想基地局と仮想セル

みとして、コンセントレータによる一元的な集線によって基地局収容効率を向上させるコンセントレータ技術について述べた。また分散配置される基地局のグループ化／仮想化によって導入・運用コストの増加、基地局収容効率の低下といった諸問題に対し、柔軟な対応を可能とする分散基地局ネットワーク技術について述べた。これらの技術を導入することによって、基地局を収容する装置の増設/大容量化を必要とせず多数の超小型基地局によるネットワークを構築することができ、次世代セルラネットワークを効率的かつ低コストで実現することが可能となる。

今後はシミュレーションやプロトタイプングなどを行い、この技術の有用性について検証を進める。

参考文献

- (1) NTT DoCoMo : 3G EVOLUTION SCENARIO TOWARD 4G(SUPER 3G CONCEPT), AWF-2/38, The 2nd APT Wireless Forum (2005-9)
- (2) 前田昌也, ほか: 超小型セルラ基地局向け技術(1)~(5), B-5-159~163, 電子情報通信学会総合大会 (2007-3)
- (3) 3GPP : TR25.913(Release 7) (2006-3)
- (4) 3GPP : TS36.300(Release 8) (2007-6)
- (5) Mitsubishi Electric : EUTRAN topology in support of Home eNodeBs, 3GPP TDoc. R 3 -071589 (2007-8)

次世代ネットワークにおける セキュリティ技術

近澤 武*
後沢 忍*

Security Technologies for Next Generation Network

Takeshi Chikazawa, Shinobu Ushirozawa

要 旨

NGN (Next Generation Network) と呼ばれる次世代ネットワークは、インターネットとは異なり、通信品質やセキュリティが確保されることに特長がある。

NGNのセキュリティについて、いろいろと検討され、多くの課題が挙げられているが、これらの課題のうち、“通信の盗聴等”に対しての“通信の秘密を確保する対策”として有効な“暗号技術”は重要な技術の一つである。

三菱電機とNTTが共同開発した暗号アルゴリズム“Camellia^(注1) (カメリア)”は、安全性と性能に優れており、NGNの暗号としても提案されている。またCamelliaは、

NGNとそこにつながる企業間で使用可能な当社製超高速VPN (Virtual Private Network) 装置にも搭載されている。さらに当社は、NGNのネットワーク高速化に対応可能な高速暗号アルゴリズム“BROUILLARD^(注2) (ブルイヤール)”や、NGNに接続される様々な機器に実装される暗号に適した小型暗号アルゴリズム“BRUME^(注2) (ブリュム)”を開発済みである。

(注1) Camelliaは、日本電信電話㈱と三菱電機㈱の登録商標である。

(注2) BROUILLARD, BRUME, MISTYは、三菱電機㈱の登録商標である。



NGNで提案されている暗号アルゴリズム“Camellia”を搭載した超高速VPN装置の外観

当社では、ネットワークの高速化と暗号アルゴリズムの進化に柔軟に対応できる暗号処理アーキテクチャとして、階層型並列処理方式を確立した。この方式をネットワーク上でデータの暗号化を行うIPsec (Security Architecture for Internet Protocol) VPN装置に適用し、世界で初めて10Gビットイーサネット上でのワイヤスピード(ネットワークの持つ最大通信速度)を達成した。実装している暗号アルゴリズムは、NGNで提案されているCamelliaのほか、MISTY^(注2)、AES、Triple-DESである。

1. ま え が き

NGNと呼ばれる次世代ネットワークは、通信事業者が構築するIPベースのネットワークを用いて、音声や動画の統合されたサービスを提供する。インターネットとは異なり、通信品質やセキュリティが確保されることに特長がある。

NGNのセキュリティは国内では、総務省の次世代IPネットワーク推進フォーラム⁽¹⁾及び情報通信審議会 情報技術分科会IPネットワーク設備委員会⁽²⁾で検討が行われている。後者の委員会で挙げられたNGNにおけるセキュリティ上の課題⁽³⁾を表1に示す。

本稿では、これらの課題のうち“通信の盗聴等”の検討課題に対しての“通信の秘密を確保する対策”として有効な“暗号技術”を取り上げる。まず、NGNに適した暗号アルゴリズムCamellia⁽⁴⁾について述べる。このCamelliaはNGNの暗号として提案されている⁽⁵⁾ほか、NGNとそこにつながる企業間で使用可能なVPN装置にも搭載されている。この超高速VPN装置⁽⁶⁾についても合わせて述べる。さらに、NGNのネットワーク高速化に対応可能な高速暗号アルゴリズムBROUILLARDや、NGNに接続される様々な機器に実装される暗号に適した小型暗号アルゴリズムBRUMEの概要について述べる⁽⁷⁾。

2. 暗号アルゴリズムCamellia

暗号アルゴリズムCamelliaは、2000年に当社とNTTが共同で開発した共通鍵(かぎ)暗号である。

2.1 Camelliaの特長

Camelliaは、鍵長を128ビット/192ビット/256ビットから選択でき、128ビットの単位で暗号化/復号を行うブロック暗号である。世界中でデファクト的に使われている米国暗号AES(Advanced Encryption Standard)⁽⁸⁾と同じインタフェースを持つ。

Camelliaは、AESと同等の安全性を持ち、ハードウェアでの低消費電力で高速な暗号化/復号可能という特長を持っている。

2.2 Camelliaの評価

Camelliaは、このような特長を持つことから、次の多くの標準化団体/暗号評価プロジェクトで、規格や推奨暗号アルゴリズムとして採択されている^(注3)。

- (注3) NESSIE : New European Schemes for Signatures, Integrity and Encryption
 CRYPTREC : Cryptography Research and Evaluation Committees
 ISO/IEC : International Organization for Standardization/International Electrotechnical Commission
 IETF : Internet Engineering Task Force
 S/MIME : Secure Multipurpose Internet Mail Extension
 XML : eXtensible Markup Language
 SSL/TLS : Secure Socket Layer/Transport Layer Security

表1. IPネットワーク設備委員会で挙げられたNGNにおけるセキュリティ上の課題⁽³⁾

大項目	中項目	課題項目	検討内容
安全性	個人認証/ 個人情報	●なりすまし/発ID偽装対策	重要通信の妨害や各種のセキュリティ攻撃につながる発ID/IPアドレス/ユーザー等のなりすましへの対策
		●個人情報保護	発IDや回線情報等のユーザー情報などの個人情報の保護対策
		●逆探知	発信者の回線情報/エリアを特定するために必要なネットワーク設備及び端末の要件
	サイバー 攻撃対策	●端末からの脅威(SPIT, ワン切)への対策	●SPITやワン切などの電話を使った攻撃を防止するためのネットワーク設備/端末の機能要件
		●INVITE呼集中防止対策	●INVITE呼集中による機能停止等を防止するためのネットワーク設備/端末の機能要件
		●ネットワークからの脅威(DDoS, スパム, 不正アクセス)	●ネットワーク境界(UNI, NNI)でのフィルタリング等のあり方 ●ユーザーネットワークや相互接続網からのウイルス伝染や、異常トラフィックが流入した際の緊急遮断ルール
端末機器	●通信の盗聴等	通信の秘密を確保する対策(暗号化等)	
	●SIPと連動しない音声通信流通の制限	P2P等を利用した攻撃目的での電話端末への直接通信を防止するための対策	
サービス 制御機能	セキュリティ確保	●不正利用, 不正アクセス(なりすまし)/SIP脆弱(ぜいじゃく)性攻撃防止	本検討課題においてはCプレーンにかかわるセキュリティ確保について検討する。 ●不正利用, 不正アクセス(なりすまし), SIP脆弱性攻撃防止について -不正利用, 不正アクセス(なりすまし)を防止するため、自ユーザーを認証する。 -電気通信事業者協会(TCA)策定の発信者番号偽装対策ガイドラインに従う。 -DoS攻撃対策を実施する。
		●自網からの流出防止と、他網の流入防止の双方対策	●自網からの流出防止と他網からの流入防止の双方の対策について - SIP 信号疎通の制限を実施する。
トランス ポート (IP ネット ワーク) 機能	セキュリティ確保	●ウイルス/ワーム等の流入/流出の防止	●ウイルス/ワーム等の流入/流出の防止 -事業者網内の装置が原因で、ウイルス/ワーム等が他網へ波及することがないよう処置をとる。 -Cプレーンと連携したUプレーンのみの疎通とする。
		●盗聴/RTP偽装の防止等	●盗聴/RTP偽装の防止 -通信の秘密を守る処置をとる。 -事業者網内トポロジーの隠蔽(いんべい)をするための仕組みを導入。 -DoS攻撃対策をとる。

DDoS : Distributed Denial of Service
 DoS : Denial of Service
 NNI : Network Network Interface
 P2P : Peer to Peer
 RTP : Real-time Transport Protocol
 SIP : Session Initiation Protocol
 SPIT : SPam over Internet Telephony
 UNI : User Network Interface

- 欧州 NESSIE⁽⁹⁾ 推奨暗号
- 日本 CRYPTREC⁽¹⁰⁾ 電子政府推奨暗号リスト
- ISO/IEC 18033-3⁽¹¹⁾ 暗号アルゴリズム: ブロック暗号
- IETF⁽¹²⁾ S/MIME⁽¹³⁾, XML-Encryption⁽¹⁴⁾, SSL/TLS⁽¹⁵⁾

2.3 CamelliaのNGNへの提案

Camelliaは、NGNの世界でも十分に活用できると考えられ、ITU-T(International Telecommunication Union-Telecommunication Standardization Sector)で検討されているNGNのセキュリティメカニズムで用いる暗号アルゴリズムとして提案され、現在審議中である⁽⁵⁾。

3. Camellia搭載の超高速VPN装置

NGNの概略構成は図1に示すような形で一般に公開されている。この中で企業内網に関する部分は、図の点線で囲んだ箇所であり、既存のイーササービス等との差は今のところ明らかになっていない。したがって本稿では、NGNと既存サービスを特段区別することなく、企業内網にVPN技術を導入する際のポイント(導入の容易性、網の進化に追随する高速性)について述べる。

現状、VPNはオプション機能であり、キャリア側、ユーザー側がどちらの責任で導入するにしても、ネットワークを構築した後に導入すると考えられる。つまり、既存のネットワークにVPN機能をアドオンすることになる。この場合、既存のネットワークに影響を与えることなく、導入できることが望ましい。現在普及しているVPN装置はルータ装置に実装されているケースがほとんどであり、ルータの導入に際してはIPサブネットが増えることになるため、既存ルータもしくは端末の設定変更が必要になる。

一方、HUBなどに代表されるリピータ方式は、IPセグメントを意識せずに導入できるという特長を持っており、当社では、既存ネットワークに影響を与えずにVPNを実現する装置アーキテクチャ: リピータ方式VPN技術⁽¹⁶⁾を保有している。この方式は当社のネットワークセキュリティ

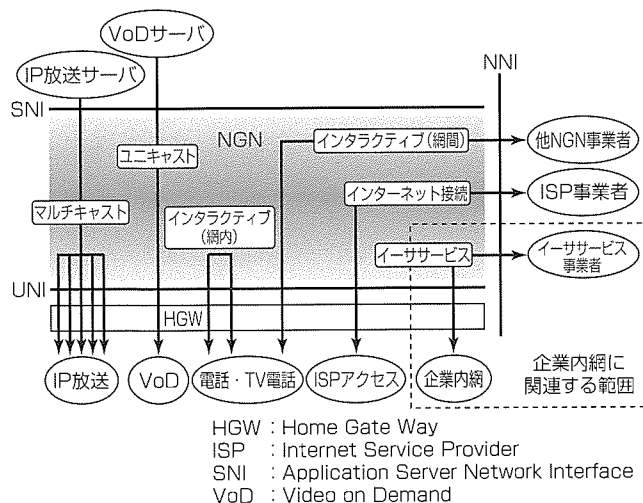


図1. NGN概略構成

技術である“Cryptopiaシリーズ”で採用されており、NPO日本ネットワークセキュリティ協会が主催する相互接続試験に参加して、ルータアーキテクチャの他社製VPN装置と問題なく通信できることが実証されている。

次にVPNの高速化について述べる。当社では、ネットワークの高速化と暗号アルゴリズムの進化に柔軟に対応できる暗号処理アーキテクチャとして、階層型並列処理方式を確立した(図2)。この方式は暗号・認証処理を階層接続することによって、暗号・認証アルゴリズムの処理速度に依存せずに高スループットを実現することが可能である。

今回、この方式をネットワーク上でデータの暗号化を行うIPsec準拠のVPN装置に適用し、世界で初めて10Gビットイーサネット上でのワイヤスピード(ネットワークの持つ最大通信速度)を達成した。今回は16階層で10Gビットイーサネットのワイヤスピードを実現したが、暗号・認証部の処理性能や装置としての目標性能に応じて階層を増減することが可能であり、現在規格化が進められている40Gbpsや100Gbpsなどの、より高速なネットワークに対応するVPN装置を実現することも可能である。

またこの装置は、高スループットを実現しやすいロングパケットだけでなく、暗号化対象となるデータの割合が小さく、高速化が難しいショートパケットでもワイヤスピードを達成している。なお、IPsec通信を行う場合、10Gビットイーサネットのワイヤスピードは約856万PPS(パケット/秒)である(64バイトショートパケット、ESP(Encapsulating Security Payload)認証オプションありの場合)。

この“ESP認証オプションあり”は、IPsecの代表的な使われ方であり、今回は、暗号アルゴリズムとして、MISTY⁽¹⁷⁾、Camellia、AES、Triple-DESを用いてワイヤスピードの達成を確認した。

4. 高速暗号アルゴリズムBROUILLARD/小型暗号アルゴリズムBRUME

当社は暗号アルゴリズムとして、Camellia発表より前の1996年にMISTYを開発、発表した。MISTYは64ビットブロック暗号で、安全性を数値で証明でき、また性能もハー

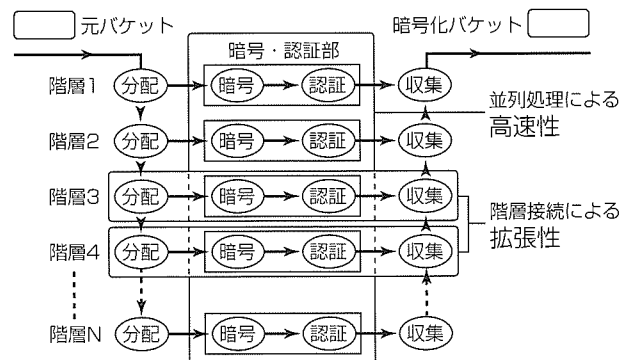


図2. 階層型並列処理方式

ドウェアで小型化可能、ソフトウェア実装でもどのようなプラットフォームでも高い性能を出すことができる特長を持つ。

2005年に当社は、MISTYファミリーとして、大小様々な機器への搭載に必要な高速処理又は小型化性能と十分な安全性を両立させた、新しい暗号アルゴリズムBROUILLARDとBRUMEを開発した。

BROUILLARDは、例えば動作周波数3 GHzのインテル^(注4) Pentium^(注4) 4 プロセッサの場合、約1秒で1 Gバイトのデータを処理することが可能で、MISTYの約10倍の高速処理を実現している。NGNでは、ネットワークの高速化に対応できる高速処理可能な暗号アルゴリズムが必要であるため、BROUILLARDはCamelliaとともにNGNで使用できる暗号の候補と言える。

BRUMEは、ソフトウェアのプログラム容量が1 Kバイト以下、ハードウェアのゲート数が3 Kゲート以下と、いずれもMISTYの約半分の小型化と低消費電力を実現している。小型の暗号が実装された様々な機器／デバイスがNGNに接続されるようになるため、BRUMEもNGNで利用されることが予想される。

5. む す び

NGNにおける、“通信の盗聴等”の検討課題に対しての“通信の秘密を確保する対策”として有効な“暗号技術”を取り上げ、暗号アルゴリズムCamellia及びCamelliaを実装した超高速VPN装置について述べた。また、Camelliaとともに、NGNで利用が予想される、高性能暗号アルゴリズムBROUILLARD／BRUMEの概要についても述べた。

当社は、NGN及びNGN周辺分野のセキュリティに関して、これからも注力して、技術の研究及び製品開発をしていく。

(注4) インテル、Pentiumは、Intel Corp.の登録商標である。

参 考 文 献

- (1) 次世代IPネットワーク推進フォーラム 研究開発・標準化部会チュートリアル資料「我が国におけるNGN標準化の重要性」<http://ngnforum.nict.go.jp/>
- (2) http://www.soumu.go.jp/joho_tsusin/policyreports/joho_tsusin/ipnet/ipnet.html
- (3) 独立行政法人 情報処理推進機構「次世代ネットワークに関する世界的な動向調査報告書」
<http://www.ipa.go.jp/security/fy18/reports/ngn/report.pdf>
- (4) 青木和麻呂, ほか: 128ビットブロック暗号Camellia, 電子情報通信学会技術研究報告, ISEC2000-6 (2000)
- (5) <http://info.isl.ntt.co.jp:80/crypt/info/index.html>
- (6) 10Gbps超高速VPN装置, 三菱電機技報, 82, No.1, 5 (2008)
- (7) 三菱電機ニュースリリース: 機器組み込み用高性能暗号アルゴリズム「BRUME」と「BROUILLARD」を開発 (2005)
<http://www.mitsubishielectric.co.jp/news/2005/0912.htm>
- (8) Advanced Encryption Standard, FIPS 197 (2001)
- (9) <https://www.cosic.esat.kuleuven.be/nessie/>
- (10) <http://www.cryptrec.jp/>
- (11) ISO/IEC 18033-3: 2005 “Information technology—Security techniques—Encryption algorithms—Part3: Block ciphers” (2005)
- (12) <http://www.ietf.org/>
- (13) IETF RFC3657
- (14) IETF RFC4051
- (15) IETF RFC4132
- (16) 稲田 徹, ほか: VPN構築技術の検討・リピーターアーキテクチャ, 情報処理学会第61回全国大会 (2000)
- (17) 松井充: ブロック暗号MISTY, 電子情報通信学会技術研究報告ISEC96-11 (1996)

次世代ネットワークにおける映像符号化技術の動向

山田悦久* 川畑幸保*
 関口俊一* 小須田伸一**
 猪股英樹*

Trend of Video Coding Technology toward Next Generation Network

Yoshihisa Yamada, Shun-ichi Sekiguchi, Hideki Inomata, Yukiyasu Kawahata, Shinichi Kosuda

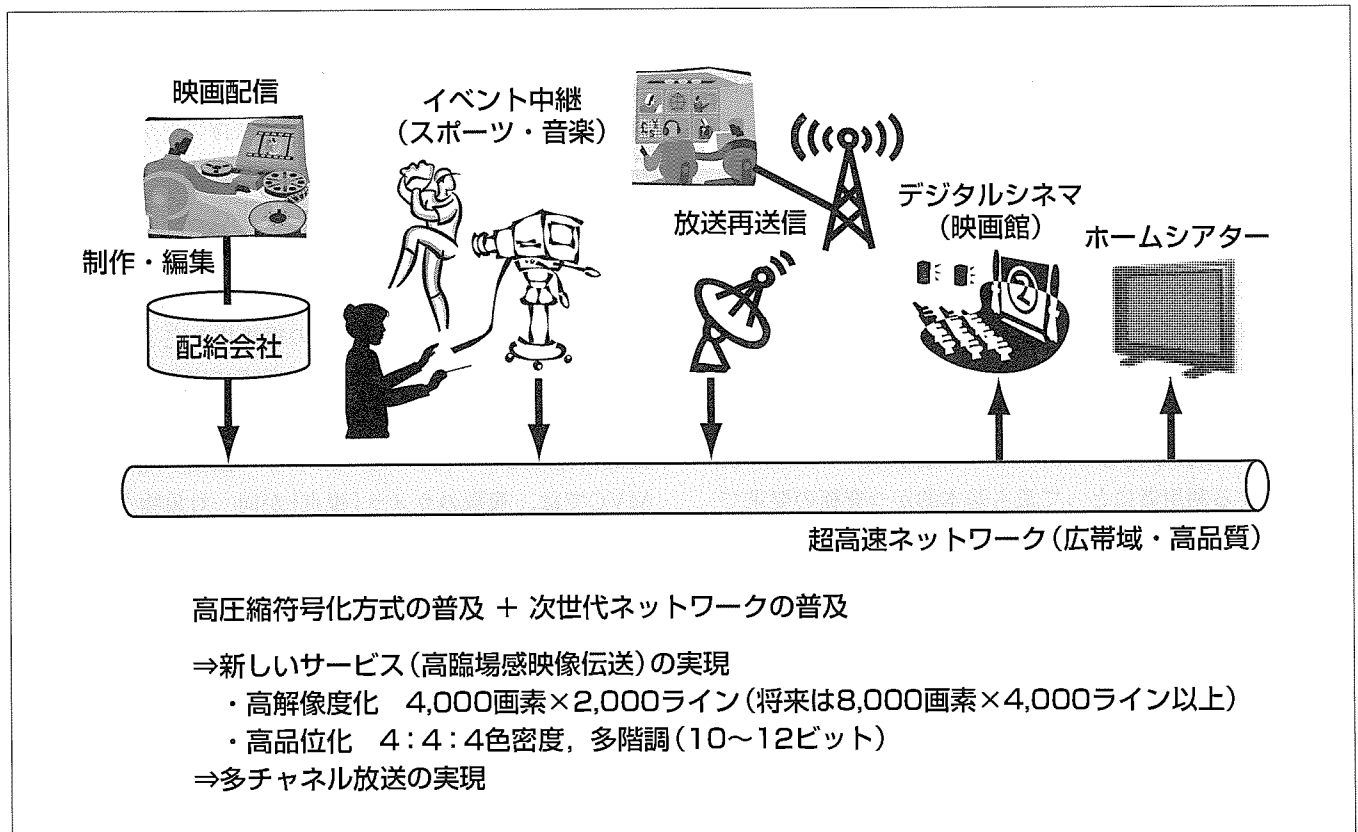
要旨

映像符号化方式として近年普及が進んでいるMPEG (Moving Picture Experts Group)-4 AVC(Advanced Video Coding)/H.264方式は、高い符号化性能を特徴の一つとしており、従来のMPEG-2方式と同じ容量であれば、より高品質な、又はより多チャンネルの映像伝送を可能とする。

AVC/H.264は2003年に最初の標準が策定された後も拡張作業が進められており、2007年1月には高品質映像信号に対応する3つのプロファイルを新たに標準化した。これらはいずれも4:4:4色密度映像信号を扱うことを可能とするものであり、三菱電機からの提案を含めた技術が採用されている。これまでの標準方式に比べて4:4:4色密度信号に対する符号化性能が改善されたほか、並列処理を

容易に実現可能とする仕組みも取り入れられたため、デジタルシネマのように画素数が特に多い上に高い品質が要求される映像信号に対して、実現性の高い方式となっている。

一方、当社ではAVC/H.264を実現するLSI開発・コーデック開発を進めている。MPEG-2以前からの長年にわたるコーデック開発で培ったノウハウを利用して、主観画質の向上と圧縮効率を高めるとともに、低遅延処理・小型化を実現するためのアーキテクチャの検討を行い、これらの技術を搭載したHDTV(High Definition Television)コーデック“MH-4000”の開発を進めている。このコーデックは、映像配信・中継、映像監視など様々なネットワーク映像通信への利用が期待されている。



次世代ネットワークにおける映像符号化技術

符号化性能に優れたAVC/H.264映像符号化方式と次世代ネットワークの普及によって、新しい映像伝送サービスが期待される。一例として“高臨場感映像伝送”が挙げられる。4Kデジタルシネマを超える高解像度映像、色情報をより忠実に再現する4:4:4色密度映像や多階調映像に対する符号化によって、映画館や家庭で高精細な映像を楽しむことができるようになる。又は符号化効率の向上によって、より一層の多チャンネル化伝送を行うこともできる。

1. ま え が き

デジタル映像は、MPEG-2/-4の国際標準成立によってデジタル放送からモバイル端末まで裾野が広がり、放送・通信・蓄積のあらゆる領域で生活に密着した身近なメディアとなった。中でも通信とのかかわりという点では、デジタル放送と薄型大画面テレビの相補的な普及、光回線の低廉化などを背景として、NGN(Next Generation Network)上でHDTV伝送を実現するIPTV(Internet Protocol Television)がホットな話題となっている。また、4,000画素×2,000ラインクラスの超高解像度フォーマットが用いられるデジタルシネマの流通にも次世代ネットワークが欠かせないものとなる。HDTVを超える解像度からなる高品質映像をストレスなく伝送するためには、デジタル映像の情報圧縮を行う高能率符号化技術は依然として必要不可欠な技術である。中でも近年、標準方式の中で特に優れた圧縮性能を示すMPEG-4 AVC/ITU-T(International Telecommunication Union-Telecommunication Standardization Sector)H.264(以下“AVC/H.264”という。)に対する関心が高まっている。AVC/H.264はBlu-ray・HD-DVD(Digital Versatile Disk)等の高精細DVD、ワンセグ放送等の対応製品の市場投入が急速に進む一方、現在も新しい技術を取り入れた規格拡張が続いており、新規格に対応した製品が期待される。

本稿では、AVC/H.264成立後の標準化動向及び当社におけるAVC/H.264コーデック技術について述べる。

2. 映像符号化技術の標準化動向

この章では、AVC/H.264の最新の規格拡張に関する標準化動向について、特に高品質映像フォーマットへの対応状況と今後の展望を中心に述べ、次いでAVC/H.264コーデックの開発状況について述べる。

2.1 AVC/H.264高品質符号化拡張

“きれいな映像を視聴したい”という要求は、デジタル映像を視聴する利用者にとって最も基本的かつ究極の要求である。ネットワーク、ストレージの容量が爆発的に増加している昨今、映像符号化は、高圧縮率の実現のみならず、あたかも映し出されるシーン内に同化してしまうかのような“リアリティ”のある映像を視聴者に届けることも可能な領域に入ってきた。デジタルシネマではDCI(Digital Cinema Initiatives)仕様として、4,000画素×2,000ラインの高解像度、4:4:4色密度、12ビット画素階調をサポートする高品質フォーマットが推奨され、制作時に意図された映像を忠実に再現することを目指している。このような高品質コンテンツを対象とする映像符号化では、色信号の帯域制限や再現色域の制約などのファクタから解放され、忠実な映像情報再現を可能とする高品質フォーマットを扱える

ことが重要である。

2003年に制定されたAVC/H.264に対して2004年に規格拡張された“FRExt(Fidelity Range Extension)”で、HDTVを主対象とするHighプロファイルや、RGB(Red Green Blue)色空間、4:4:4色密度、最高12ビット画素階調などの高品質映像信号を直接符号化可能なHigh4:4:4プロファイルが追加された。その後、4:4:4色密度信号に対する圧縮性能を更に改善できる可能性が確認され、2005年7月から同プロファイルの方式修正を行い、2007年1月に新しい高品質映像信号対応プロファイル群“Professional Profiles”が成立した⁽¹⁾。4:4:4色密度を扱うことができるプロファイルとして、フレーム内符号化モードのみを持つHigh4:4:4 Intra, CAVLC4:4:4 Intra, フレーム間予測をサポートするHigh4:4:4 Predictiveの3つのプロファイルが新たに策定された。

これら新しい4:4:4色密度対応プロファイル群では、3つの色成分の信号をいずれも輝度信号相当として扱い、Highプロファイルに採用された符号化ツールを使用する当社の提案を含めた方式が採用されており、4:4:4色密度信号に対する時間・空間予測の性能改善が達成されたほか、算術符号化・動き予測処理などの処理負荷の分散に有用な並列性の向上を実現した⁽²⁾。また、最高14ビットまでの画素階調への対応、ロスレス符号化モード、表示画像品質改善のためのヒント情報の伝送シンタックスなどが追加されている。Professional Profilesは、今後、業務用放送機器や、デジタルシネマ等の次世代映像コンテンツへの適用が期待される。

このほか、最新のAVC/H.264拡張作業には、スケーラブル符号化拡張(Scalable Video Coding:SVC)、多視点映像符号化拡張(Multi-view Video Coding:MVC)がある。SVCは2007年7月に初版の規格化を完了し、空間・品質スケーラビリティを高い圧縮効率で実現した。今後の課題として、画素階調や色密度の方向へ階層性を持たせる高品質化のためのスケーラビリティの議論が始まっている。MVCでは、複数のカメラ(視点)が同一対象物を撮像している映像を想定し、視点間の信号相関を利用した映像圧縮を行うための拡張を行っており、2008年7月の規格化完了を目指して技術選定の作業が継続されている。自由視点テレビ、三次元映像などの用途を想定する。いずれの拡張も技術領域はそれぞれ異なるものの、リアリティの高い映像アプリケーションを実現するための要素技術として目指すところは共通である。

2.2 標準化の今後の展望～リアルカラー映像符号化へ

最近のデジタル映像機器は、撮像・表示系のデジタルフルカラー対応が急速に進み、デバイス技術の高度化による映像品質の向上が著しい。このような状況を鑑(かんが)みると、色間引きによって原信号の情報量を削減する現行

の輝度・色差フォーマットによる映像圧縮・伝送は、これからの高品質映像システムを考える上でボトルネックとなってくる可能性が高い⁽³⁾(図1)。

AVC/H.264 Professional Profilesに含まれるHigh4:4:4 Predictive Profileでは、民生用途で用いられる映像解像度・ビットレートで4:4:4色密度映像を符号化した場合に、従来の色間引きを伴う輝度・色差信号(4:2:0色密度映像)の符号化に比べて、圧縮率・色再現性のバランスに優れた符号化性能が得られることを確認している。このことは、Professional Profilesの策定プロセスを通して、民生の分野でも4:4:4色密度、すなわち“リアルカラー”のコンテンツ表現が現実味を帯びてきたことを示すものであり、今後の標準化作業の課題として当社主導で議論が進められている⁽³⁾(図2)。

3. AVC/H.264 HDTVコーデック技術

AVC/H.264はMPEG-2と同様に動き補償フレーム間予測符号化を基本方式としているが、ブロックサイズや予測参照ピクチャ、予測モードが多様化したこと、エントロピー符号化にCABAC(Context-based Adaptive Binary Arithmetic Coding)を採用したことなどによってMPEG-2比で約2倍の圧縮能力が得られる方式である。同等画質でビットレートを半減できれば、ネットワークにおけるランニングコスト削減や映像チャンネル数増加といった経済的メリットやサービス向上が期待できる。

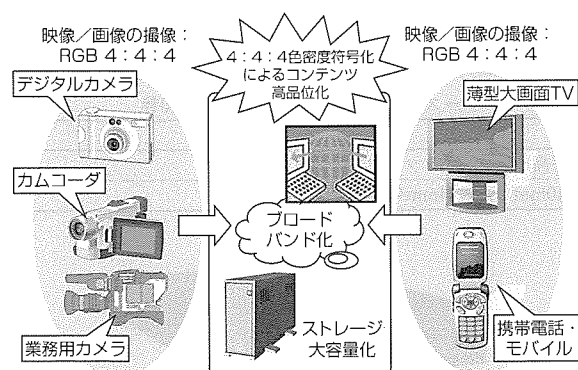


図1. 4:4:4色密度符号化の意義

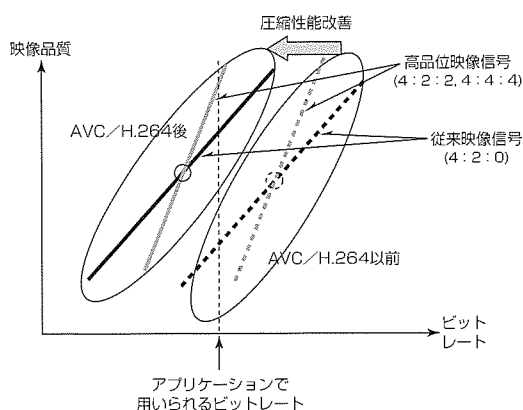


図2. 映像品質と符号化ビットレート

一方で、AVC/H.264は高い圧縮能力の反面、MPEG-2比10倍とも言われる演算量が、小型化・低コスト化・低消費電力化への大きなハードルとなる。AVC/H.264本来の性能を極力落とさず、いかにコンパクトな回路規模で実現するかが今後の普及の鍵(かぎ)を握っていると言える。この章では当社のコーデック技術について述べる。

3.1 高圧縮・軽量化アルゴリズム

ビデオエンコーダに求められる最も重要な要求条件は、圧縮した映像の高画質化である。高画質化には次のポイントがある。

①圧縮効率の向上(発生符号量最小化制御)

②主観画質の向上(視覚特性に基づく画質最適化)

①は実装する符号化アルゴリズムで決まる。極論するとすべての予測モードを同時に実行し、発生符号量が最小となるモードを選択すれば最も圧縮効率が高くなるが、ハードウェア化が非常に困難である。現実的には圧縮に影響の少ない予測モードの簡略化や、最適な予測モードを符号化前に判定するアルゴリズムに工夫を凝らすなどして回路規模の削減を図るのが一般的である。当社ではH.264の中で比較的演算量の多いイントラ予測符号化で、独自のツリー形式の判定アルゴリズム⁽⁴⁾を開発し、符号化効率をほぼ維持したうえで演算量を半減させている。また、符号化制御は原画像特性情報や難易度予測情報などによって符号化効率の最適化を図っている。

②では人間の視覚特性に基づき、映像シーンや着目点に応じた符号量割り当て制御やフィルタリングなどで主観画質を向上させる。特に低レート時は、特有のブロックノイズやモスキートノイズが現れやすいため、画面内で注目される被写体に多くの符号量を割り当てることで視覚的な高画質感が得られる。このような画質チューニング作業はエンコーダの完成度を上げる重要な要素であり、完成度は調整時に用いる映像シーンの種類と量に比例する。当社ではMPEG-2以前からの長年にわたるコーデック開発で培った制御ノウハウを保有し、短期間での画質調整を可能としている。

3.2 低遅延化アーキテクチャ

ネットワークにおける映像伝送で求められる性能は、映像品質だけでなく、伝送遅延も大きな要素である。放送事業者における特に現場との生中継では、伝送遅延が不自然な会話を生むため、コーデックでの処理遅延は極限まで短いのが望ましい。

AVC/H.264の場合、MPEG-2よりも処理が多様かつ複雑になることから、一般的に遅延は大きくなる傾向になり、実際各メーカーから市場に出されているコーデックには目測1.5秒から大きいもので3秒程度かかるものもある。蓄積メディア向けなら遅延は問題にならないが、特に放送素材伝送用途では、現行よりも更なる低遅延化が要求されて

いる。

当社では昨年までに実施した独立行政法人情報通信研究機構(NICT)委託研究“超低遅延化技術に関する研究開発”で、MPEG-2符号化伝送における処理遅延を極限まで短縮する研究⁽⁵⁾を実施しており、ピクチャ構造の見直し、制御単位の細分化やパイプライン処理、発生情報量の管理方法に至るまで徹底した低遅延化を図った。これらの技術を開発中のH.264コーデックにも応用し、低遅延モードでは120ms以下を実現予定である。

なお、超高速ネットワークで伝送帯域(ビットレート)が十分確保できる場合は、フレーム間予測符号化を用いず、フレーム内予測のみのオールイントラ符号化を行うことによって、コーデックの処理遅延はほとんど無視できるレベルまで短縮することが可能である。

3.3 高性能小型コーデックMH-4000

放送素材伝送を主なターゲットとしたAVC/H.264 HDTVコーデックMH-4000を開発中である。

MH-4000は、現行MPEG-2コーデックMH-2700の後継として、これまでの特長である高画質・低遅延・業界最小サイズを継承し、更にAVC/H.264での大幅な性能向上を図った機種である。映像の高品質伝送に不可欠となる4:2:2色密度信号に対応した1チップAVC/H.264エンコーダLSIによって従来と同様1Uハーフラックサイズを実現予定である。

エンコーダの主要諸元を表1に、外観を図3に示す。

エンコーダには、先に述べた高圧縮・低遅延化技術がすべて盛り込まれており、監視や地上デジタル放送といった低レートから高速ネットワークにおける高レートまで様々な分野に適用が可能となっている。

4. む す び

AV機器や放送・通信の分野で注目されているAVC/H.264の標準化動向及び当社コーデック技術について述べた。ネットワークとメディアは密接な関係にあり、伝送帯域が増えると、より情報量の多いメディアが活用されるようになる。映像ではHDTVが家庭に普及するまでに至っているが、次世代ネットワークの普及によって、更なる高精細映像や3Dといった高付加価値映像が注目されるだろう。

参 考 文 献

- (1) ISO/IEC 14496-10:2005/Amendment2 (2007)
- (2) 山岸秀一, ほか: 4:4:4映像信号に対する色成分別

表1. MH-4000E(エンコーダ)の主要諸元

映像信号	デジタルシリアル信号(Y, Pb, Pr) (SMPTE 292M準拠)又はデジタルシリアルコンポーネント(D1)信号(Y, Cb, Cr) (SMPTE 259M-C準拠) (自動追従)	
入力信号	デジタルシリアル信号(Y, Pb, Pr) (SMPTE 292M準拠)又はデジタルシリアルコンポーネント(D1)信号(Y, Cb, Cr) (SMPTE 259M-C準拠) (自動追従)	
モニタ出力信号	デジタルシリアル信号(Y, Pb, Pr) (SMPTE 292M準拠)又はデジタルシリアルコンポーネント(D1)信号(Y, Cb, Cr) (SMPTE 259M-C準拠) (自動追従)	
ビデオフォーマット	(1) 1920/1440pel×1080line, インタレース, 29.97Hz (2) 720pel×480line, インタレース, 29.97Hz	
クロマフォーマット	4:2:0/4:2:2	
符号化方式	MPEG-4 AVC/H.264 High4:2:2P@L4.1(8bit対応)	
符号化レート	HDTV:135Mbps(最大) SDTV:50Mbps(最大)	
テスト信号	カラーバースクロール	
音声信号		
入力信号	(1) AES/EBU (2) HD-SDIエンベデッド音声(SMPTE299M) (3) SDIエンベデッド音声(SMPTE272M)	2/4/6/8ch 2/4/6/8ch 2/4/6/8ch
符号化方式	(1) SMPTE 302M(16/20bit) (2) MPEG-2 AAC LC profile (3) MPEG-1 LayerII (4) MPEG-2 AAC+SMPTE302M (5) SMPTE302M+MPEG-2 AAC	1PES 最大8ch 2ADTS 最大6ch+2ch 2PES 最大4ch 2PES 最大8ch 2PES 最大8ch
符号化レート	(1) SMPTE 302M(16/20bit) (2) MPEG-2 AAC LC profile (3) MPEG-1 LayerII (4) MPEG-2 AAC+SMPTE302M (5) SMPTE302M+MPEG-2 AAC	:1,920kbps/2,304kbps(2ch時) :512kbps/640kbps(6ch時) :256kbps/384kbps(2ch時) :1,920kbps+640kbps(2ch+6ch時) :640kbps+1,920kbps(6ch+2ch時)
テスト信号	200Hz(MPEG-2 AAC/LFEのみ)/1kHz, -18dBFS又は-20dBFS	
補助データ		
入力信号	(1) 任意2ライン(最大4パケット/ライン) (SMPTE291M/272M) ARIB TR-B23(18H/282H@480i)及び ARIB TR-B22(11H/574H@1080i)を含む (2) LTC/VITC	
メディア多重化方式	メディア多重化方式	
多重方式	MPEG-2 Systems TS(Transport Stream)	
メディアタイプ	映像, 音声, 補助データ	
伝送インタフェース	伝送インタフェース	
データフォーマット	TS(Transport Stream)形式	
伝送レート	最大160Mbps	
出力インタフェース	DVB-ASI パケット/バーストモード切替, 188/204byte切替	
外観	外観	
外観	1U高EIAハーフラックマウントサイズ	
外形寸法	210mm(W)×44mm(H)×440mm(D)	

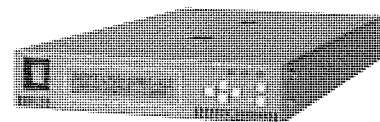


図3. MH-4000Eの外観

独立符号化方式の検討, SITA (2006)

- (3) Murakami, T., et al.: Requirement of Real-Color Video Coding for Consumer Applications, JVT-X043, Joint Video Team of ISO/IEC MPEG & ITU-T VCEG (2007)
- (4) 日和佐憲道, ほか: H.264イントラ予測における処理量削減の検討, 電子情報通信学会総合大会 (2006)
- (5) 大澤淳真, ほか: 低遅延機能を搭載したMPEG-2 HDTVエンコーダの実現, 電子情報通信学会総合大会 (2007)

次世代ネットワーク用波長多重システム

尾崎陽二郎* 清水克宏***
 森田俊哉* 馬場義昌***
 水落隆司**

WDM for Next Generation

Yojiro Osaki, Toshiya Morita, Takashi Mizuochi, Katsuhiko Shimizu, Yoshimasa Baba

要旨

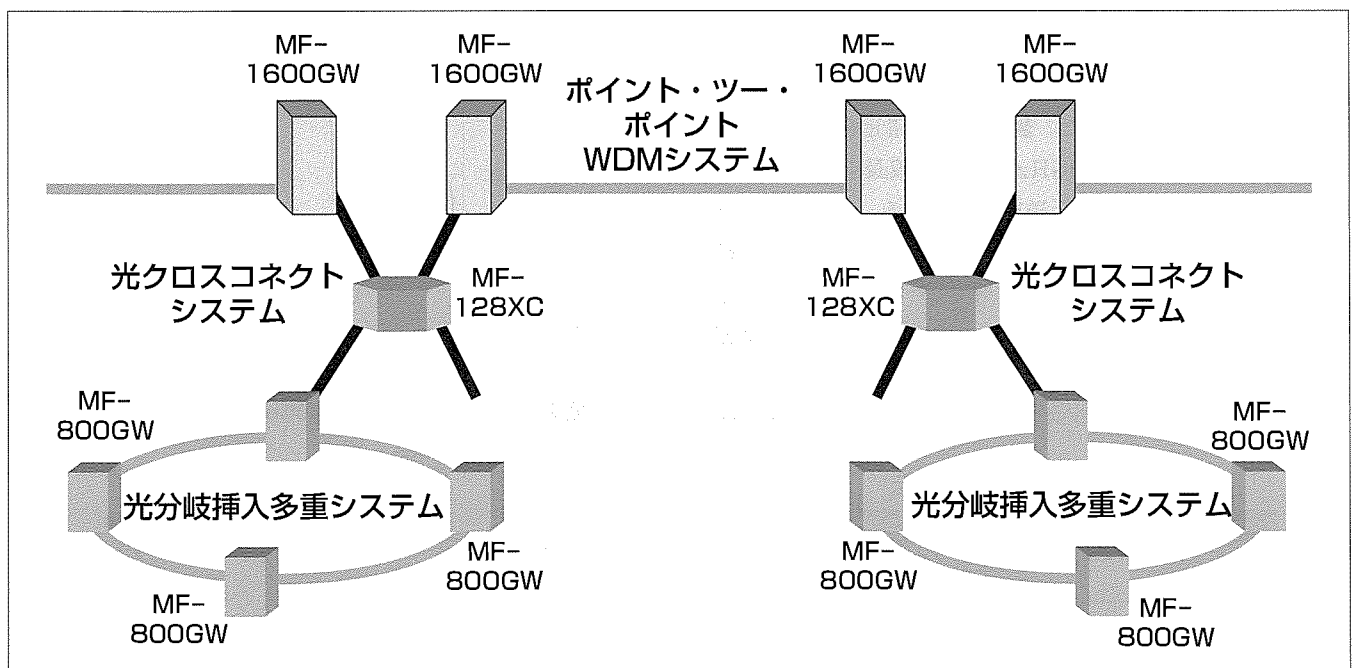
ITU-T(International Telecommunication Union-Telecommunication Standardization Sector)勧告Y.2011, “General principles and general reference model for NGNs”は、NGN(Next Generation Network)のデータ転送を担うトランスポート階層で広帯域なトランスポート技術の活用を求めている。波長多重(WDM:Wavelength Division Multiplexing)は、1990年代に実用化され、1本の光ファイバに複数の波長を多重することによって伝送コストを大幅に削減し、主に大都市の2地点間をポイント・ツー・ポイントで結ぶ技術として発展してきた。その後コア/メトロネットワークのデータ転送の主役となり、NGNを下支えするインフラストラクチャ技術として更なる発展が期待されている。

NGNのトランスポート階層では、ポイント・ツー・ポイントのみならず、都市間をメッシュ状に結ぶことや都市内を複数のメトロリングネットワークで網羅することが必要となる。そのためには、これまで以上に大容量かつ長距離伝送できるポイント・ツー・ポイントWDMシステムの

ほか、通信需要の変動に応じて任意のノード間に任意の容量の光パスを開通・解除する光ルーティングシステムが必要となる。これら光ルーティングを担う技術として、光分岐挿入多重システムと光クロスコネクシステムが期待されており、三菱電機ではNGN用に次の3種類の波長多重システムを開発した。

- (1) 40Gbps信号の500km伝送を可能とするポイント・ツー・ポイントWDMシステム(MF-1600GW)
- (2) 光分岐挿入多重の次世代版として有望視されている再構築可能なROADM(Reconfigurable Optical Add/Drop Multiplexer)システム(MF-800GW)
- (3) 飛躍的に運用性を高めるだけでなくMulti-Protocol Label Switching(MPLS)ルータとの連携も可能とするGeneralized MPLS(GMPLS)に準拠する光クロスコネクシステム(MF-128XC)

これら3つのシステムを下図のとおりインテグレーションすることで、広帯域なトランスポート技術が実現可能となる。



都市間、都市内をネットワーク化する当社の波長多重システム

1本の光ファイバに異なる波長の搬送波を多重し複数の信号を伝送する方式。波長が異なるため信号間の干渉がない。1980年代に実用化され、2000年代中盤までに光ファイバ伝送の容量を1Tbpsにまで引き上げた。1本のファイバを複数の波長で分割して利用するため、チャンネルあたりの伝送コストを大幅に引き下げることができるだけでなく、通信需要に応じて波長数を増減することもできる。

1. ま え が き

大容量の波長多重ネットワークは、NGNのトランスポート階層(データ転送レイヤ)を支える重要なインフラストラクチャであり、通信キャリアらによって急速に整備が進められつつある。需要が急激に変動する通信トラフィックを効率的かつ遅延を抑えて転送するためには、大都市間を結ぶポイント・ツー・ポイント、地域網をカバーするリング、地域間を網状につなぐメッシュの3つのネットワークポロジの構築が必要である。

本稿では、当社がNGN用に開発したポイント・ツー・ポイントWDMシステム、リング用分岐挿入多重システム、及びメッシュ用光クロスコネクシステムについて、それぞれの概要と特長について述べる。

2. ポイント・ツー・ポイントWDMシステム

都市間の大容量バックボーン回線として、ポイント・ツー・ポイントWDMシステムが運用されている。当社は、2.5Gbpsのポイント・ツー・ポイントWDMシステムを1990年代中盤に製品化し、国内外のバックボーン回線へ提供して以来、1990年代後半から今日まで、主に10GbpsのWDMシステムを大洋横断級の海底ケーブルシステムなどに数多く供給してきた。最近では、通信データ量の増大に伴い、40GbpsのWDM装置の要望が高まってきた。40GbpsのWDM実現には、時分割多重、40Gbpsコアルータとの接続、バルク転送をサポートする必要があり単に容量を増やすだけでなく、時分割多重度を上げることによって、波長運用の簡略化を図ること等が背景にある。

このような要請にこたえるため、40Gbpsのポイント・ツー・ポイントWDMシステムのプロトタイプ(製品名: MF-1600GW)を開発した。表1に主要諸元を、図1に装置外観を示す。L帯に100GHz間隔で40波長を多重し、標準で500kmの光増幅中継伝送を可能とする。40Gbpsトランスポンダカードは19インチラック1シェルフあたり5枚を実装される。クライアントインタフェースとしてSTM256など40Gbpsのみならず、10GbE LAN PHYなどの10Gbps信号を4多重することが可能である。

従来の10Gbps WDMシステムに40Gbps信号をオーバー

表1. MF-1600GW主要諸元

項目	諸元
ネットワークポロジ	ポイント・ツー・ポイント
最大伝送容量	1600Gbps(ファイバあたり)
許容区間損失	22dB
光増幅中継伝送距離	500km
波長帯	L帯
クライアントインタフェース種別	STM64/OC192×4多重 10GbE×4多重 STM256/OC768
最大実装波長数	5(1シェルフあたり)

レイするためには、少なくとも100GHz間隔に波長多重できなければならないため、周波数利用効率の高いCarrier-Suppressed Return-to-Zero Differential Quadrature Phase-Shift Keying(CSRZ-DQPSK)変調を採用した。図2に100GHz間隔で多重した送信信号スペクトルを示す。十分低い隣接チャネルクロストーク特性が得られた。

10Gbpsに比べ40Gbps信号の伝送の難しさは4倍厳しい偏波モード分散(PMD:Polarization Mode Dispersion)の克服にある。DQPSKは4値変調であり、シンボルレートが40Gbpsの半分の20Gsymbol/sであるため、従来の40Gbps On-Off KeyingやDPSKに比べて2倍のPMD耐力が期待できる。図3は開発した装置のPMD耐力の指標としてDifferential Group Delay(DGD)に対するQ値ペナルティを測定したものである。18psのDGDを与えてもペナ

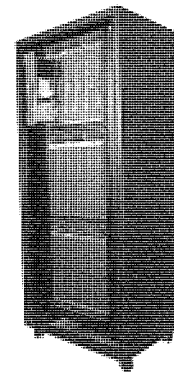


図1. MF-1600GW装置外観

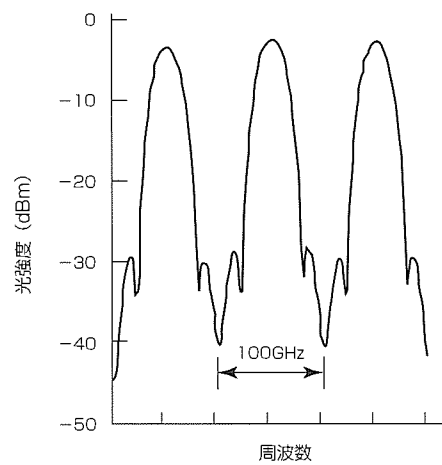


図2. CSRZ-DQPSK方式40Gbps信号スペクトル

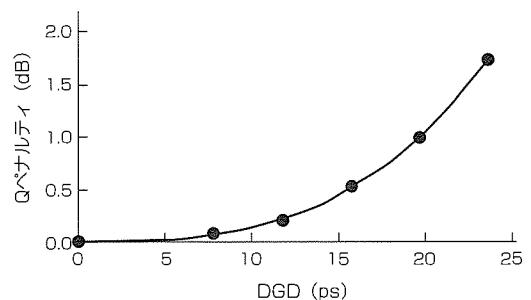


図3. 偏波モード分散耐力

ルティは1dBであった。これは標準的な伝送路500kmのPMDで信号品質劣化が起きないことに相当する。

3. 光分岐挿入多重システム

ネットワークの低コスト化と信頼性向上を実現する手段として光分岐挿入多重(OADM: Optical Add/Drop Multiplexer)が知られている。あらかじめ決められたノードで波長多重信号を光のまま分岐又は挿入する回線交換であり、電気変換コストの削減のみならず、パケット交換で問題となるルーティングによる遅延や計算量の爆発的増大を回避できる。従来は、波長は固定であり分岐挿入も手動で行うFixed OADMが主流であったが、通信需要の増減に柔軟かつ迅速に対処するために、遠隔で分岐挿入ノードや波長を変えられるROADMの必要性が高まってきた。

当社は、これらの需要にこたえるため、10Gbps×80波の伝送容量を持つROADMシステム(製品名: MF-800GW)を開発した。図4に装置の外観を、表2に主要諸元を示す。また、システム構成を図5に示す。

MF-800GWは、10ノードを超えるリング及びリニアネットワークに適用可能なROADMシステムであり、次の特徴を持つ。

- (1) 伝送路障害に対する高信頼性を必要とする光パスはITU-T G.873.1で勧告される1+1プロテクションで50ミリ秒以下の瞬断で保護可能
- (2) 光パス開通や解除にはGMPLSに準拠したResource

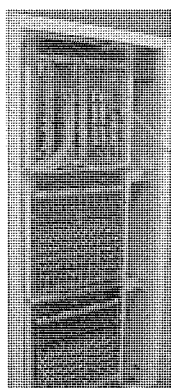


図4. MF-800GW外観

表2. MF-800GW主要諸元

項目	諸元
ネットワークポロジ	リング/リニア
プロテクション方式	1+1
パス制御プロトコル	GMPLS(RSVP-TE)
最大伝送容量	800Gbps
許容区間損失	0~33dB
波長帯	L帯
トランスポンダ波長	50GHz間隔/L帯全域可変
クライアントインタフェース種別	STM16/OC16, STM16/OC48 STM64/OC192 1000BASE-SX/-LX, 10GbE
最大実装波長数	20(1シェルフあたり)

Reservation Protocol-Traffic Engineering Extensions (RSVP-TE)によるシグナリングによって実現

- (3) ITU-T G.709に準拠したOptical Transport Network (OTN)による障害管理によって、障害の発生か所とその波及か所の特が容易
- (4) アクティブスタンバイで2重化されるEMS(監視制御端末)は、発生中警報や警報履歴を一覧で表示するとともに、警報重要度による色分け表示、ソート/フィルタ機能を具備し故障原因の特定・解析が容易
- (5) 小型化・省電力化を図ったハードウェアは、19インチラック1シェルフあたり最大20枚のトランスポンダカードを実装することができ、通信局舎の省スペース・省電力化に貢献
- (6) 光パス設定と連動して光ファイバの接続ポートを点灯表示する機能によって、本数の多い光ファイバの誤接続・誤抜去を防止し保守運用をサポート
- (7) 80波の波長は遠隔から分岐挿入の設定変更ができ、トランスポンダは全域で任意の波長グリッドに可変可能
- (8) マルチビットレートに対応しており、プラグブルモジュールのクライアント光インタフェースを交換することで、任意の信号を収容
- (9) GbEやSTM16はそれぞれ8、4チャンネル多重することで、波長を効率的に活用でき、接続ノード数が多い場合は、再生中継(3R)トランスポンダを用いて光パスを延伸することが可能

4. 光クロスコネクシステム

光クロスコネク(PXC: Photonic Cross Connect)による回線交換を導入することによって、ルータ多段で発生する遅延時間の抑制と光パススルーによる消費電力低減が可能

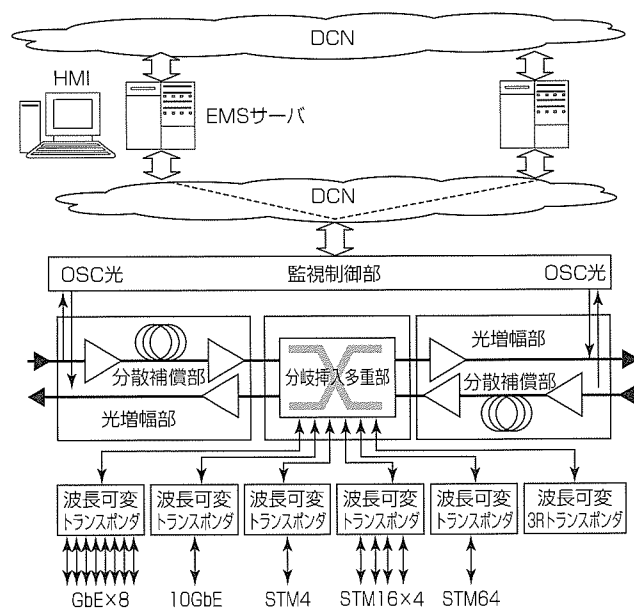


図5. MF-800GWシステム構成

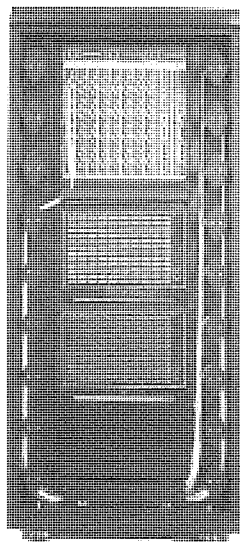


図 6. MF-128XC外観

表 3. MF-128XC主要諸元

項目	諸元	
シェルフ	シャーシ サイズ	12U-19inch 795(W)×600(D)×2200(H : max)
電源	電圧 消費電力	DC-48V, 1+1冗長 250W max
インタフェース	ポート数 ビットレート	16ポート/カード, 8カード/シャーシ 無依存
光スイッチ	構造	3D MEMS
	スイッチ容量	16×16, 32×32, 64×64, 128×128
	挿入損失	<12dB(1+1冗長), 8dB typ.
	切替時間	30ms max.
GMPLS	シグナリンク	RSVP-TE(RFC 3471, RFC 3473, RFC 3477, RFC 2961 & RFC 3209)
	ルーティング	OSPF-TE (RFC 3630, draft- ccamp-ospf-gmpls-extensions-12.txt)
	リンク管理	LMP, LMP-WDM : CCM, LPC, FM (draft-ietf-ccamp-lmp-09 & draft-ietf-ccamp-lmp-wdm-03)
	プロテクション	1+1, Full LSP re-routing, Unprotected

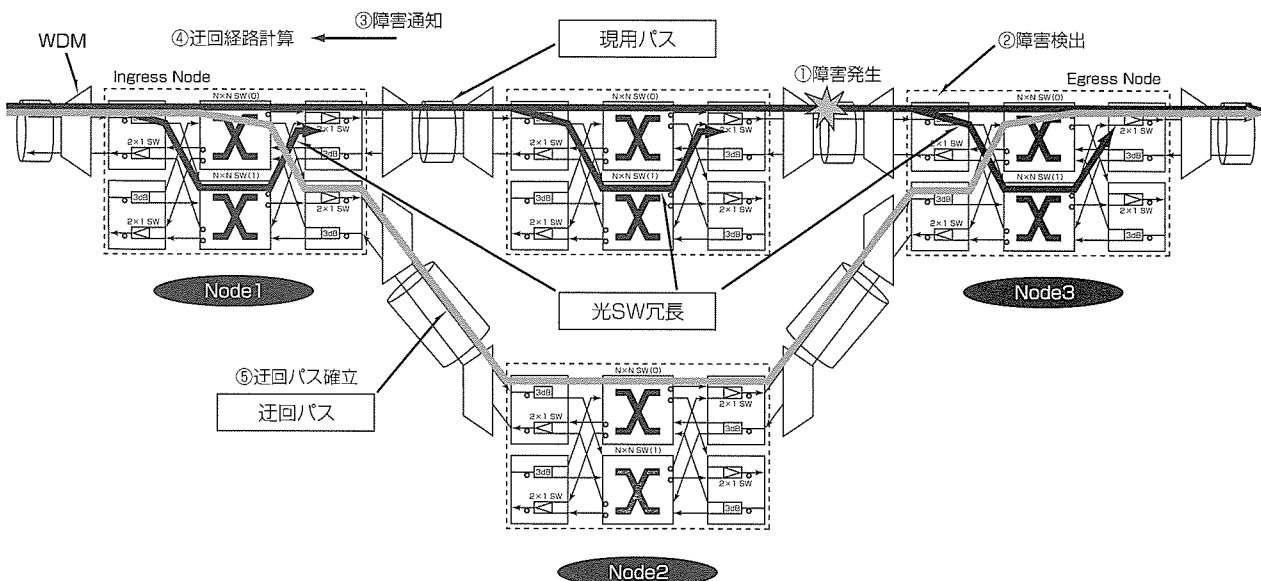


図7. MF-128XCによるFull LSP Reroutingのノード接続構成

能となる。また、先に述べたのROADMリングを複数接続するmulti-degree接続を効率的に行うシステムとしてPXCが見直されつつある。

このような要求にこたえるため、当社はGMPLSに準拠したPXCシステム(製品名: MF-128XC)を開発した。図6に装置外観を、表3に主要諸元を示す。

GMPLSプロトコルには、RSVP-TE, OSPF-TE (Open Shortest Path First-Traffic Engineering Extensions), 及びLMP(Link Management Protocol)を適用し、WDM装置との故障管理等の連携が可能となる。またPXCは、光ファイバケーブル切断等の伝送路故障時、予備系の伝送路にトラフィックを待避させる伝送路故障復旧機能を提供する。

図7に開発したPXCをFull LSP Reroutingに適用する場合のノード構成を示す。障害時の迂回路構築が可能である

ことに加え、装置内で光スイッチを2重化することによって、データプレーンの高信頼化を図った。また、制御プレーン自身も冗長化するだけでなく、装置内の監視制御カードも2重化することで、ノンストップのプロテクションとリルーティングを可能とした。

5. む す び

NGNのインフラストラクチャを支える波長多重システムとして開発した、ポイント・ツー・ポイントWDMシステム(MF-1600GW), 光分岐挿入多重システム(MF-800GW), 及び光クロスコネクタシステム(MF-128XC)について、それらの特長と適用を述べた。これら波長多重システムの活用によって、ネットワークのますます大容量化するNGNのトランスポート階層の構築が進むことを願う。

成田健一* 小口和海**
 別所秀樹*
 村上 謙*

次世代ネットワーク用光アクセスシステム

Optical Access System for Next Generation Network

Kenichi Naruta, Hideki Bessho, Ken Murakami, Kazuumi Koguchi

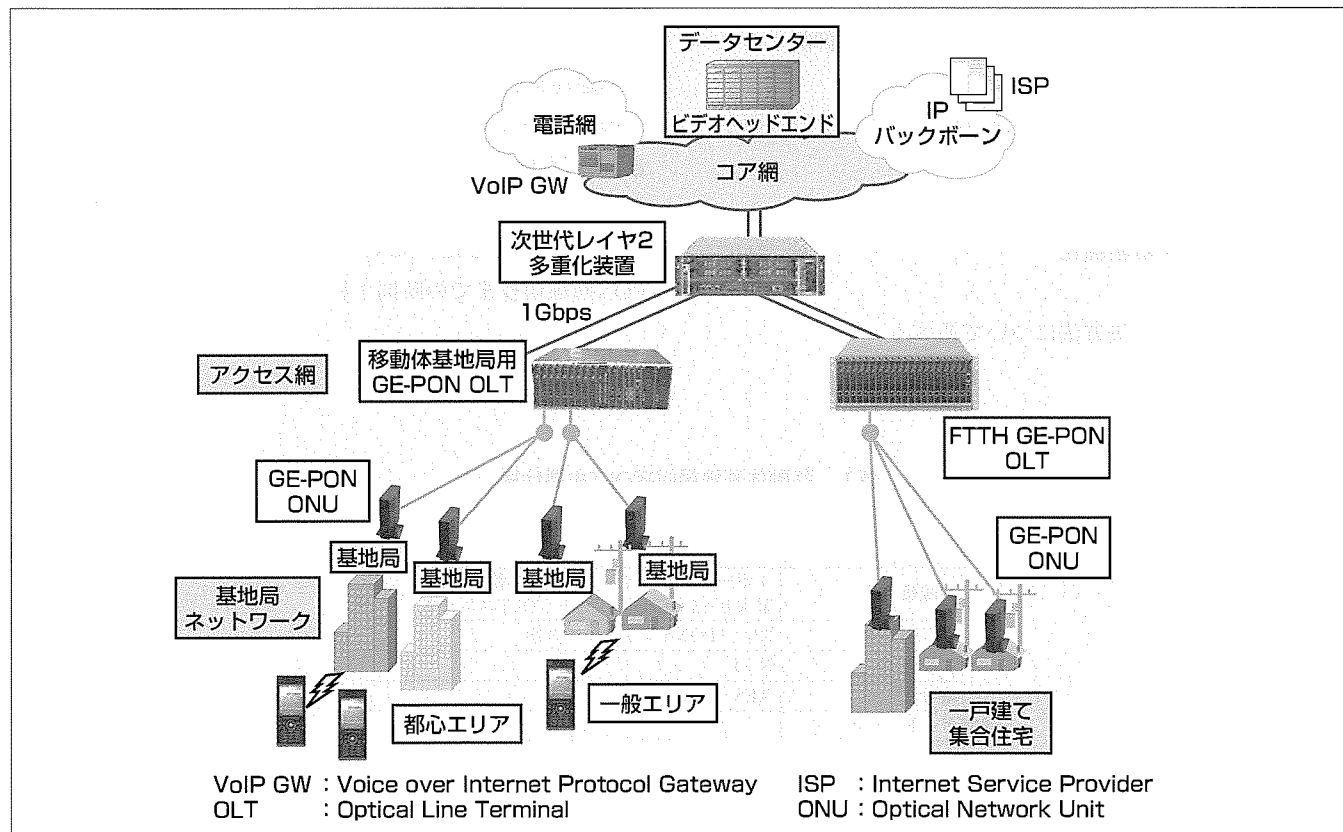
要 旨

光アクセスを用いたブロードバンドサービス提供が着実に普及している。中でも、GE-PON(Gigabit Ethernet-Passive Optical Network)によるFTTH(Fiber To The Home)は、一戸建て及び集合住宅の一般加入者に広く普及し、加入者が急増している。光アクセス技術の進展に伴い、一般加入者へのFTTHに加え、次世代ネットワークでは、固定・移動統合(Fixed Mobile Convergence : FMC)サービス、地上デジタル放送のIP(Internet Protocol)再送信や高精細映像伝送といったサービスの多様化、トラヒックの増加が予想される。

三菱電機はこれまで多くの国内通信事業者に、FTTH用GE-PONシステムを提供してきた。次世代ネットワーク

への対応の一環として、これまで培った光アクセス技術を基に、FMCサービスに適用可能な移動体基地局用GE-PONシステムを開発した。このシステムは、IP化された移動体基地局収容を目的とし、アクセス回線の冗長化による高信頼化、レイヤ2スイッチ搭載による高効率化を図っている。

次世代ネットワークでは、トラヒックの増加に加え、サービスの多様化に伴い、様々な通信品質要求のトラヒックがアクセス網でやり取りされる。当社は、アクセス網のエッジ位置に適用され、高速処理可能なトラヒック制御によって、通信品質の確保とともに、高いスループットを実現する次世代レイヤ2多重化装置を開発している。



光アクセスシステム

移動体基地局用GE-PONシステムは、アクセス回線冗長化、レイヤ2スイッチ内蔵による高効率化といった特長を持つ。次世代レイヤ2多重化装置は、高速処理可能なトラヒック制御技術によって、数万以上のトラヒックフローでも通信品質の確保とともに高いスループットを実現する。当社はこれらの機器を組み合わせることで、次世代ネットワーク用光アクセスシステムを実現する。

1. ま え が き

国内の主要な通信事業者によって、光アクセスによるブロードバンドサービス戦略が展開されており、今後も加入者数は着実に増加する見込みである。また、光アクセス技術の進展に伴い、一般加入者へのFTTHのみならず、次世代ネットワークでは、固定・移動統合サービス、地上デジタル放送のIP再送信や高精細映像伝送といったサービスの多様化、トラヒックの増加が予想される⁽¹⁾。

本稿では、次世代ネットワーク用光アクセスシステムを構成する光アクセスシステム(GE-PON)、レイヤ2多重化装置の特長及び製品概要について述べる。

2. 移動体基地局用光アクセスシステム(GE-PON)

2.1 移動体基地局収容OLTの開発

次世代ネットワークにおけるFMCサービスをにらみ、これまでに開発したFTTH用GE-PONシステムをベースに、携帯/PHS(Personal Handyphone System)基地局を収容する移動体基地局用GE-PONシステムを開発した。

従来、携帯/PHS基地局と交換機とは、SDH(Synchronous Digital Hierarchy)回線やISDN(Integrated Services Digital Network)回線によって接続されていた。一方で基地局のIP化が進められており、IP化された基地局をGE-PONシステムに収容することで、多数の基地局を1本の光ファイバで効率的に収容でき、運用コストを抑制することができる。

GE-PONシステムによる基地局収容では、次の課題があった。

- (1) 基地局～交換機間でのクロック情報伝達
- (2) 上位網に対する集線化
- (3) 高信頼化

次に、各課題の解決方法について述べる。

2.1.1 基地局～交換機間でのクロック情報伝送

上位網から、交換機動作クロック(マスタークロック)に同期したDCS(Digital Clock Supply)クロックをOLT(Optical Line Terminal)に与え、OLTにCREC(Clock Receiver)盤を搭載し、ここでDCS同期を行うこととした。CREC盤はクロックを全PONインタフェース盤に分配し、PON回線は分配されたクロックで動作させることとした。さらにONU(Optical Network Unit)ではPON回線からクロック抽出を行い、これを基地局へ配信することで、基地局～交換機間のクロック同期を実現することとした。

2.1.2 上位網に対する集線化

PONインタフェース盤にはそれぞれ1ポートの上位インタフェース(Network Node Interface: NNI)ポートを具備している。すべてのPONインタフェース盤のNNIポートを上位網へ接続すると、上位装置で多数ポートが必要となり、機器コストアップを招く。このため、OLTにレイヤ2スイッチ(Layer 2 Switch: L2SW)を内蔵し、集線することとした。PON 8回線を1つのNNIポートに集約することで、上位装置の必要ポート数を1/8に削減した。

2.1.3 高信頼化

携帯/PHSの普及によって、移動体端末による電話サービスはライフラインとしての位置付けになりつつある。このためGE-PONシステムには高い信頼性が要求されていた。

(1) PON回線冗長化

基地局を収容するPON回線のN+1冗長化を行った。1枚のPONインタフェース盤を予備系として待機させておき、運用中のPONインタフェース盤で障害が発生した場合には、予備系PONインタフェース盤のPON回線へ切り替えることとした。この方式によって、障害検出からPON回線切替までの時間1秒以下を実現した。

表1. 移動体基地局収容OLT主要仕様

項目	仕様
PON回線	
回線数	1ポート/PONインタフェース盤 最大8+1(冗長系)ポート/OLTユニット
ONU接続数	32台/PONインタフェース盤
冗長化	N:1
暗号化	AES-128 CFBモード
NNIポート	
ポート数	1ポート/L2SW盤 最大2ポート/OLTユニット
ポート種別	100BASE-TX
冗長化	1+1
クロックポート	
インタフェース	64kHz+8kHz+0.4kHz AMI信号 (DCSインタフェース)
冗長化	1+1

(2) L2SW盤冗長化

OLT内蔵L2SW盤の二重化を行った。OLTの監視制御盤から定期的にL2SW盤の死活状態を監視し、運用中のL2SW盤が障害となった場合には、他方のL2SW盤によって主信号導通を行うこととした。

(3) CREC盤冗長化

基地局～交換機間のクロック情報伝達はサービス維持に不可欠であり、クロック情報伝達を司るCREC盤の二重化を行った。通常は、二重化されたCREC盤からのクロックの一方をPONインタフェース盤で選択する。選択したクロックの断を検出したら即座に他方のクロックで動作することとし、無瞬断での切替を実現した。

表1に移動体基地局収容OLTの主要仕様を示す。

2.2 移動体基地局収容ONUの開発

1つの基地局を100MbpsのUNI(User Network Interface)ポートで収容することとした。また、2.1.1項に述べたように、基地局～交換機間クロック情報伝送のため、PON回線からクロック抽出を行い、これを基地局へ配信するクロックポートを具備した。

表2に移動体基地局収容ONUの主要仕様を示す。

3. 次世代レイヤ2多重化装置

2章で述べたシステム等によってアクセス回線が提供されるが、これらの回線上のトラフィックを効率的に中継するためには、アクセスネットワークのエッジ位置に、多重化して転送する装置が必要である。当社では、次世代ネットワークに適用可能なレイヤ2多重化装置の開発を行っている。この章では、その要素技術である高信頼化技術とトラフィック制御技術について述べる。

(1) 高信頼化技術

次世代ネットワークでは運用保守管理のために、従来のSONET(Synchronous Optical Network)／SDHやATM(Asynchronous Transfer Mode)回線で実現されているOAM(Operation Administration and Maintenance)機能が必要となる。また、回線故障時にもサービスを提供可能なように、回線を二重化し、故障時に切替を行うプロテクション切替機能が必要である。

そこでITU-T(International Telecommunication Union-Telecommunication Standardization Sector)によって標準化されたEthernet OAM機能及びプロテクション機能の実装及び検証を目的に試作機を製作した。図1に試作機外観を示す。この試作機ではITU-T Y.1731準拠の導通確認機能、警報転送機能及びITU-T G.8031準拠の1:1双方向切替機能を実装し、正常動作を確認した。

(2) トラフィック制御技術

次世代ネットワークで要求されるEnd-to-End QoS(Quality of Service)保証のために、ユーザーの使用するアプリケーションごとにトラフィックを管理することが必要である。また、管理すべきトラフィック数は、インタフェース速度の高速化、多様なアプリケーションの登場によって、従来よりも格段に増大することが予想される。したがって、高速かつ多種類のトラフィック入力に対してQoS制御を行いながら多重化する機能が必要となる。しかし、従来一般的に用いられているWFQ(Weighted Fair Queuing)等のQoS制御アルゴリズムでは、多重するトラフィック数が増加すると制御ロジックが増大し処理時間がかかるため、高速かつ多数のトラフィックをQoS制御しながら多重することができなかった。

この問題を解決するために、当社は多重するトラフィック数によらず性能が保持できる多重化方式としてSimplified WFQと呼ぶ方式を提案した⁽²⁾。この方式ではWFQのアルゴリズムに近似を用いることによって処理量を減らし、計算量も多重するトラフィック数に依存しない方式であるため、従来より高速に処理可能である。

さらに、映像や音声等のリアルタイム性が要求されるアプリケーションのトラフィックを低遅延で転送するために、Simplified WFQの改良方式も提案した⁽³⁾。図2にその構成を示す。

図2は、音声のようなリアルタイムアプリケーションと電子メールやファイル転送のような遅延が許されるアプリケーションを使用するユーザーに対し、低遅延アプリケーションと一般アプリケーションの合計使用帯域を保証する方式を示している。Simplified WFQ方式の計算方法を改良することで実現可能であり、高速に処理できるため、大規模化にも対応可能である。

表2. 移動体基地局収容ONU主要仕様

項目	仕様
PON回線	
回線数	1ポート
復号化	AES-128 CFBモード
UNIポート	
ポート数	3ポート
用途	データ用：2ポート(10/100BASE-TX) クロック用/制御用：1ポート

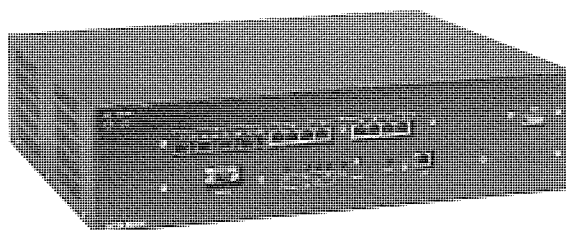


図1. Ethernet OAM/プロテクション機能試作機

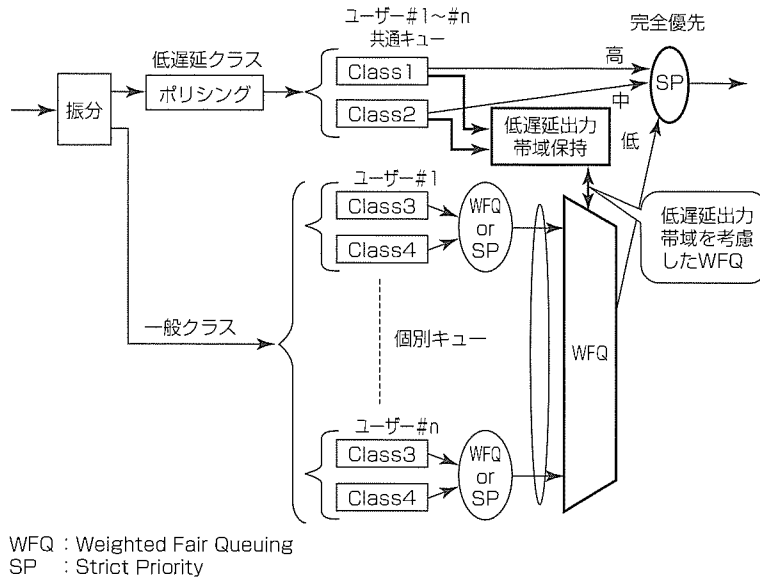


図2. ユーザーごとに帯域保証するQoS制御方式

4. む す び

本稿では、次世代ネットワーク用光アクセスシステムとして、移動体基地局収容GE-PONシステム、レイヤ2多重化装置について述べた。

当社は、これまで培った光アクセス技術を基に、引き続き様々な領域への光アクセスシステム適用を行い、ブロードバンドサービスの更なる進展に貢献していく所存である。

参 考 文 献

- (1) 下笠 清, ほか: 光アクセスシステムのトレンドと発展, 三菱電機技報, 80, No.2, 112~116 (2002)
- (2) 川手竜介, ほか: WFQ制御の簡易化方式の提案, 電子情報通信学会論文誌B Vol.J90-B, No.2 (2007)
- (3) 谷口幸子, ほか: 多コネクションWFQ制御回路における低遅延クラス優先制御方法, 電子情報通信学会技術報告IN2006-122 (2006)

通信放送連携サービス用端末

中瀬卓也* 赤津慎二**
 牧野豊司* 平松晃一**
 羽根稔尚*

The Equipment for the Communication and Broadcasting Cooperation Service

Takuya Nakase, Toyoshi Makino, Toshihisa Hane, Shinji Akatsu, Koichi Hiramatsu

要旨

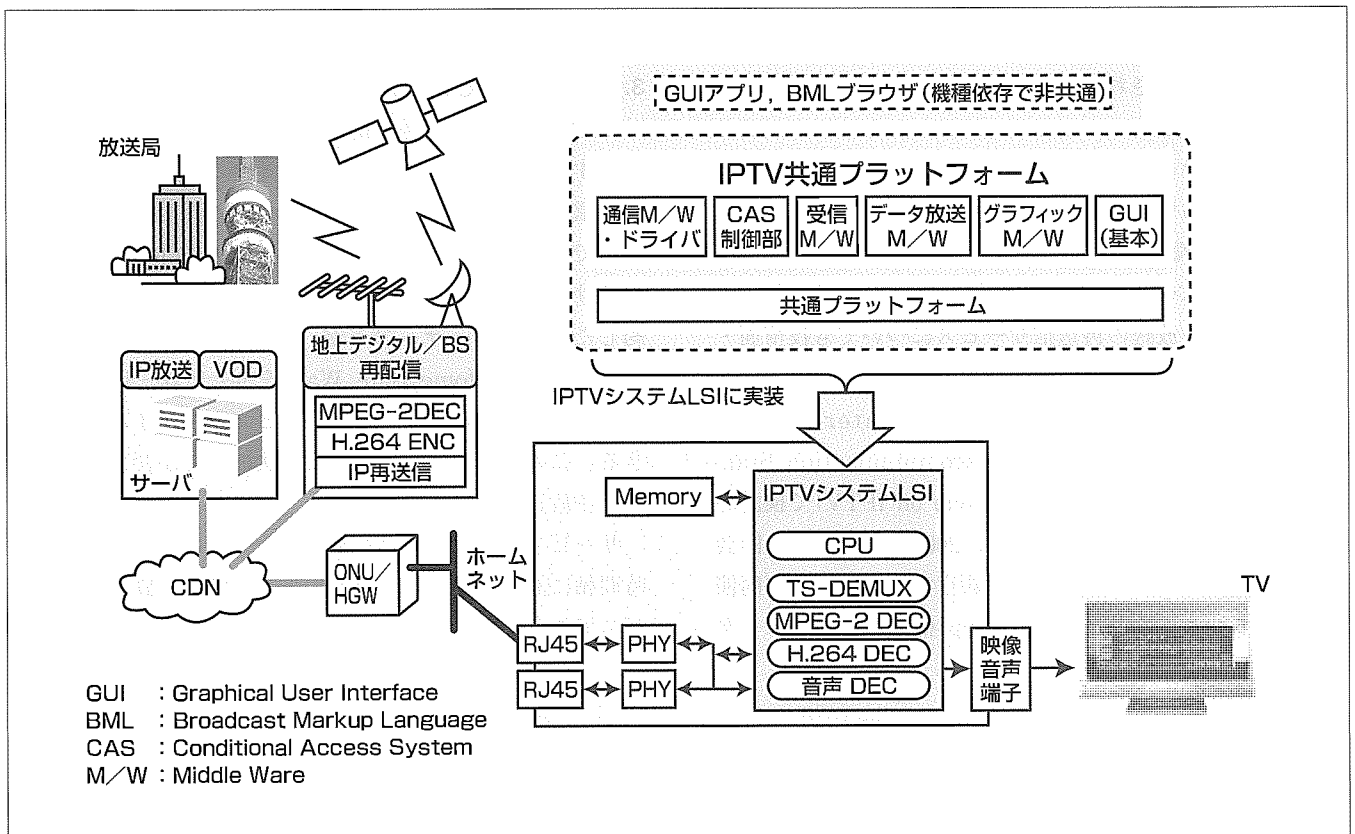
FTTH(Fiber To The Home)によるブロードバンドサービスの本格普及期に入り、サービス加入者が享受可能なバンド幅も数10Mbpsに増加している。映像配信サービスもトリプルプレイの一環として大手ISP(Internet Service Provider)の間で既に商用サービスが開始されている。

また世界中の大手キャリアでは、国際標準化の整備に伴い、QoS(Quality Of Service)やセキュリティを向上させた次世代ネットワーク(Next Generation Network: NGN)が、ユビキタスネットワーク社会の実現を目指す次世代通信インフラとして構築されつつある。NGNでは従来ネットワークに比べ、高品質、広帯域なネットワーク環境が整備されることで、従来に比べてより高品質なHDTV(High Definition Television)品質で安定した映像配信サービスを提供できるようになる。

提供できるようになる。

この世界的な動きは国内でも早くに広まり、各標準化団体が、通信放送連携サービスに関する活動を積極的に進めている。三菱電機も各標準化団体の技術検討に参画することで、標準化活動に取り組んできた。

一方当社は、標準化活動を具現化する通信放送連携サービス用端末の開発を行ってきたが、この度次世代ネットワークでの映像配信サービスを想定した、H.264/AVC(Advanced Video Coding)映像によるHDTV品質のIP(Internet Protocol)放送、VOD(Video On Demand)、地上デジタル再送信を再生可能な端末(IP-Set Top Box: IP-STB)を開発した。



通信放送連携サービス端末(IP-STB)システム構成

通信品質が確保されるように管理された閉じたIPネットワークであるCDN(Content Delivery Network)を経由し、サービス事業者が映像配信サービスを提供する。CDN及びサービス事業者と契約した特定ユーザーのみが、IPTV受信端末(IP-STB)をCDNに接続し、一般的なテレビでサービスを視聴することができる。提供されるサービスには、IP放送サービス、VODストリーミングサービス、デジタル放送のIP再送信サービス等がある。大手キャリアでは、CDNとして次世代ネットワークが適用されつつある。

1. ま え が き

FTTHによるブロードバンドサービスの本格普及に伴い、加入者が享受可能なバンド幅は増加している⁽¹⁾。特に国内では次世代ネットワーク(NGN)の活用を前提に、通信放送連携サービスに関する標準化活動が進められている。当社では、通信放送連携サービスに関する標準化活動に積極的に関与するとともに、デジタルTV技術を活かした通信放送連携サービス端末の開発に取り組んできた。この度次世代ネットワークでの映像配信サービスを想定した、H.264/AVC⁽²⁾映像によるHDTV品質のIP放送、VOD、地上デジタル放送再配信を再生可能な通信放送連携サービス用端末(IP-STB)を開発した。本稿では、通信放送連携サービスの標準化動向と、開発したIP-STBについて述べる。

2. 通信放送連携サービスの動向

2.1 サービス動向

国内では、既存のインターネットを利用したIPTVサービスを大手ISPが提供中であり、マルチキャストによるIP放送、ユニキャストによるVOD等のサービスを提供している⁽³⁾。次世代IPTVサービスとしては、2007年度末からの商用サービスを目指し、2007年4月から日本電信電話㈱のNGNフィールドトライアルとして、H.264/AVC映像のHDTV品質によるIP放送、VOD、地上デジタル放送IP再送信の実験が実施されている。

2.2 標準化動向

図1にコンテンツ配信形態、及びサービス提供インフラの観点におけるサービス分類を示す。現在は、通信放送連携サービスの端緒として、ストリーム型のIP放送及びVODのサービスを行うための整備が進められている。また現行デジタル放送の再送信サービスについても技術面・法律面での整備が進められつつある。

IPTVの国際標準としては、ITU-T(International Telecommunication Union-Telecommunication Standardization)のFG IPTV(Focus Group on IPTV)で検討が進められている⁽⁴⁾⁽⁵⁾。FG IPTVは、2006年7月の第一回会合で開始され、2007年10月には、新宿で第6回会合が開催された。6つのWG(Working Group)構成で次のトピック

スについて検討されている。

WG1：アーキテクチャ・要求条件

WG2：QoS(サービス品質)とパフォーマンス

WG3：サービス・セキュリティとコンテンツ保護

WG4：IPTVネットワーク制御

WG5：エンド・システムと相互接続性

WG6：ミドルウェア、アプリケーション、コンテンツ・プラットフォーム

FG IPTVでの集中審議によって基本技術仕様を作成した後に、関連するSG(Study Group)へ文書を移管し、勧告として承認される予定である。

一方国内TTC(社団法人情報通信技術委員会：Telecommunication Technology Committee)にはIPTV専門委員会が設けられており、ITU-T FG IPTVと連携して標準化を推進する。さらにIPTVフォーラムで標準化活動が進められている⁽⁵⁾。IPTVフォーラムは、地上デジタル放送IP再送信運用規定、及び放送連携型サービス(ダウンロード型、VOD型)仕様規定のため、2006年10月に設立された団体であり、放送事業者、通信事業者、端末機器ベンダーによって構成されている。

当社は、各標準化団体で技術検討に参画しており、IPTVサービスの実現に向け貢献している。

3. IPTVサービス

3.1 IPTVサービスのシステム構成

この章では通信放送連携の主流となるIPTVサービスを実現する代表的なシステム構成を述べる(図2)。

通信品質が確保されるよう管理された閉じたIPネットワークであるCDNで、サービス事業者がHDTV品質の映像配信サービスを提供する。CDN及びサービス事業者と契約した特定のユーザーのみが、ONU(Optical Network Unit)、HGW(Home Gate Way)を介してIP-STBをCDNに接続し、一般的なテレビでサービスを視聴することができる。この映像配信サービスには次のものが含まれる。

(1) IP放送サービス

サービス事業者が、コンテンツホルダの提供する番組を時間軸に沿って編成し、チャンネルとして自主放送するサービスである。送出設備は、IPマルチキャストによって番組

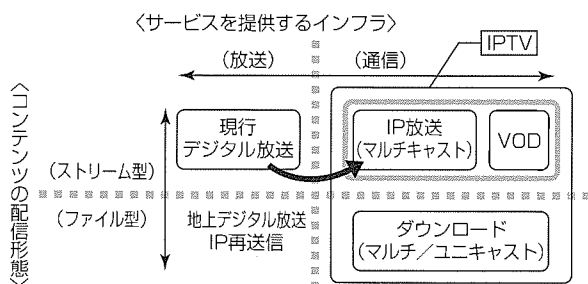


図1. 通信放送連携サービス分類

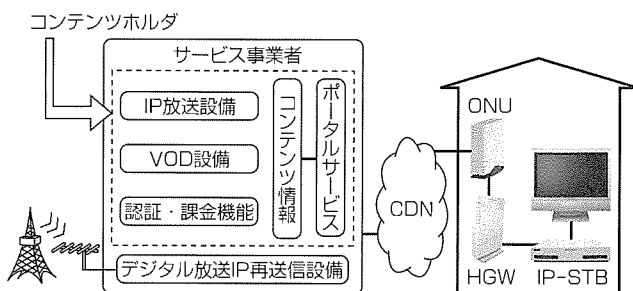


図2. IPTVサービスシステム構成

を配信し、受信機ではユーザーのチャンネル選局操作に従い、該当するマルチキャストストリームを受信して再生する。

(2) VODストリーミングサービス

VODは、視聴者からの要求操作に基づき、特定のコンテンツを選択し、先頭又は任意の時間位置から視聴する形態のサービスである。送出設備は、要求元受信機に向けて、IPユニキャストによって配信する。

(3) デジタル放送のIP再送信サービス

IP再送信サービスは、複数チャンネルによって構成されるデジタル放送を再送信するものであり、データ放送等の付加サービスも含め、デジタル放送と同等の番組視聴を提供するサービスである。送出設備では、放送波を受信し、MPEG-2符号化された映像データは、より高い圧縮率のH.264/AVCにトランスコードし、IPマルチキャストによって配信する。

3.2 技術課題と対応策

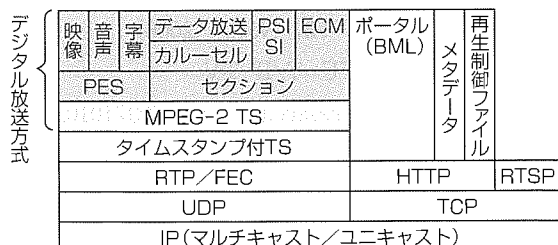
(1) デジタル放送受信機との共通化

視聴者にとってのサービス性や受信機コストの観点から、IPTV受信端末は可能な限りデジタル放送受信機と共通化を行うことが課題であった。このシステムでは、図3に示すプロトコルスタックのとおり、TS(Transport Stream)パケットレベルで多重化される標準のデジタル放送方式を、そのままIP通信方式に格納することで、共通化を図った。

(2) 映像配信サービス品質の確保

サービス品質確保のため、網内の伝送エラーや輻輳(ふくそう)、網内転送揺らぎに対する対策が課題であった。このシステムでは、伝送エラーや輻輳に対して、RTP(Real-time Transport Protocol)パケットに前方誤り訂正(Forward Error Correction: FEC)を適用する⁽⁶⁾(図4)。AVストリームを伝送するメディアパケットとともに、別ポートでFECパケットをマルチキャスト配信し、ネットワーク内で欠落したメディアパケットを受信機内で復元し、伝送エラー耐性を強化した。

またユニキャストによるVODでは、SIP(Session Initiation Protocol)によって、エンド・トゥ・エンドでの品質制御を行うことで、伝送帯域を確保する。また網内転送揺



PSI: Program Specific Information HTTP: Hypertext Transfer Protocol
 SI: Service Information RTSP: Real Time Streaming Protocol
 ECM: Entitlement Control Message UDP: User Datagram Protocol
 PES: Packetized Elementary Stream TCP: Transmission Control Protocol
 MPEG: Moving Picture Experts Group

図3. プロトコルスタック

らぎに対して、タイムスタンプ付TSを利用する。これは、TSパケットに送出時点の27MHzカウンタ値を付加することで、受信機は揺らいで到着したTSパケットの間隔を、タイムスタンプに基づき補正することで、安定した映像再生をするものである。

(3) 高品位映像サービスの配信

現行のデジタル放送で行われているHDTV品質の映像サービスと、同等の品質でIP放送サービスを行う場合、現行と同じMPEG-2符号化方式では、1ストリームあたり20Mbps程度の帯域を占有し、一般家庭で利用可能な30Mbps程度のネットワーク帯域を圧迫する。このシステムでは、より高圧縮なH.264/AVCに対応し、効率的に高品位映像サービスを実現する。

4. 製品構成

4.1 製品の特長

今回開発したIP-STBは、IP放送サービス、VODストリーミングサービス、ポータルサービス、及び地上デジタル再送信サービスが利用可能な受信機であり、その特長は次のとおりである。

- ① 次世代動画圧縮方式H.264/AVCの高精細映像に対応
- ② IP放送端末に関する共通技術仕様準拠
- ③ SoC(System on a Chip)搭載によって、装置の小型化を実現
- ④ ミドルウェアのプラットフォーム化によって、アプリケーション追加等の拡張容易性を確立
- ⑤ 現行デジタル放送受信機とUI(User Interface)の共用化

4.2 ハードウェア構成

図5にIP-STBの外観を示す。デコーダチップには、H.264/AVC HDTVでの復号動作実績に優れたIPTVシステムLSIを採用することによって、1チップによるシンプルな構成を実現して信頼性の向上を図るとともに、装置サ

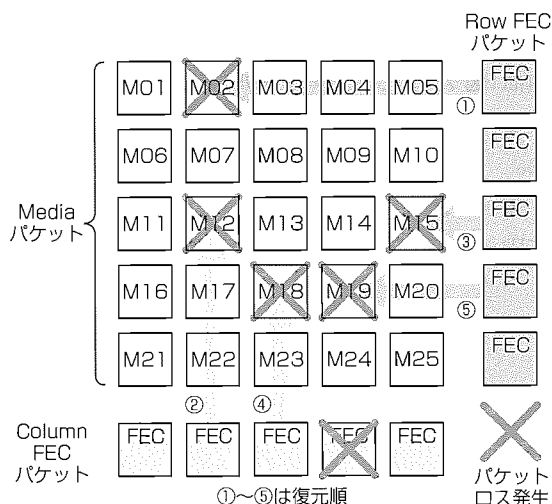


図4. FEC処理

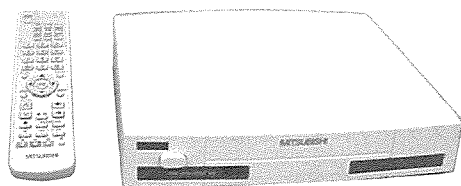


図 5. IP-STBの外観

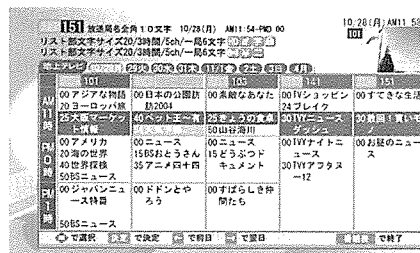
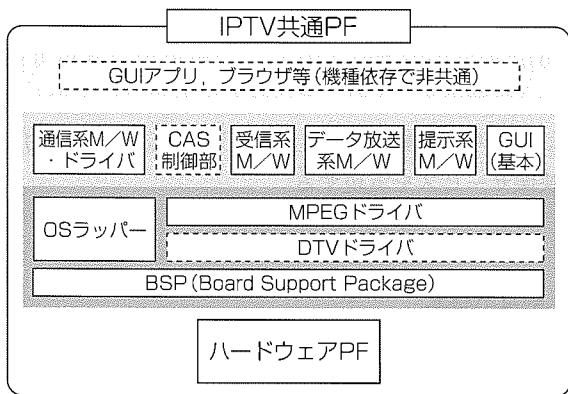


図 7. 番組表画面のイメージ



PF : Platform DTV : Digital TV
OS : Operating System

図 6. ソフトウェア構成

表 1. IP-STBの主要諸元

項目	内容
映像符号化	MPEG-2(H.262), MPEG-4 AVC(H.264)
音声符号化	MPEG-2 AAC, MPEG-1 Layer2
LAN端子	10/100BASE-TX(RJ45)×1ポート
映像出力端子	コンポジットビデオ出力×1 Sビデオ出力×1 コンポーネント出力(D3端子)×1
音声出力端子	ライン(L/R)出力×1 光デジタル出力(5.1chサポート)×1
ICカード	ICカードコネクタ×1
FEC処理方式	Pro-MPEG FEC 2D
表示装置	電源LED, 通信状態LED
電源	AC100V/50-60Hz ACアダプタ方式
消費電力	12W以下(ファンレス)
外形寸法	220(W)×208(D)×40(H)(mm)
質量	2kg以下

AAC : Advanced Audio Coding
LED : Light Emitting Diode

サイズの小型化(220(W)×208(D)×40(H)(mm))を実現した。

4.3 ソフトウェア構成

図6にIP-STBのソフトウェア構成を示す。ソフトウェアは、IP放送端末に関する国内共通技術仕様に準拠した受信機(IP-STB)を実現するIPTV共通プラットフォームとして開発した。

プラットフォームの確立によって、特定LSIのAPI(Application Program Interface)に依存しないIPTV機能・コンテンツ受信機能を構築し、将来のハードウェアプラットフォーム変更、及び、機能追加等に柔軟に対応できる構成とした。またユーザインタフェースでも、IP放送の番組表画面(図7)などは、デジタル放送受信機との共用化を図ることで、使い勝手のよいユーザインタフェースを継承した。

4.4 主要諸元

表1にIP-STBの主要諸元を示す。

5. むすび

本稿では、通信放送連携サービスの標準化動向、及び当社が開発した通信放送連携サービス用端末IP-STBについて述べた。

当社は、これまでに参画した標準化活動の成果に加え、デジタルTV製品開発で培った放送技術、光アクセスで培った通信技術を連携することによって、来るべき通信放送連携サービス提供の普及に向けて貢献していく所存である。

参考文献

- (1) 三菱電機技報, 80, No.2, (2006)
- (2) 小野定康, ほか: 動画像の高効率符号化-MPEG-4とH.264-, オーム社(2005)
- (3) NTT技術ジャーナル, 18, No.8, (2006)
- (4) http://www.itu.int/ITU-T/IP_TV
- (5) <http://wbb.forum.impressrd.jp/news/20071010/471>
- (6) 牧野豊司: 放送通信連携サービス向け端末構成技術, 映像情報メディア学会年次大会(2006)

デジタル列車無線システム

—東日本旅客鉄道(株)首都圏在来線への導入—

三瀬敏生* 太田 覚*
久保博嗣**
浦口 剛*

Digital Train Radio System for Conventional Lines of East Japan Railway Company

Toshio Mise, Hiroshi Kubo, Takeshi Uruguchi, Satoru Ohta

要 旨

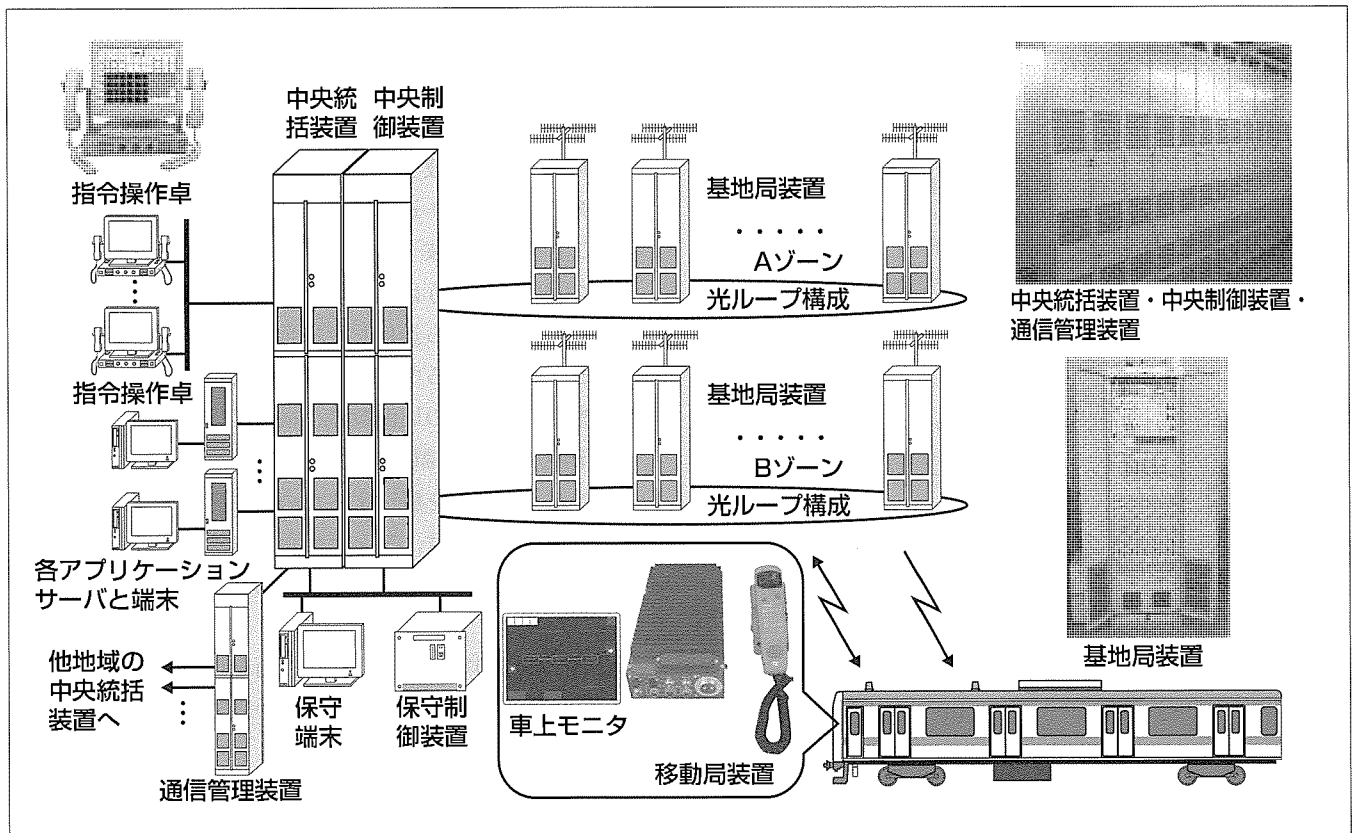
在来線における列車無線はこれまでアナログ方式で運用されてきた。設備の老朽取替にあわせて、信頼性の高いシステムとデータ通信を利用した新たなアプリケーションニーズに対応するため、東日本旅客鉄道(株)の首都圏在来線を最新のデジタル無線技術を活用したシステムに更新することになった。2007年8月にまず山手線をアナログ方式からデジタル方式に切り換え、2010年春までに順次首都圏内計画中の各線区に展開していく予定となっている。

在来線デジタル列車無線システムは、地上と列車間の通信をデジタル無線化することによって、無線チャンネル1回線あたりの周波数帯域をアナログ時の半分にすることで周波数の有効活用を行い、通話回線の増加、通告伝達などのデータ伝送アプリケーションを実現した。その結果、列車の安全・安定輸送に貢献し、旅客サービスの向上を可能とした。

アナログの基地局配置を踏襲したまま空間波デジタル方式で同一周波数の複数基地局同時送信を実現するためと、無線区間の信頼性を向上させるために、送信時間ダイバーシチ+適応等化ダイバーシチ受信技術を適用し、同一波干渉・ビート干渉の影響を克服した。その結果、通話音質の向上と難聴区間の削減を図ることができた。

中央制御装置-基地局間のアプローチ回線は光ループ化、各機器は冗長構成化によって信頼性を向上させた。車両に搭載する移動局はデジタル3回線+アナログ2回線の計5回線分の送受信機能に対応し、限られた車両内のスペースに設置できるよう小型化を図った。

また、簡易な検測機能を開発し、営業列車でも容易に無線回線評価を実施できる機能を標準装備することで、首都圏で約600局の基地局エリア確認試験と無線回線保守の効率化を可能とした。



在来線デジタル列車無線システム

首都圏在来線のデジタル列車無線システム構成を示す。送信時間ダイバーシチ+適応等化ダイバーシチ受信技術を適用し、空間波デジタル方式で同一周波数の複数基地局同時送信による、同一波干渉・ビート干渉の影響を克服した。

*コミュニケーション・ネットワーク製作所 **情報技術総合研究所(工博)

1. ま え が き

東日本旅客鉄道(株)首都圏在来線列車無線は、2007年8月にまず山手線をアナログ方式からデジタル方式に切り換え、2010年春までに順次首都圏内計画の各線区に展開していく予定である。

デジタル化に伴い無線回線品質の向上、信頼性の強化、通話回線数の増強、地上-車上間をリアルタイムで結ぶ新たなアプリケーションニーズに対応するシステムを構築し、列車の安全・安定輸送に貢献、旅客サービスの向上を図った。

本稿では、首都圏在来線向けに開発したデジタル列車無線システムの概要と特長について述べる。

2. システム概要

このシステムは在来線の地上-車上間の通信インフラとして新たにデジタル無線回線を構築したもので、通信管理装置、中央統括装置、中央制御装置、保守制御装置、基地局装置、及び移動局装置で構成されている。各装置の機能概要を表1に示す。

2.1 無線仕様

このシステムの無線区間は、空間波を基本としたSCPC (Single Channel Per Carrier)方式を採用し、400MHz帯で

表1. 各装置の機能概要

装置名	機能概要
中央統括装置	①移動局の在来ゾーン管理 ②中央制御装置を統括管理 ③指令操作卓装置、他システムとインタフェース
中央制御装置	①基地局と接続し、各ゾーンを制御 ②音声通話制御及びデータ通信制御
通信管理装置	①中央統括装置との接続インタフェースを持ち、複数の中央統括装置間における各種アプリケーションデータ、及び旅客一斉放送の伝送機能を実現
保守制御装置	①監視制御及び保守運用にかかわる情報を一元管理
基地局装置	①電波の送受信 ②中央制御装置に接続され、データと無線信号間の交換
移動局装置	①電波の送受信 ②指令との音声通話及びデータ回線制御 ③アナログ/デジタル両システムに対応

表2. 無線仕様概要

項目	仕様
伝搬路	空間波及びLCX (Leaky Coaxial Cable)
アクセス方式	SCPC方式
周波数帯	400MHz帯
周波数間隔	6.25kHz
変調方式	$\pi/4$ シフトQPSK
伝送速度	9.6kbps
送信出力	基地局：4W、移動局：0.3W
ダイバーシチ構成	基地局：送信時間ダイバーシチ +受信ダイバーシチ 移動局：受信ダイバーシチ

QPSK：Quadrature Phase Shift Keying

周波数間隔が6.25kHz、伝送速度9.6kbpsのデジタルナロー方式で構成している。表2に無線仕様の概要を示す。基地局、移動局ともに受信ダイバーシチ構成とし、これに加え基地局では送信時間ダイバーシチの構成をとっている。

2.2 サービス機能

このシステムはサービス機能として、次の機能を備える。

- (1) 音声通話・放送機能
通話、第2通話、コードレス子機通話、旅客一斉放送、自動音声メッセージ放送の各通話・放送機能を備える。
- (2) データ伝送機能
運転規制などの通告伝達、ダイヤ乱れなどを車両内のトレインビジョンに表示する運行情報、他線区の運行状況把握を行うための車掌用ATOS (Autonomous decentralized Transport Operation control System) 情報、車両故障情報などのアプリケーションデータの伝送機能を備える。
- (3) リモートメンテナンス機能

保守端末の操作によって、中央の各装置、基地局、さらにデジタル列車無線回線を使用して移動局の状態監視・ログ収集・ソフトウェアのダウンロードなどができる機能を備える。

3. システムの特長

3.1 空間波方式による複数基地局同時送信システムの実現

現行のアナログ列車無線システムでは、周波数有効利用のために、図1に示すように1線区と同じ回線を同一周波数によって複数基地局同時送信で実現した空間波方式を採用している。

アナログの基地局配置を踏襲したまま、同様に複数基地局同時送信を空間波デジタル方式で実現するために、送信時間ダイバーシチ+適応等化ダイバーシチ受信技術を適用することで、同一波干渉・ビート干渉の影響を克服した。

図2(a)に示すように、一般的に同じ周波数の同じ信号を複数のアンテナから送信した場合、同一波干渉によって逆位相となったところでは電波が消失し不感点が生じる。この不感点は送信機の周波数差に従って周期的に発生し(ビート干渉)、大きな誤りを引き起こす。

このような課題を解決するために、図2(b)に示すように複数の基地局、又は、アンテナからの送信信号に対して、送信タイミングを調整する送信時間ダイバーシチの概念を導入した⁽¹⁾。

一方、移動局では、適応等化技術を採用し、波形ひずみ成分を適応的に推定し、受信信号から波形ひずみの影響を

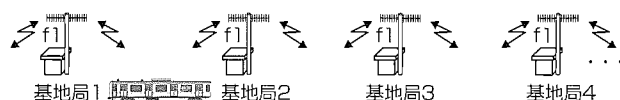


図1. 同一周波数複数基地局同時送信イメージ

回避することを可能としている。送信タイミングの調整だけではタイミング調整に起因する遅延波成分が妨害波となり、受信波形の遅延の広がりに伴う波形ひずみが生じるという問題が発生するが、適応等化器を採用することによって、遅延波も信号成分として利用できる効果を引き出した。なお、前述の送信タイミングの調整は、1シンボルより小さい値に設定し、マルチパス遅延波が生じた場合でも、安定した等化性能を引き出した。

ここで、このシステムは、シンボルレートが遅いため、必然的にシンボルあたりのドップラー変動が大きくなるが、PSP(Per-Survivor Processing)という適応等化技術を活用することによって、この問題に対応した²⁾。

さらに無線回線品質を向上させるために、各基地局で同じ周波数でタイミングをずらした2つの信号を2本のアンテナでダイバーシチ送信し、移動局側でも2本のアンテナでダイバーシチ受信を行うようにした。

3.2 不感地帯・弱電界対策

これまでのアナログシステムでは不感地帯、弱電界などの難聴区間対策として基地局やアンテナを増設すると、複数の基地局やアンテナからの電波によって干渉が生じて逆に回線品質劣化を起こす場所が発生するという課題があった。

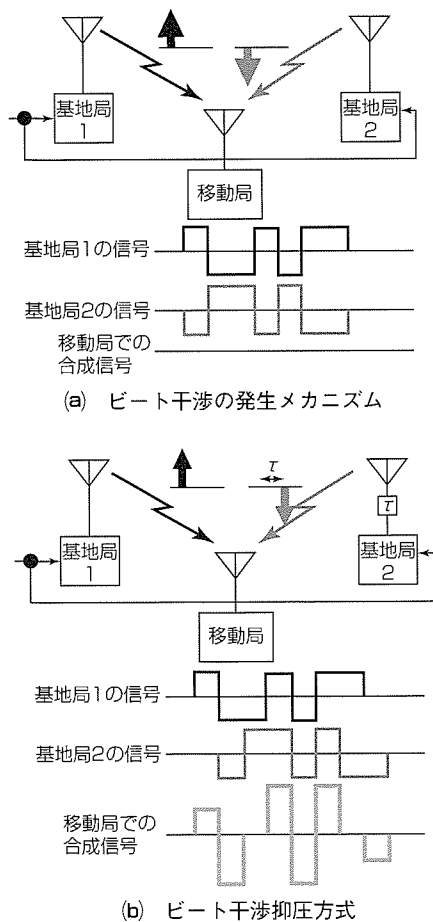


図2. ビート干渉の影響の克服

3.1節で述べた干渉対策を行った結果、難聴区間に基地局の増設やサテライトアンテナの追加を行っても回線品質劣化を招くことなく改善が可能となった。

また、沿線にビルなどの電波障害物が建設され難聴区間が生じた場合にも、同様に基地局の増設やサテライトアンテナの追加を行うことで容易に対策が可能となった(図3)。

さらに、地下や駅などLCXを主に構成する区間でも、複数のホームや電留線などの広い範囲をカバーするためにLCXだけではカバーできない箇所にサテライトアンテナを追加することで対応が可能となった。

このように、複数アンテナからの送信波によって干渉が起こっても回線品質を維持することができるようになり、全線をLCX化しなくても空間波構成、又は、LCXと空間波の組み合わせによって不感地帯をほぼ解消した。

これらの結果、ほとんどの区間を誤り訂正能力内の発生エラーに抑えることができ、空間波方式で全線をLCXで構成した場合と同等以上の回線品質とすることができた。

3.3 中央制御装置-基地局間のアプローチ回線

図4に示すように、中央制御装置-基地局間のアプローチ回線をデジタル信号によって光ネットワーク化することで、アナログ伝送の課題であった音質劣化を解消するとともにアナログシステムで各基地局で実施していたレベル調整を不要とした。また、中央装置からゾーン内全基地局間を光ファイバーケーブル2芯(しん)で直列に接続したループ構成とすることでケーブル障害などの場合でも迂回構成で継続運用可能となり信頼性の向上も図った。

3.4 移動局装置

移動局装置はデジタル区間及びアナログ区間の全線区で使用可能とするため、デジタル列車無線送受信3系統、アナログ列車無線送受信1系統、アナログ乗務員無線1系統

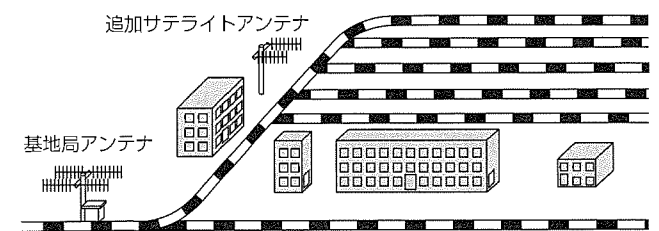


図3. サテライトアンテナによる不感地帯・弱電界対策例

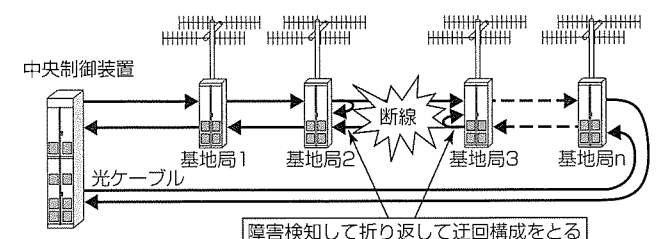


図4. アプローチ回線の光ネットワーク化

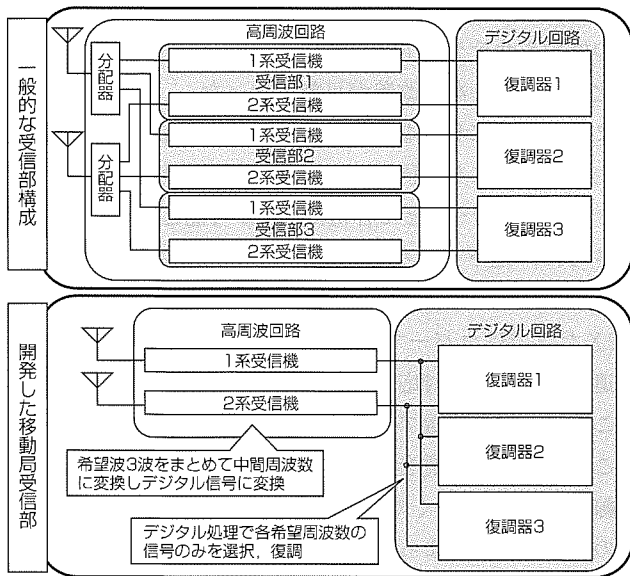


図5. 移動局受信部の小型化

の3方式に対応できるように構成した。

また移動局は、上記5回線分の送受信機能に対応した上で、限られた車両内のスペースに設置できるよう小型化した。図5に移動局装置受信部の構成を示す。デジタル3波を同時に受信するが、高周波回路を3波共用し、中間周波数でデジタル変換した後に3波を分離、周波数選択を行うことで、電力損失なく高周波回路を1/3以下に削減した。

3.5 リモートメンテナンス

このシステムのメンテナンスのため、信号通信技術センター等に保守端末を設置し、中央の各装置、基地局、さらにデジタル列車無線回線を使用して移動局の状態監視・ログ収集・ソフトウェアのダウンロードなどをできるようにしたことで、迅速な障害復旧を可能とした。

3.6 アプリケーションデータ伝送機能

無線回線品質を向上したことで、TIMS (Train Information Management System) などの列車情報を管理する車上モニタと地上のアプリケーションサーバ間のリアルタイム伝送を実現することができるようになり、運転規制などの通告伝達、ダイヤ乱れなどを車両内のトレインビジョンに表示する運行情報、他線区の運行状況把握を行うための車掌用ATOS情報、車両故障情報などのアプリケーションデータの伝送を可能にした。

3.7 無線回線品質評価機能

首都圏では約600局の基地局をデジタルに更新し、無線エリア確認を実施する必要がある。このシステムでは中央、基地及び移動の各装置に検測機能を搭載し、営業列車でも運行用の通話回線に影響を与えずに電界測定・データ誤り

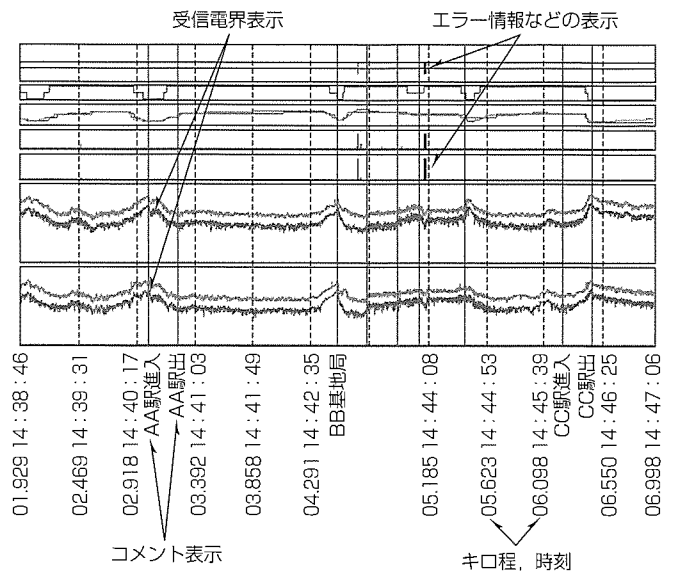


図6. 無線回線品質評価イメージ

発生状況などの無線回線品質を測定できるようにした。

また、図6に示すように車上モニタから走行位置を示すキロ程情報をもらうことで、時刻・キロ程及び無線回線品質をリアルタイムに表示・記録を行い、無線エリア確認作業の効率化を図るとともに沿線環境の変化、空中線系の障害や電波干渉などによる影響を早期に発見し対策できるようにした。

4. むすび

首都圏在来線デジタル列車無線システムの概要と特長について述べた。

三菱電機は、デジタル列車無線の技術を生かして、周波数資源の有効利用を図り、空間波による高品質な無線回線を提供することで、通話音質の向上と難聴区間の削減を容易に実現し、列車の安全・安定輸送に貢献するとともに、通話回線の増加や地上-車上間のリアルタイムデータ伝送による列車無線システムの新しいサービスを提供していく所存である。

参考文献

- (1) 久保博嗣, ほか: 送信ダイバーシチと適応等化器によるビート干渉抑圧方式に関する一検討, 電子情報通信学会論文誌 (B), **J86-B**, No. 3, 468~476 (2003)
- (2) Kubo, H. et al.: An adaptive maximum-likelihood sequence estimator for fast time-varying intersymbol interference channels, *IEEE Trans. on Commun.*, **COM-42**, No.2/3/4, 1872~1880 (1994)



特許と新案** *

三菱電機は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)

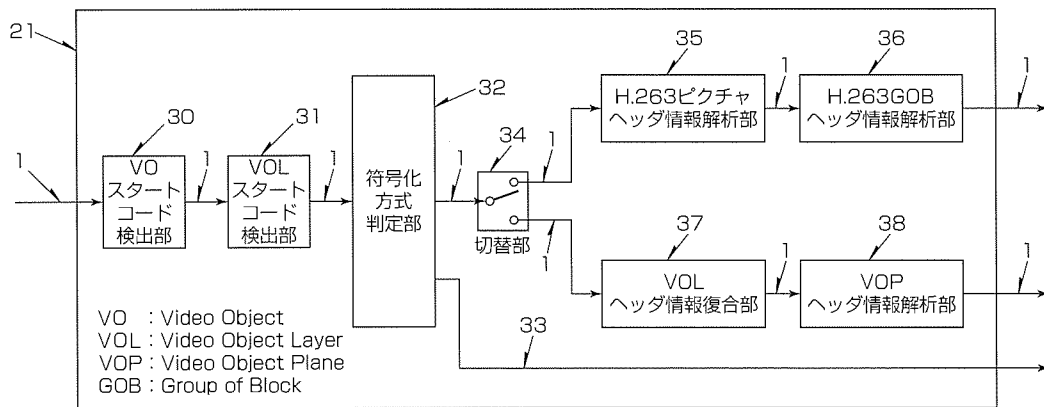
画像復号化装置、画像符号化装置、画像通信システム、 符号化ビットストリーム変換装置及び画像復号化方法 特許第3573759号

発明者 井須芳美, 関口俊一, 浅井光太郎, 西川博文, 黒田慎一, 長谷川由里

この発明は、ISO/IEC 14496-2(通称MPEG-4 visual)復号装置において、ITU-T H.263規格の圧縮映像データを復号処理できるようにしたものである。

1990年代半ばから後半にかけて、ITU-Tでは「Video coding for low bit rate communication」H.263の標準化作業が、MPEGでは「Coding of audio-visual objects」としてMPEG-4の標準化作業がそれぞれ独立に進められた。先に成立したH.263との互換性を考慮することなくMPEG-4の作業は当初進められた。しかし途中の段階で互換性を

確保するための提案・検討が進められ、この発明を含む技術によって、上位ヘッダのみを別々に解析・処理することで、マクロブロック以下の映像信号処理の共通化を可能とする方式が採用されるに至った。これによって、特に携帯電話のようなH/W回路規模が限定される装置において、2つの異なる方式で符号化された圧縮映像データを一つの復号装置で処理することができ、回路規模をほぼ半分に縮小することが可能となった。



〈本号記載の商標について〉

本号に記載されている会社名、製品名はそれぞれの会社の商標又は登録商標である。

〈次号予定〉三菱電機技報 Vol.82 No.3 特集「空調、給湯機器の省エネルギーと高機能化」「産業加工機」

三菱電機技報編集委員 委員長 山口隆一 委員 小林智里 増田正幸 滝田英徳 佐野康之 糸田 敬 世木逸雄 江頭 誠 河合清司 長谷勝弘 木槻純一 逸見和久 光永一正 河内浩明 橋高大造 事務局 園田克己 本号取りまとめ委員 斎藤 琢	三菱電機技報 82巻2号 2008年2月22日 印刷 (無断転載・複製を禁ず) 2008年2月25日 発行 編集人 山口隆一 発行人 園田克己 発行所 三菱電機エンジニアリング株式会社 e-ソリューション&サービス事業部 〒102-0073 東京都千代田区九段北一丁目13番5号 日本地所第一ビル 電話 (03)3288局1847 印刷所 株式会社 三菱電機ドキュメンテクス 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 定 価 1部945円(本体900円) 送料別
三菱電機技報 URL 三菱電機技報に関するお問い合わせ先	URL http://www.mitsubishielectric.co.jp/corporate/giho/ URL http://www.mitsubishielectric.co.jp/support/corporate/giho.html
英文季刊誌「MITSUBISHI ELECTRIC ADVANCE」がご覧いただけます	URL http://global.mitsubishielectric.com/company/rd/advance/

スポットライト 三菱デュアルバンド無線LANシステム

近年における無線LAN(Local Area Network)の急速な普及によって、パソコンのモバイル利用、無線LAN/3G携帯デュアル端末によるオフィスのワンフォン化が進んで来ています。このようなデータ、音声のモバイルニーズに対応可能な、2.4GHz帯IEEE802.11b/gと5GHz帯IEEE802.11aを1台の基地局で同時利用できるデュアル無線LANシステム(基地局/コントローラ)を開発しました。このシステムの特長をご紹介します。

■特長1：データ/音声共存

●QoS(Quality of Service)機能(音声優先制御)

データ端末と音声端末をあらかじめクラス分けすることによって音声を優先します。

通話数に応じてトラフィック量をコントロールし、通話数分必要な音声系の帯域を確保します。

●同時通話数制限機能

同時に通話できる最大同時通話数を制限し、新規呼に対し規制を行い、通話中の音声品質を確保します。

●フェアネス機能

ユーザー単位に送信機会を均等化し、各ユーザーの使用す

る帯域に公平性を確保します。

■特長2：置局の容易化

●バーチャルセル方式

隣接する複数の基地局を同一のチャンネルに設定し、仮想的に一つの基地局と見なす構成とすることで、基地置局設計が容易です。

●不感地帯対策

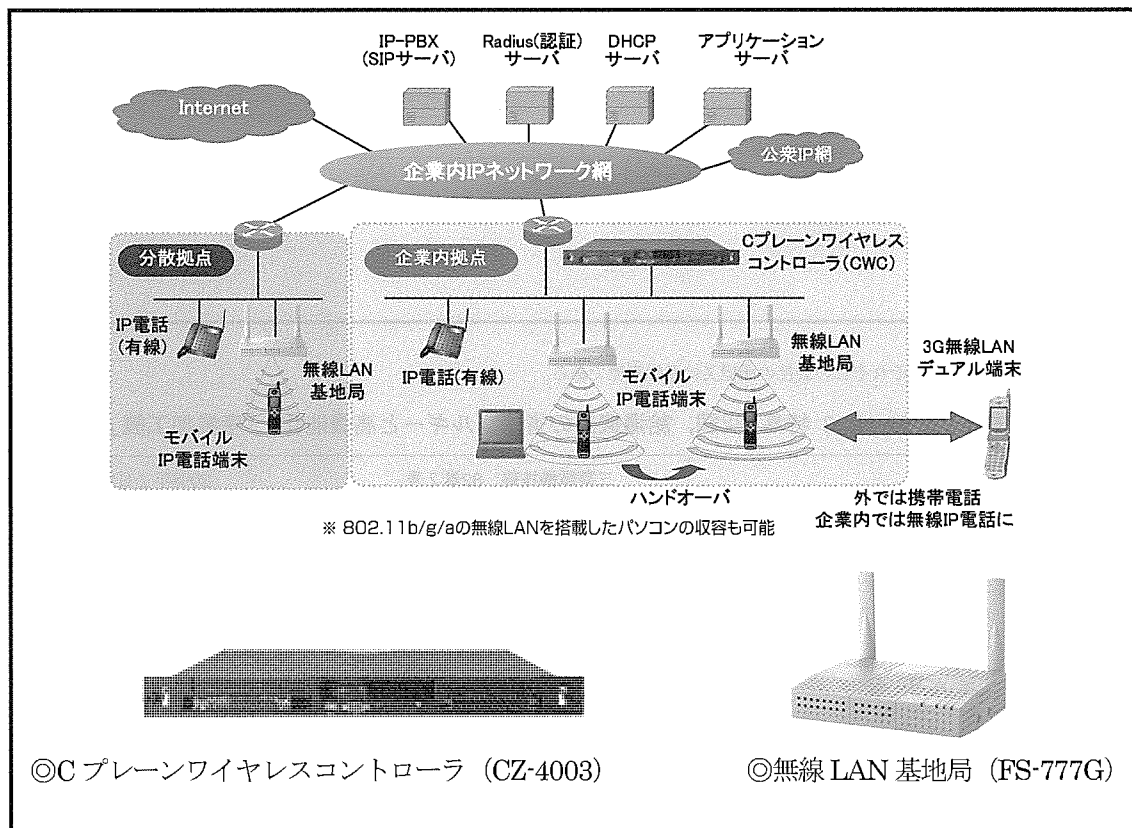
バーチャルセルと同一チャンネルで不感地帯のエリアに新たに置局するだけで対応できます。

■特長3：低コスト化

●Cプレーンワイヤレスコントローラ(CWC)

基地局制御に特化することで低コスト化を図り、CWC 1台あたり基地局を最大180台まで収容できます。

その他、セキュリティ確保として、認証方式は802.1x、暗号化方式はWPA(TKIP)、WPA2(AES)に対応しています。また、高速ハンドオーバー機能としてIEEE802.11iに基づくPMKキャッシュ機能に対応しています。



システム構成

住 所：〒100-8310 東京都千代田区丸の内2-7-3 (東京ビル)

会社名：三菱電機株式会社 お問い合わせ先：通信事業部通信第二部第3課 TEL (03) 3218-6399 FAX (03) 3218-6455

3G向けフェムトセル用超小型基地局装置

携帯電話の普及に伴い利用シーンが多様化する中で、高層ビル・マンションの高層階や地下の屋内空間等のサービスエリアでスポット的な不感地の存在が問題視されるようになり、更なる通信エリアの品質向上が求められています。このため、従来の携帯電話基地局では投資効果が得られない、また電波干渉等の問題で対応が難しい不感地をピンポイントで高品質かつ経済的にカバーすることができる3G向けフェムトセル用超小型基地局装置(以下、フェムトセル用BTSという。)をNTTドコモと共同開発しました。

高層マンションやテナントビル、地下街など小さな区画に区切られた多数の不感地に適用する場合、既存のシステムでは光ファイバの引き込みが必要であったり、複数のアンテナに分岐することによるロスが発生したりするなど、様々な問題があります。フェムトセル用BTSへの伝送路にIP(Internet Protocol)回線を採用したことによって、汎用のEthernetケーブルでの接続が可能となり、回線敷設工事が容易になりました。

また、IPという汎用プロトコルを用いているため、その暗号化機能も搭載し、セキュリティを確保しています。

基地局装置に必要な機能を1枚の基板に実装して装置を小型化し、片手で持てるサイズを実現しました。これによって壁掛けなどの設置工事を容易に行うことができます。

また、電源回路の最適化によって、低消費電力化を図り、装置の自然空冷を実現しました。冷却用ファンがないことで、オフィスなどの低騒音が要求される場所にも適用することができます。

■ 装置の外観と主要諸元

フェムトセル用BTSの外観を図1に、主要諸元を表1に示します。

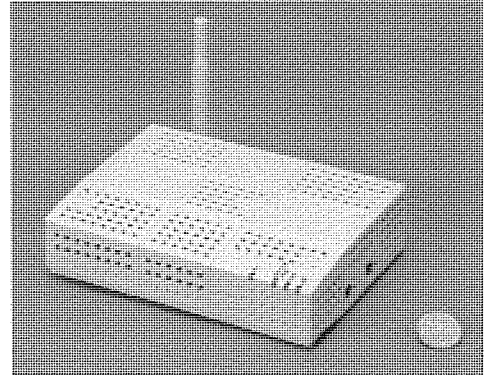


図1. フェムトセル用BTSの外観

表1. フェムトセル用BTSの主要諸元

項目	仕様
通信方式	W-CDMA
周波数帯域	2GHz帯
送信出力	20mW
キャリア/セクタ数	1キャリア/1セクタ
ユーザー数	4
装置構成	筐体(きょうたい)一体型(自然空冷)
大きさ	高さ135mm×幅184mm×奥行き40mm
質量	約600g
消費電力	12W以下
伝送路I/F	IP(10BASE-T/100BASE-TX)

