

MITSUBISHI
Changes for the Better

家庭から宇宙まで、エコチェンジ



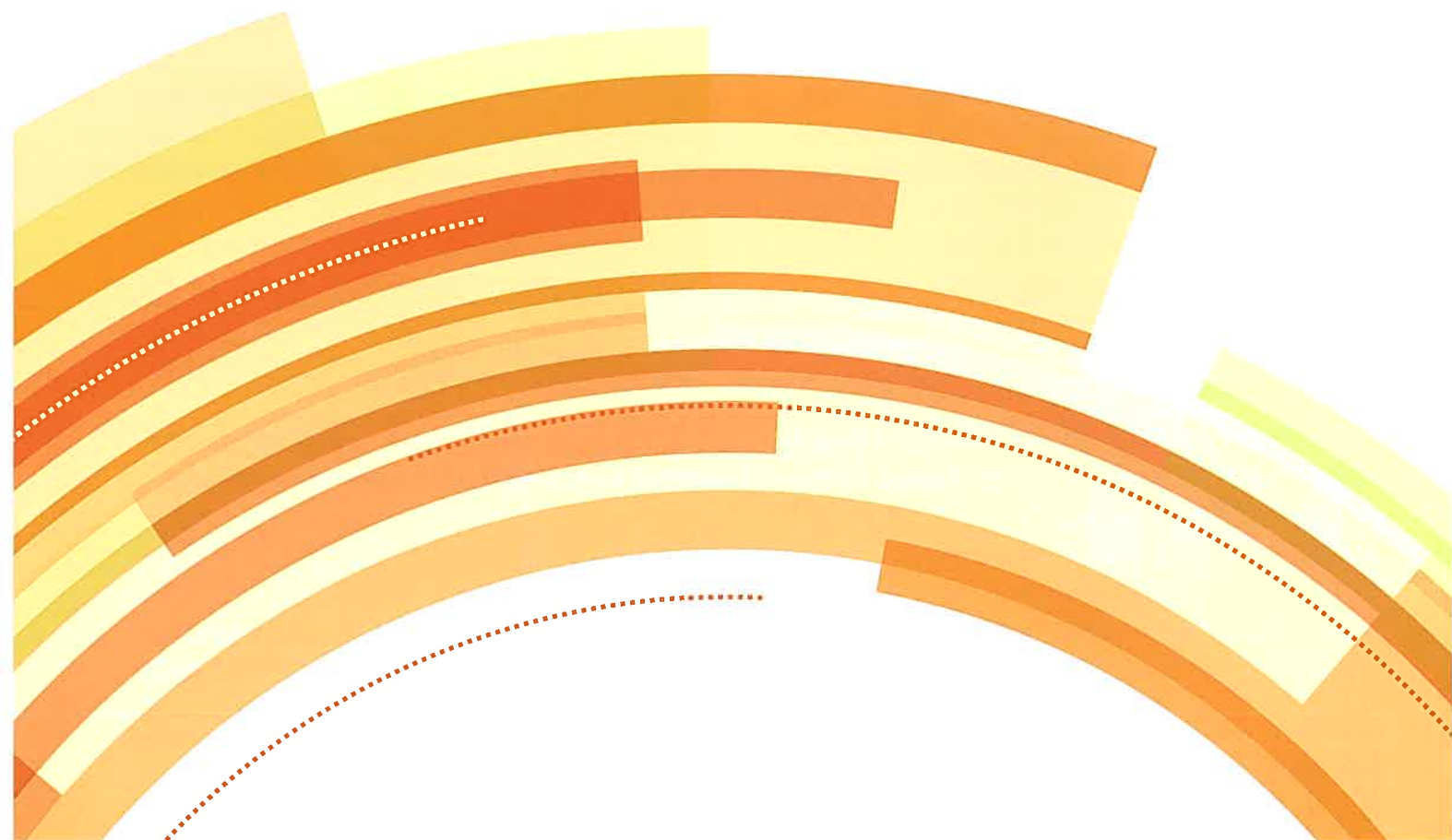
三菱電機技報

6

2014

Vol.88 No.6

「最新の通信・映像技術が導くスマートで安心な社会」



目次

特集「最新の通信・映像技術が導くスマートで安心な社会」

最新の通信・映像技術が導くスマートで 安心な社会特集に寄せて	1
西村隆司	
スマートで安心な社会を支える通信及び映像の技術動向	2
小山健一・岡村 敦	
HEMS対応三菱通信ゲートウェイ	7
西尾俊介・矢野裕信	
電力自動検針向けGE-PON	13
大塚 博・川上和俊・緒方健滋・田辺基文・水口 潤	
Android搭載IPTVセットトップボックス	18
岸下整明・早崎太郎・遠藤幸典・横里純一	
次世代ホームゲートウェイ向け 2.4GHz 5 GHzデュアルバンド無線LAN技術	24
中原敏光・吉原幸輝・内田 繁・柳 崇	
ビジネスメディアコンバータの高機能化	30
今井 誠・藤枝 亮・吉田俊和	
HD対応マルチコーデック“HX-1000”	35
新房健一	
メルックDGⅡシリーズ向け旋回カメラ“NC-6500”	40
橋本充夫・根本定征・工藤慎也	
メルックμⅡスマートフォン連携	45
川村秀男・草野勝大・西川博文	

Latest Communication and Audio-Visual Technologies for Smart and Secure Society

Foreword to Special Issue on Latest Communication and Audio-visual Technologies for Smart and Secure Societies	
Takashi Nishimura	
Communication and Audio-visual Technologies for Smart and Secure Societies	
Kenichi Koyama, Atsushi Okamura	
Mitsubishi Communication Gateway for Home Energy Management System	
Shunsuke Nishio, Hirotohi Yano	
GE-PON Systems for Automated Meter Reading	
Hiroshi Otsuka, Kazutoshi Kawakami, Kenji Ogata, Motofumi Tanabe, Jun Mizuguchi	
Android-based IPTV Set Top Box	
Nariaki Kishishita, Taro Hayasaki, Yukinori Endo, Junichi Yokosato	
2.4GHz/5GHz Dual Band Wi-Fi Technologies for Next Generation Home Gateway	
Toshimitsu Nakahara, Yukiteru Yoshihara, Shigeru Uchida, Takashi Yanagi	
New Functions for Media Converter System for Business Use	
Makoto Imai, Tasuku Fujieda, Toshikazu Yoshida	
High Definition Video Multi Codec “HX-1000”	
Kenichi Shimbo	
Pan-Tilt-Zoom Camera “NC-6500” for MELOOK DGⅡ Series	
Mitsuo Hashimoto, Sadayuki Nemoto, Shinya Kudo	
CCTV Remote Surveillance Monitoring System using SmartPhone	
Hideo Kawamura, Katsuhiro Kusano, Hirofumi Nishikawa	

特許と新案

「カメラ取付装置」「局側通信装置」	49
「流速計測装置」	50

スポットライト

三菱通信ゲートウェイ“smartstar(スマートスター)”



表紙：最新の通信・映像技術が導くスマートで安心な社会

三菱電機は、最新の通信・映像技術を駆使したさまざまな製品を開発し、スマートで安心な社会に貢献している。

①は、三菱HEMS(Home Energy Management System)で中心的な役割を果たす三菱通信ゲートウェイである。この装置によって家電機器を連携させ、快適で省エネルギーな暮らしに貢献している。

②は、自動検針に用いられるGE-PON(Gigabit Ethernet-Passive Optical Network)システムのOLT(Optical Line Terminal)である。電気事業者が推進するスマートグリッドの実現に貢献している。

③は、メルックDGⅡ旋回カメラNC-6500である。交通や金融等公共の場に監視カメラとして設置され、プライバシー保護に配慮しつつ、防犯対策として安心な社会の実現に貢献している。

巻/頭/言

最新の通信・映像技術が導くスマートで安心な社会特集に寄せて

Foreword to Special Issue on Latest Communication and
Audio-visual Technologies for Smart and Secure Societies

西村隆司
Takashi Nishimura



現在、我が国では、FTTH(Fiber To The Home)の展開によって、光通信による加入者宅までのアクセスネットワークで1 Gbpsクラスのサービスが提供されており、2013年9月時点におけるFTTH加入者数は2,463万世帯に達している。さらに10Gbpsのアクセスシステムも実現可能な段階にあり、今後のサービス展開が期待されている。一方、アクセスネットワークを集約して大容量・長距離伝送を行うメトロ、幹線ネットワークでは波長あたり100Gbpsの伝送を行うシステムが導入されており、1 Tbps技術による更なる大容量化も議論されている。

無線アクセスの速度は有線に比べて実現の時間差はあるものの、3Gさらに3.9GすなわちLTE(Long Term Evolution)の展開によって下り方向最大100Mbpsクラスのサービスが提供されており、2013年9月時点における3G及び3.9Gの契約数は合計1億3,480万件に達している。今後、LTE-Advancedではキャリアアグリゲーションや小型基地局の活用によって、最大1 Gbpsのスループットが実現される見込みであり、将来に向け、時間、空間、帯域の最大活用による総容量とスループット両方の高速化が期待されている。

2013年度の情報通信白書では、スマートICT(Information and Communication Technology)の進展による新たな価値の創造を目標に掲げている。スマートICTとはICTの最新トレンドを表しており、白書ではキーワードとしてビッグデータ、ソーシャル、M2M(Machine to Machine)、センサネットワーク、クラウド、モバイルを挙げている。シナリオとして示しているのは、ICTをエンジンとしてICT産業及びICT利用産業を成長させること、ICTによってグローバルな社会課題を解決し、国際的に事業として展開することである。

社会課題を解決する例として、電力・交通・水道等様々な社会インフラの効率的な管理が挙げられ、中でもこの特集で言及する事例に、EMS(Energy Management System)やスマートグリッドがある。これらのシステムでは、家庭やオフィス、流通、工場、公共施設や交通機関等における電力消費の状況とエネルギー供給状況を監視し、過去の消費傾向や天候の予測も活用して電力の需給バランスを制御

し、その効果として、快適性を失うことなく、最大の効率かつ最小の環境負荷による運用を目指している。さらに、このようにスマートなシステムの市場は国内だけでなく、グローバルに期待されている。

通信技術はこのような社会インフラのスマートな運用を支えている。例えばHEMS(Home EMS)や電力自動検針などにおける情報収集は文字通りM2M通信であり、個々には小容量だがリンクの多い通信を効率的かつ適切な優先度で処理すること、省電力であること、異常があっても迅速に復帰すること等がシステムを支える通信機器への要求条件になっている。

社会課題を解決する別の事例として、映像を活用した安心な社会の実現が挙げられる。CCTV(Closed Circuit TeleVision)はネットワークに接続された監視カメラとレコーダなどの装置によるシステムであり、このシステムによる監視は災害や事故及び犯罪の防止、不幸にして発生した際の迅速な対応を可能にする。また、記録された映像を分析すれば、再発防止や予防措置への展開も可能となる。

通信回線の高速化に加え、映像入出力デバイスの進化、映像符号化技術の進歩によって視認性に優れたHDTV(High Definition TeleVision)やプライバシー及び個人情報保護する機能が監視システムにも導入されており、高解像度映像を扱えるスマートフォンを遠隔地からの監視に使用するシステムも増えていくであろう。映像情報は最大のビッグデータでもあり、今後は防災、防犯のような損失の最小化だけでなく、あらゆる生産活動や業務の効率化にも活用され、貢献していくであろう。

今回の特集では、三菱電機が最新の通信・映像技術を用いて開発した装置とそれらが提供するソリューションが、スマートで安心な社会の実現に貢献していることについて述べる。当社はこれまで通信環境の基盤を構成する装置や伝送技術と応用システムの両方を提供してきた。今後とも、光通信、無線通信の基盤技術、トータルで最適な通信環境を構築する装置及びシステムを提供していく。また、監視カメラや映像装置、各種センサ、ゲートウェイ等の装置及び同装置群を構成要素とするワールドワイドな社会システムへの貢献を進めていく。

巻頭論文

スマートで安心な社会を支える 通信及び映像の技術動向



小山健一*



岡村 敦**

Communication and Audio-visual Technologies for Smart and Secure Societies

Kenichi Koyama, Atsushi Okamura

要 旨

安全で安心な社会の実現は、古くからの社会的ニーズだが、これにここ数年で加わったのがスマートな社会の実現であろう。ここで言うスマートは、英語としての本来のsmartの意味に加え、“通信機能を持って他とつながる”という概念が含まれている。すなわち、スマート社会の実現に通信技術は不可欠な技術となっている。

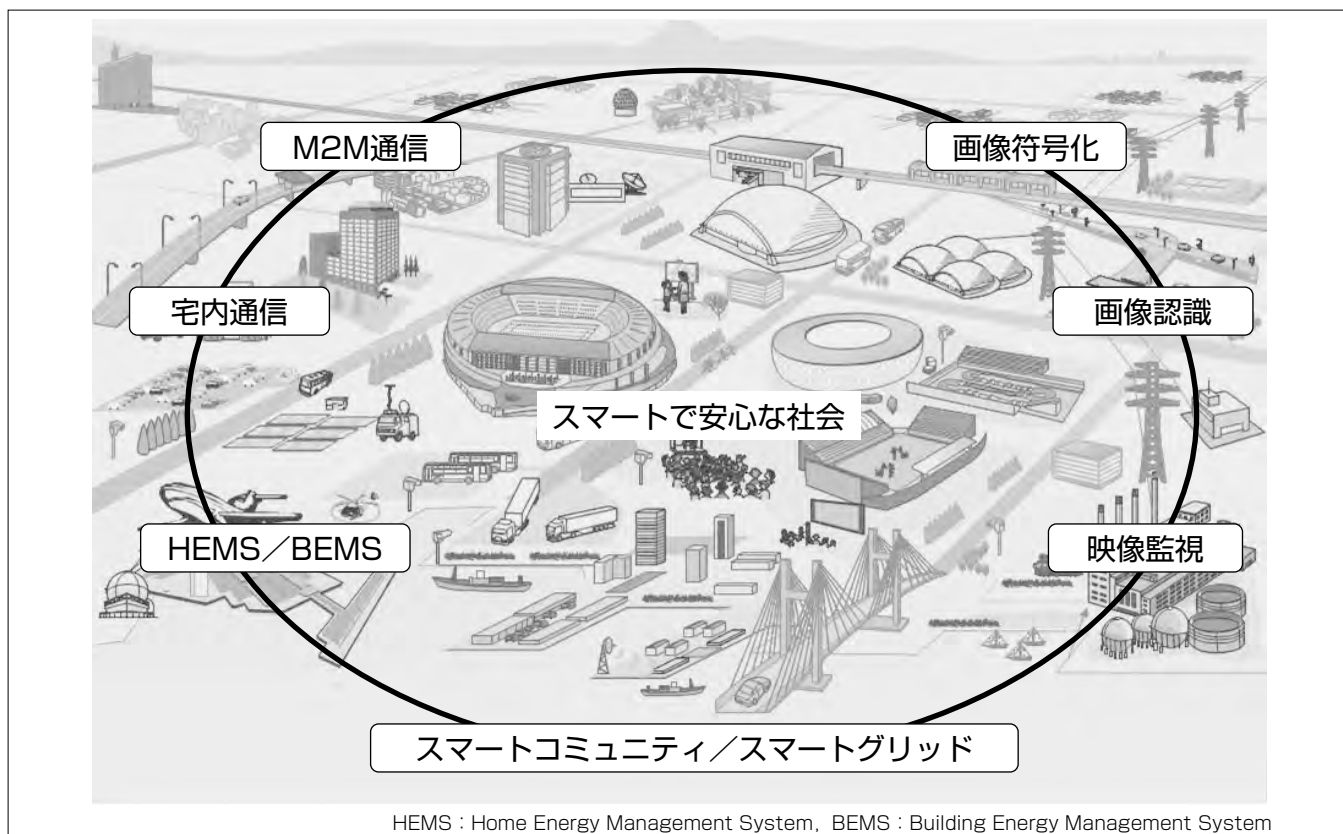
スマートな社会を実現する上でビッグデータを収集・分析するM2M(Machine to Machine)が着目されており、ITU-T^(注1)、IEEE^(注2)、IETF^(注3)、W3C^(注4)、oneM2Mで標準化が進められている。特にM2Mエリアネットワークについては、国内でのスマートグリッドやスマートハウスの実現に向けてTTC(Telecommunication Technology Committee)で標準化が進められている。

もう一つの社会的ニーズである安心な社会の実現に向け

ては、特に監視カメラで画質改善、画像認識、画像符号化、画像蓄積クラウド、蓄積画像応用を中心に技術開発が活発に進められており、三菱電機は世界的に普及が進みつつある高解像度デジタル監視カメラで必要とされる、画質改善技術(ノイズ低減、高感度化、ダイナミックレンジ拡大)、画像認識技術(人物検出・追跡)、画像符号化技術、画像蓄積技術に取り組んでいる。

持続的に発展可能な社会の実現、また、安心に暮らせる社会の実現は万人の願いであり、当社は今後もスマートで安心な社会の実現を目指した研究開発を進めていく。

- (注1) International Telecommunications Union-Telecommunication standardization Sector
(注2) Institute of Electrical and Electronics Engineers
(注3) Internet Engineering Task Force
(注4) World Wide Web Consortium



スマートで安心な社会を実現する要素技術群

スマートで安心な社会の実現とは、言い換えればエネルギーの賢い利用による持続可能な社会の実現と、人々が安心に暮らせる社会の実現と言える。これらの実現には、近年注目度が高まっているM2M通信技術をベースとしたエネルギー供給系統と需要家間の通信、及びデジタル化と高解像度化が進む映像監視技術が重要な役割を担う。

1. ま え が き

スマートグリッド、スマートコミュニティ、スマートハウス、スマートメータ等、世の中はスマートブームと言えるほど様々なモノや仕組みが“スマート”になろうとしている。これらの“スマート”が何を意味するかは種々考えられるが、多くの場合“通信機能を持つ”という意味を含んでいる。スマート社会では、この通信機能を介して多種多様な機器やシステムがつながることになる。そのため、本稿ではまずスマート社会の実現に不可欠な通信技術の標準化動向について述べる。次に、スマート社会の実現と並ぶ社会的ニーズとして、“安心な社会の実現”をとりあげる。“安心”には、防犯、防災など、様々な面が考えられるが、本稿では、安心な社会の実現に向けた映像監視に関する技術開発の動向と当社の取り組み状況について述べる。

2. スマート社会を実現する通信技術の動向

2.1 概 論

ビッグデータと呼ばれる大量の情報は、スマート社会の実現に不可欠な要素の一つである。このような大量の情報の発生源は、主に各種のセンサや機器（以下“デバイス”という。）である。スマート社会の実現には、これらのデバイスから情報を収集し、収集したデータを分析して人に分かりやすい形で見える化したり、分析結果に基づいて機器を制御するM2MやIoT（Internet of Things）と呼ばれるシステムが必要となる。図1に、M2Mシステムの構成を示す。

ここで、M2Mエリアネットワークは、広域網に直接つ

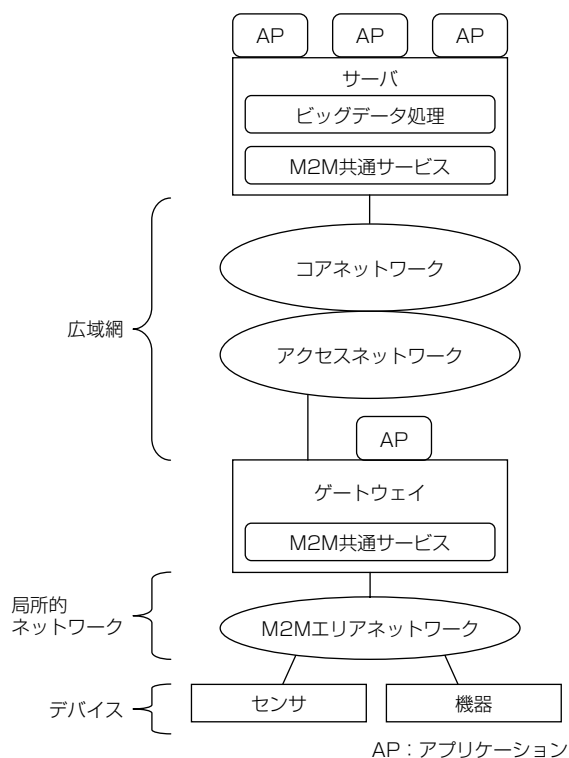


図1. M2Mシステムの構成

なげられないデバイスをゲートウェイに接続する局所的なネットワークのことである。M2Mエリアネットワークでは、データリンク層以下の通信プロトコルはITU-TやIEEEで、ネットワーク層以上の通信プロトコルはIETFやW3Cで各々標準化が行われている。

ゲートウェイは、デバイスとサーバをつなげるための通信プロトコル変換や機器管理の機能を提供し、M2Mサービスを実現するアプリケーションも実行可能である。M2M共通サービスは、アクセス制御などM2Mシステムに必要な共通機能を提供するプラットフォームであり、インタフェースプロトコルの標準化がoneM2Mなどの標準化団体で行われている。

アクセスネットワークについては、多数のデバイスを効率的に収容するための通信方式の標準化が3GPP（3rd Generation Partnership Project）やIEEEで行われている。さらにコアネットワークについては、多数のデバイスから生じる大容量トラフィックを低遅延で転送可能な光伝送方式の開発が進められている。

今後、スマート社会を実現するサービスのトライアル実施や実サービス運用を行う中で得られた知見に基づき、運用性向上などM2Mシステムの普及に必要な技術開発や、標準化・社会制度整備が進むことが期待される。

2.2 M2Mエリアネットワーク例としての宅内通信技術

近年、情報技術を活用した再生可能エネルギーの導入推進や、省エネルギー推進を含む地域サービスと地域社会の活性化等、“スマートコミュニティ”や“スマートシステム”などの概念に基づく新しい街づくりを志向する取り組みが増えている。このような中、日本国内では経済産業省が、スマートグリッドやスマートハウスの実現時に活用されることを想定してHEMSと住宅内機器を接続する標準通信インタフェースとしてECHONET Lite^(注5)を推奨した（2012年2月）。また、TTC（一般社団法人情報通信技術委員会）の次世代ホームネットワークシステム専門委員会では、ECHONET Lite規格の下位層通信インタフェース実装ガイドラインとして、TTC技術レポート（TR-1043）を制定し、920MHz特定小電力無線や無線LAN、PLC（Power Line Communication）等をHEMSにおける公知な通信手段として示した。

このように、HEMSと住宅内機器を相互に接続する無線通信技術や通信プロトコルは実用化されつつあり、各ベンダーから電力見える化を実現するための実証実験や製品が多数発表されている。なお、現状では、ベンダー指定の装置をそろえることによって宅内のネットワークを実現する方法が主流である。しかし今後は、相互接続検証などによって様々な物と物の接続が可能になり、多様なサービスが創出されることが期待されている。

（注5） ECHONET Liteは、エコネットコンソーシアムの登録商標である。

2.3 ゲートウェイ技術

M2Mシステム構成デバイスには、広域通信機能を持つスマートフォンや、シリアルインタフェースしか持たないセンサなど、様々なものが存在する。多様なデバイスをサーバに接続する方法には、次の2種類が存在する。

- (1) 携帯電話通信モジュールなどを利用し、デバイスを直接広域網に接続
- (2) デバイスはM2Mエリアネットワーク経由でゲートウェイに接続し、ゲートウェイが広域網に接続

ここでは後者で必要となるゲートウェイについて述べる。ゲートウェイは、サーバとデバイス間のセキュアな通信を確保するとともに、デバイスの種類や能力に応じて無線などの通信手段を使い分け、デバイスからのデータ収集を効率よく行うとともに、収集データの一時的な蓄積と通信プロトコルやデータ変換を行う。また、接続する多数のデバイス及びゲートウェイ自身のメンテナンスや機能追加のため、ソフトウェア更新や拠点内ネットワークの保守機能を提供する。ゲートウェイに必要な技術として、デバイス管理技術、安全なソフトウェア実行環境、センサデータ一次処理技術、高信頼化技術、省電力技術、給電技術(エネルギーハーベスティング、ワイヤレス給電)が挙げられる。デバイス管理に関する標準として、BBF(Broadband Forum)が固定系通信機器を中心とする機器の管理のために策定したTR-069や、OMA(Open Mobile Alliance)がモバイル系端末を中心とする機器の管理のために策定したOMA-DM(Device Management)が存在する。ソフトウェアの更新や安全なソフトウェア実行環境に関する標準として、OSGi(Open Service Gateway initiative) Allianceが策定したOSGiフレームワークが存在する。

3. 安心な社会を実現する映像監視技術の動向

3.1 概 論

映像監視が利用される分野は、防犯、防災、事故防止、マーケティング、品質管理、工場などでの生産性向上等、多岐にわたる。中でも防犯を目的とした監視カメラは、先進国だけでなく新興国でも普及が進み市場の拡大も著しい。このような市場動向を受けて、特に高解像度化が進むデジタル監視カメラについて、画質改善、画像認識、画像符号化、画像蓄積クラウド、蓄積画像応用等を中心とした技術開発が活発に進められている。そこでこの章では、デジタル監視カメラに関する当社の取組みについて述べる。

3.2 画質改善技術

画質改善を実現する技術として3つの技術を開発した。

3.2.1 ノイズ低減技術

カメラ映像のノイズを除去できれば、低照度でも映像のざらつきを解消しクリアで視認性の高い映像を実現できる。当社では、解像度を落とさずにノイズを低減できる画像の

ノイズ低減技術を開発した。

今回開発した方式では、輝度変化が大きいノイズについては強く振幅を低減し、輝度変化が小さいノイズについては弱く低減する制御を行っている。これによってノイズを低減する一方、毛髪のような細かい被写体の解像度特性を保持した画質が得られる。この技術によって、画像のノイズを従来比で20%以上低減し、暗い場所でも明るい屋外と同様に鮮明な画像を撮影可能なカメラが実現できる。特に薄暗い通路や非常階段など、低照度の撮影環境で効果を発揮する。図2にノイズ低減技術の効果を示す。

3.2.2 高感度化技術

夜間や、消灯後のフロアのような低照度環境では、真っ暗で被写体が視認できなかったり、被写体がノイズに埋もれていたり、また長時間露光モードに入ることによって動きのある被写体がぼやけたり、残像が生じたりする。このような低照度環境向けに、当社では感度性能を8倍まで向上できる高感度化技術を開発した。

一般に感度向上は信号レベルを上げるため増幅処理を行う。しかし有意な信号と同時にノイズも増幅するため感度上昇に伴い画質が低下する。今回開発した方式は、近傍画



(a) ノイズ低減処理非適用



(b) ノイズ低減処理適用

図2. ノイズ低減技術の効果

素間の相関特性を用いて有意な信号とノイズを分離し、有意な信号だけ増幅することでノイズの少ない高感度画像を実現している。

これによって、従来方式で発生していた動きに対する残像やぶれを発生させず、動きに強いクリアな映像が得られるようになった。また、従来の1/8の明るさまで撮影が可能な高感度カメラの実現や、電子シャッター時間を1/8まで短く抑えることでぶれの少ない撮影も可能となる。図3に高感度化技術の効果を示す。

3.2.3 ダイナミックレンジ拡大技術

店舗など建物の出入口を監視するような場合、日差しの強い屋外と、暗い屋内を同じ画面内に含んで撮像することから屋外の被写体が白飛びしたり、屋内の被写体が黒潰れしたりする。当社では、このような広い撮像照度範囲向けのダイナミックレンジ拡大技術の開発を進めている。

今回開発した方式は、それぞれ照度の異なる被写体や背景、周囲の画像データを分析することで、最適画質を自動設定する。これによって明暗差の大きな逆光映像をより自然でくっきりとした映像に補正する。図4にダイナミックレンジ拡大技術の効果を示す。

3.3 画像認識技術

監視映像のニーズが“見る・録る”から“活用する”へ変化中、映像中の人物検出・追跡技術が注目を集めている。人物にモザイクをかけて個人情報に配慮しつつ、人物動線を追跡・分析することで、流通店舗におけるマーケティングデータや、工場における生産性向上・安全管理、公共空間における特定行動検知といった様々な活用が可能になると考えられる。これらの映像活用に不可欠な基本技術が、映像の中から人や物などの対象物を検出する技術とその対象物を追跡する技術であり、近年の計算機能力向上とともに様々な手法が提案、実用化されている。

当社では、視野を共有する複数カメラを用いて、三次元空間における人物を実時間追跡する技術を開発した。カメラを用いた人物追跡では、人物の見え方の変化や照明変動などの問題に対応する必要があるが、これらの問題に頑健かつ高精度な追跡を実現している。

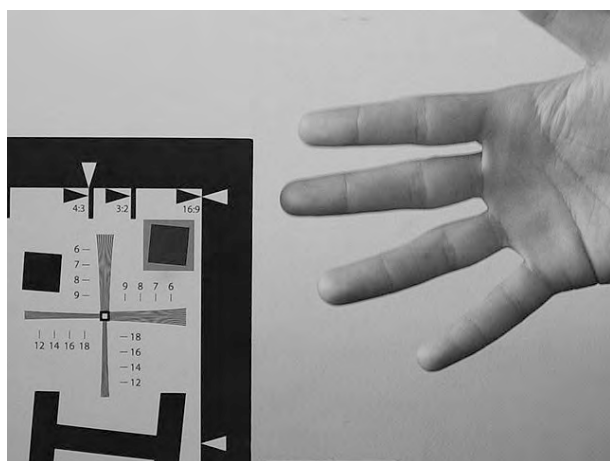
また、検出された複数人物の動線データ群から行動パターンを自動的に分類したり、逸脱行動人物を自動検出する技術を開発した。この技術は、逸脱行動人物を検出する際に逸脱行動に関する特徴量及び環境情報の事前定義が不要



(a) 高感度化処理非適用



(a) ダイナミックレンジ拡大処理非適用



(b) 高感度化処理適用

図3. 高感度化技術の効果



(b) ダイナミックレンジ拡大処理適用

図4. ダイナミックレンジ拡大技術の効果

であるため、オペレータの技量・経験に依存しないという特長を持つ⁽¹⁾。

3.4 画像符号化技術

映像監視システムのデジタル化進展に伴い、監視映像の高画質化と長時間記録の観点で画像符号化技術に対する期待が高まっている。放送・DVDなどに用いられるMPEG-2 (Moving Picture Experts Group phase 2)の2倍の圧縮性能を持つ国際規格MPEG-4 AVC (Advanced Video Coding)/H.264は、監視映像のフルHD (High Definition)化を支えている。当社は、放送素材伝送用コーデック・LSI開発⁽²⁾で培った高画質符号化技術を活用し、映像監視システムの高画質化を進めている。また2013年1月に標準化が完了したHEVC (High Efficiency Video Coding)/H.265は、4Kなどの超高精細映像の伝送・記録を可能にする技術で、次世代の映像サービス・システムへの適用を見据えて、業界に先駆けた実用化開発を進めている⁽³⁾。HEVC/H.265は、既存システムでも方式変換によって伝送・記録効率を高めるニーズがあるほか、狭帯域での遠隔配信、映像のクラウド化の流れを想定する上でも、将来の映像監視システムで重要な技術となる。引き続き映像監視システム高度化に向けた開発を進める。

3.5 画像蓄積技術

現在の一般的な映像監視システムは、監視先にカメラ、モニタ、レコーダを設置するローカル監視が主流である。しかし、ネットワークの高速化と常時接続コストの低廉化に伴い、今後はカメラの近くに設置されたレコーダで映像を蓄積するのではなく、映像記録機能をネットワーク上のサービスとして提供する遠隔蓄積の形態が増加すると予想される。しかし一方で、ネットワーク帯域などのリソース不足が発生すると遠隔映像蓄積では映像ストリームの取りこぼしが起こる可能性がある。そのため、遠隔蓄積であっても高信頼な映像記録機能を実現するために、カメラ台数に合わせたネットワークの帯域調整など、各種のリソース競合を低減するスループット制限方式や監視規模に合わせた最適化リソース割当て方式の検討、及び開発を進めている⁽⁴⁾。

3.6 映像活用の広がり

セキュリティ意識の高まりという社会的背景の下、映像監視技術は主として安心な社会を実現するための技術として発展してきた。しかし現在では、防犯・防災のために開発された技術や製品を他の分野でも活用しようとする動き

が広がっている。

例えば先に述べた人物追跡技術を用いて、流通店舗におけるマーケティングに活用したり、監視カメラと映像レコーダを工場の生産自動化ラインに導入し、生産ラインで発生するトラブルの原因解析や、ヒューマンエラーの分析に活用するシステムの開発も進めている⁽⁵⁾。

一方、安心な社会を実現するための映像監視という視点でも、今後、これまでになかった新たな動きが発生すると予想している。例えば、スマートフォンに内蔵されているカメラやアクションカメラに代表されるウェアラブル機器としてのカメラなど、個人がエンターテインメントのために持っているカメラの映像情報をクラウドなどに集約し、その映像を防犯・防災目的にも活用するという流れなどが考えられる。このような映像活用は、2013年に発生したボストンマラソン爆破事件の犯人捜査でも行われており、今後、より一層広がるものと予想される。

4. む す び

スマートで安心な社会の実現に向けた通信関連技術の標準化動向、及び映像監視技術の開発動向について、当社における取組みを交えつつ述べた。具体的な取組みの詳細については、この特集号の各論文を参照願いたい。

持続的に発展可能な社会の実現、また安心に暮らせる社会の実現は万人の願いであり、当社は今後もスマートで安心な社会の実現を目指した研究開発を進めていく。

参 考 文 献

- (1) 鈴木直彦, ほか: 人物動線データ群における逸脱行動人物検出及び行動パターン分類, 電子情報通信学会論文誌.D, **J91-D**, No.6, 1550~1560 (2008)
- (2) 本山信明, ほか: H.264/AVC High422P@L4.1対応1チップHDTVエンコーダLSIの開発, 映像情報メディア学会誌, **63**, No.12, 1860~1867 (2009)
- (3) 井對貴之, ほか: HEVC方式によるSHVリアルタイムエンコーダの開発, 映像情報メディア学会年次大会講演予稿集, 18-2 (2013)
- (4) 砂金 豊, ほか: 仮想映像監視レコーダの検討, 電子情報通信学会総合大会講演論文集_情報システム (2), 79 (2011)
- (5) 奥村誠司, ほか: 生産現場見える化ソリューション, 三菱電機技報, **87**, No.6, 365~368 (2013)

HEMS対応三菱通信ゲートウェイ

西尾俊介*
矢野裕信**

Mitsubishi Communication Gateway for Home Energy Management System

Shunsuke Nishio, Hirotoshi Yano

要 旨

近年、原子力発電の停止や、原油、天然ガスの価格高騰という状況で、エネルギーの安定供給が課題となる一方で、家庭内における効率的なエネルギー利用についても注目されつつある。三菱電機は、太陽光などの自然エネルギーの効率的な利用や、エネルギーの見える化、家庭内の各家電機器（以下“HEMS機器”という。）の制御を行うシステムである“三菱HEMS”を製品化した。

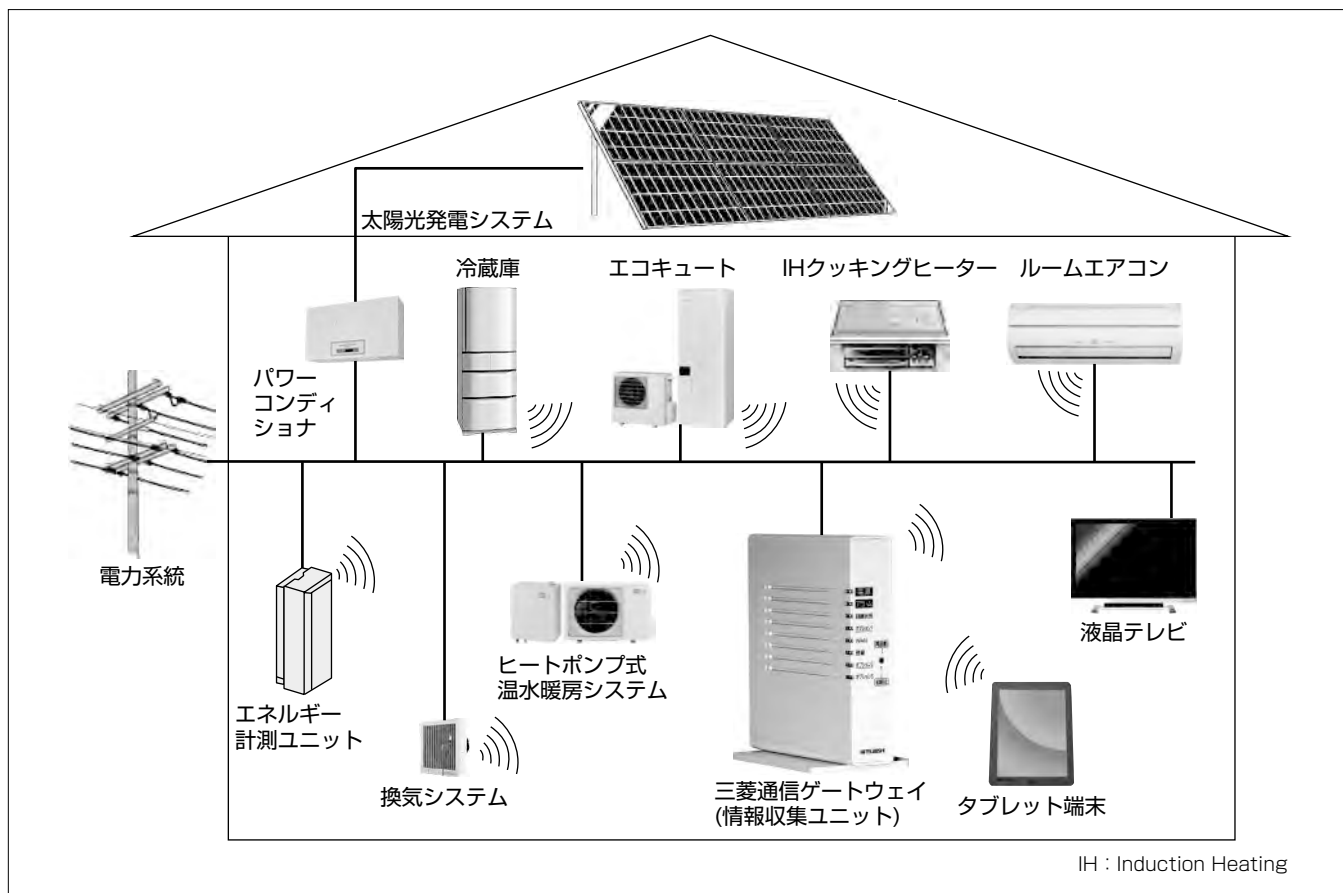
三菱HEMSは、ホームネットワークの中心に“情報収集ユニット”を配置し、無線通信によるHEMS機器の節電制御、タブレット端末によるエネルギーの見える化をユーザーに提供する。これらHEMSアプリケーションは年々機能拡張されるため、アプリケーションを実装する情報収集ユ

ニットは機能拡張の容易性を確保する必要がある。

一方、当社はブロードバンドルータ機能、無線LANアクセスポイント機能上にJava^(注1)仮想マシン、及びJavaアプリケーションのライフサイクルを管理するOSGi^(注2) (Open Services Gateway initiative) フレームワークを搭載した三菱通信ゲートウェイを製品化しており、この製品が持つこれらの機構によってアプリケーションの機能拡張性の課題を解決し、三菱通信ゲートウェイにHEMSアプリケーションを組み込むことで情報収集ユニットを実現した。

(注1) Javaは、Oracle Corp. の登録商標である。

(注2) OSGiは、OSGi Allianceの登録商標である。



“三菱HEMS”のシステム構成

三菱HEMSは、三菱通信ゲートウェイ（製品名：情報収集ユニット）をホームネットワークの中心に位置付ける。冷蔵庫やエアコンなどの各種HEMS機器と三菱通信ゲートウェイを無線LAN通信で連携させ、各種の節電サービスを提供する。

1. ま え が き

近年、エネルギーの安定供給が課題となる一方で、家庭内での効率的なエネルギー利用が注目されつつある。当社は、太陽光などの自然エネルギーの効率的な利用や、エネルギーの見える化、家庭内のHEMS機器の制御を行う“三菱HEMS”を製品化した⁽¹⁾⁽²⁾。三菱HEMSでは三菱通信ゲートウェイ“情報収集ユニット”がHEMS機器の情報収集と制御を行う。

本稿では、まずこのユニットの要件と課題についてふれ、次にこの製品に適用した三菱通信ゲートウェイ⁽³⁾での対策を述べる。

2. 三菱HEMS

2.1 機 能

三菱HEMSは、多種のHEMS機器の収容と自動制御などのアプリケーションを特長とする、次に示す機能を提供する。

(1) エネマネグラフ

電気などのエネルギー使用量や電気代、節電目標の達成度をグラフで表示し、エネルギーの見える化と節電の達成度状況を見せることによって、ユーザーに対し節電の意識付けを行う。また、接続した各HEMS機器の節電モードを有効活用し、快適性を損なうことなく目標値に向けた自動節電設定を可能とする。図1にHEMS機器別の使用電力量の表示例と図2に節電目標達成度の表示例を示す。



図1. 使用電力量の表示例



図2. 節電目標達成度の表示例

(2) ファミリーカレンダー

エアコンなどのHEMS機器の運転予定や家族の予定を設定することで、節電の最適制御を可能とする。例えば、家族全員で、長期間外出する予定を入力した場合は、HEMSは、そのスケジュールに応じて、不在中に不要となる機器の停止や能力を制限して、節電制御を行う。図3にファミリーカレンダーの表示例を示す。

(3) 間取りコントローラ

間取りコントローラのユーザーインターフェース画面によって、ユーザー宅の状況に合わせた間取りの設定やHEMS機器の配置状況を設定し、各部屋の機器運転状況の確認や操作を可能にする。図4に間取りコントローラの表示例を示す。

(4) 一括設定

外出時や就寝時など、生活のシーンに合わせて行われる複数の機器操作を、1回の操作で実現する。図5に一括設定の設定例を示す。あらかじめHEMSに搭載されている設定のほか、ユーザーごとにカスタマイズが可能であり、より生活に合わせた簡単操作を設定することが可能である。

2.2 システム構成

三菱HEMSのシステム構成を図6に示す。このシステムは、次の5つの要素で構成され、業界最多^(注3)のHEMS対応7製品、最大16台接続が可能である。

(1) 情報収集ユニット

(2) HEMS対応家電機器7製品

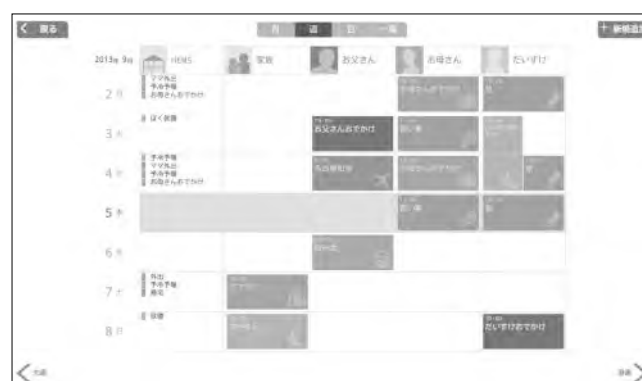


図3. ファミリーカレンダーの表示例



図4. 間取りコントローラの表示例

ルームエアコン、エコキュート、IHクッキングヒーター、冷蔵庫、換気システム、ヒートポンプ式温水暖房システム、液晶テレビ

- (3) 太陽光発電システム（パワーコンディショナを含む）
- (4) エネルギー計測ユニット
- (5) ユーザーインタフェースデバイス（タブレット端末）

（注3） 2013年8月26日現在、当社調べ

就寝	キッチン	エアコン IHクッキングヒーター	運転OFF 運転OFF
	ダイニング	エアコン テレビ	運転OFF 運転OFF
	リビング	エアコン 床暖房 テレビ	運転OFF 運転OFF 運転OFF
	寝室	エアコン テレビ	運転ON 運転OFF
	エコキュート(お風呂)		ふろ自動OFF
起床	ダイニング	エアコン	運転ON
	リビング	エアコン	運転ON
外出	キッチン	エアコン IHクッキングヒーター	運転OFF 運転OFF
	ダイニング	エアコン	運転OFF
	リビング	エアコン 床暖房 テレビ	運転OFF 運転OFF 運転OFF
	寝室	エアコン テレビ	運転OFF 運転OFF
帰宅	リビング	エアコン	運転ON

図5. 一括設定例

2.2.1 情報収集ユニットの役割

三菱HEMSのサービスを実現するに当たり、中心的な役割を果たす情報収集ユニットを図7に示す。

情報収集ユニットは、大きく次の役割を果たす(図8)。

- (1) 情報収集ユニットは各HEMS機器と無線LANで通信を行い、HEMS機器が計測しているエネルギーデータの収集を行う。また、タブレット端末からの各HEMS機器に対する電源ON/OFFなどの制御も情報収集ユニット経由の無線通信で行う。なおHEMS機器との通信プロトコルは、国内ホームネットワークで標準的に使われるECHONET Lite^(注4)を利用する。
- (2) 情報収集ユニットは各HEMS機器から収集したエネルギーデータ、節電目標、及びファミリーカレンダーの設定データを保持する。

（注4） ECHONET Liteは、エコネットコンソーシアム⁽⁴⁾の登録商標である。

2.2.2 情報収集ユニットの要件と課題

これから情報収集ユニットは、次の機能要件を満たす必要がある。

- (1) HEMS機器、タブレット端末と無線で通信を行うための無線LANアクセスポイント機能
- (2) IPルーティング機能を利用し、HEMS機器、タブレット端末とエネルギー情報の送受をするためのブロードバンドルーター機能
- (3) HEMS機器からの情報を収集し、制御を行うための

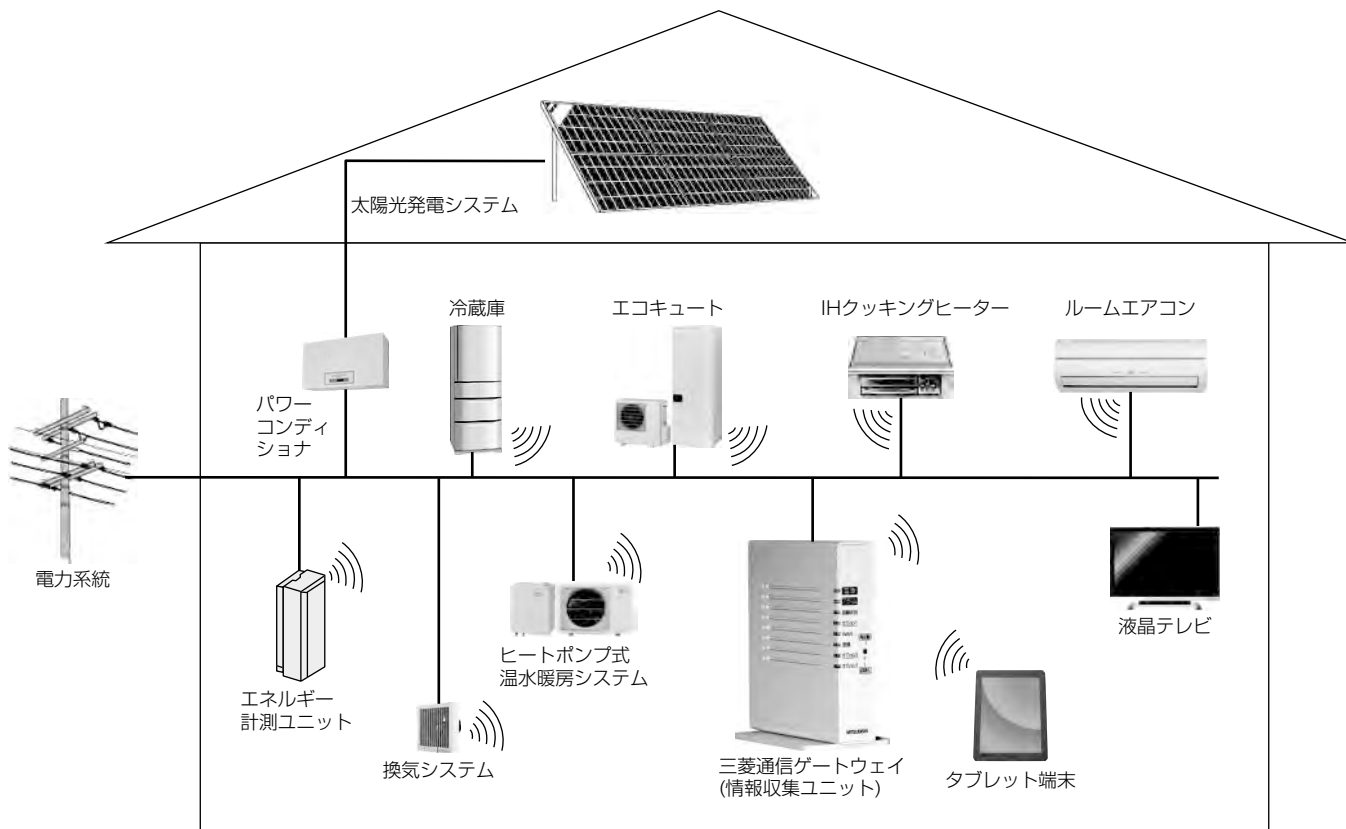


図6. 三菱HEMSのシステム構成



図7. 情報収集ユニット

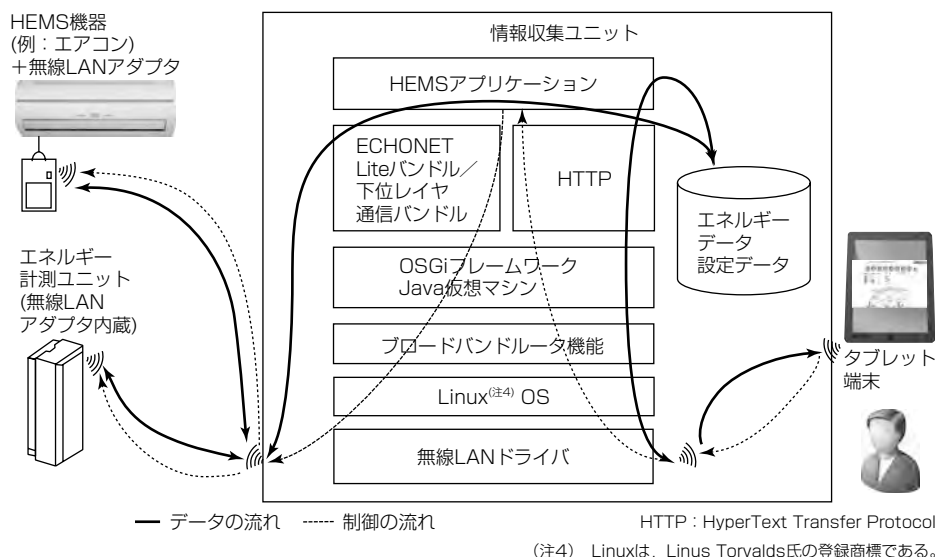


図8. 情報収集ユニットの役割

ECHONET Lite通信機能

また、HEMS機器種別の増加や節電アプリケーションの拡張への対応、及びユーザー宅にシステムを設置する際の作業内容・時間削減のために、情報収集ユニットには次の課題解決が要求される。

- (1) アプリケーションなどの機能拡張の容易性確保
- (2) 設置作業時間短縮・効率化機構の実現

3. 三菱通信ゲートウェイ

三菱通信ゲートウェイは2章で述べた情報収集ユニットの要件を満たし、三菱HEMSで要求される課題解決の機構を提供する。この章では情報収集ユニットに適用した三菱通信ゲートウェイの機能と、各機能で考慮した機能拡張・設置作業時間短縮・効率化のための仕組みを述べる。

3.1 無線LANアクセスポイント機能

三菱通信ゲートウェイは、IEEE802.11b/g/n互換モードの無線LANアクセスポイント機能をサポートする。またWPS(Wi-Fi Protected Setup)に対応し、HEMS機器との無線LAN接続をボタン一つで簡単に設定可能である。またWPSの状態を保守者に見える化する独自機構を実装した。この機能によってシステム設置の時間短縮の課題を解決した。表1に無線LANアクセスポイント機能に関わる基本仕様を示す。

また、設置作業の効率化の課題に対応するため、無指向の無線LANアンテナを基板にパターンアンテナとして、内蔵した(図9)。HEMSシステムで、内蔵アンテナは外部アンテナに比べて、次のメリットがある。

- (1) アンテナの向きが設置時に固定されるため、設置後の人為ミスによる設置再調整を排除できる。
- (2) 設置時の調整要素を少なく

することで、設置時間の短縮が可能である。

3.2 ブロードバンドルーター機能

三菱通信ゲートウェイは、三菱HEMSで求められるブロードバンドルーター機能を持つ。対応している代表プロトコルを図10に示す。例えば、次節で述べるECHONET Liteは、UDP (User Datagram Protocol)/IPv4(Internet Protocol Ver. 4) が必須となる。またDHCP (Dynamic Host Configuration Protocol)を利用することで、三菱通信ゲートウェイは、インターネットと接続するために設置されたホームゲートウェイからIPアドレスを自動取得でき、これによってシステムを設置する際の時間短縮・効率化課題に対応可能である。また情報収集ユニットは、Linuxで動作しており、汎用性が高く、今後図10に記載のないプロトコルも容易に導入可能である。

3.3 ECHONET Liteプラットフォーム

三菱HEMSは、接続するHEMS機器の追加や、節電ニーズの変化に伴いサービスの機能拡張が今後も求められる。三菱通信ゲートウェイはECHONET Lite通信機能を利用可能なプラットフォームを持っており、このプラットフォームを利用してHEMSアプリケーションの機能拡張を容易に行うことができる。

三菱通信ゲートウェイ上のECHONET Liteプラットフォームの構成を図11に示す。

次に、プラットフォームの構成要素について述べる。

3.3.1 OSGiフレームワーク

従来、サービスを機能拡張するには、そのサービスを提供するソフトウェアプログラムの更新が必須であり、その更新には機器の再起動が伴うことが一般的であった。機器の再起動は、一時的ではあるが、サービス全般の停止を意

味するため、サービス上許容できないケースがある。

この課題に対し、三菱通信ゲートウェイは、Java仮想マシン上にOSGiフレームワークを搭載することで、装置自体を再起動することなく、プログラム更新が可能な仕組みを実現した(図12)。

三菱通信ゲートウェイに搭載しているOSGiフレームワークは、OSGi Alliance⁽⁵⁾が規定する“OSGi Service Gate-

way Specification Release 4.2”に準拠した、当社とメルコ・パワー・システムズ(株)の共同開発物である。OSGiフレームワークを利用することで、装置自体を再起動することなく、サービスを提供するJavaアプリケーション(以下“バンドル”という。)を動的にインストール／アンインストールできる。このため、既存のサービスを止めることなく、新たなサービスを追加することができる。

3.3.2 下位レイヤ通信バンドル

三菱HEMSは、トランスポート層、ネットワーク層として、ECHONET Liteの下位層通信インタフェースの実装ガイドラインに従いTTC(Telecommunication Technology Committee) TR-1043で規定されたUDP／IPv4を採用した。データリンク層以下は、Ethernet^(注5)による有線通信、無線LANによる無線通信のいずれにも対応する。一方、三菱HEMSは将来的にZigBee^(注6)やWi-SUN^(注7)を採用

表1. 無線LAN基本仕様

項目	仕様
周波数帯	2.4GHz
データ転送速度	最大11Mbps(IEEE802.11b) 最大54Mbps(IEEE802.11g) 最大300Mbps(IEEE802.11n)
アンテナ数	内蔵 送信2本×受信2本
マルチSSID数	最大2
主要機能	MACアドレスフィルタリング SSIDステルス (ANY接続拒否)
無線LANカード	PCI-Express MiniCard本体内蔵

MAC : Media Access Control
SSID : Service Set Identifier
PCI : Peripheral Component Interconnect

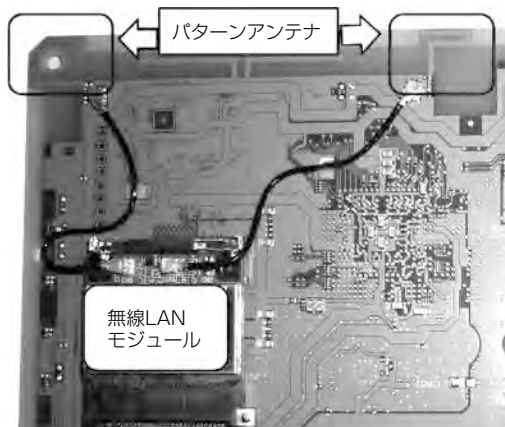


図9. 情報収集ユニット基板

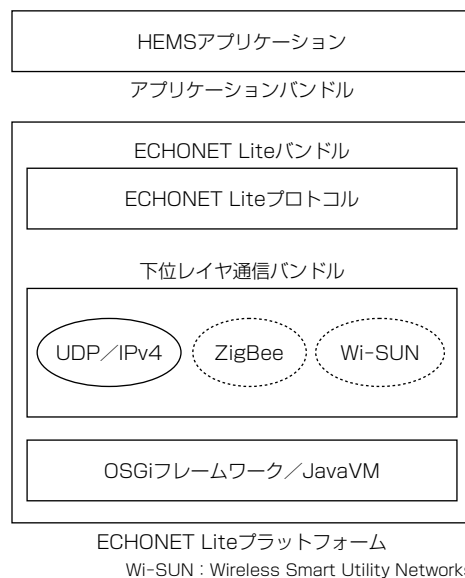


図11. ECHONET Liteプラットフォームの構成

アプリケーション層	アプリケーション層	FTP, TELNET, HTTP, DNS, DHCP, SNTP
プレゼンテーション層		
セッション層		
トランスポート層	トランスポート層	TCP, UDP
ネットワーク層	インターネット層	IPv4/v6, ICMP, IPSec
データリンク層	ネットワーク インタフェース層	MAC, Ethernet, WLAN
物理層		

OSI参照モデル TCP/IPモデル プロトコル名

FTP : File Transfer Protocol
TELNET : TEletype Network
DNS : Domain Name System
SNTP : Simple Network Time Protocol
TCP/IP : Transmission Control Protocol/Internet Protocol
ICMP : Internet Control Message Protocol
IPSec : Security Architecture for Internet Protocol
WLAN : Wireless Local Area Network
OSI : Open System Interconnection

図10. 情報収集ユニット対応プロトコル

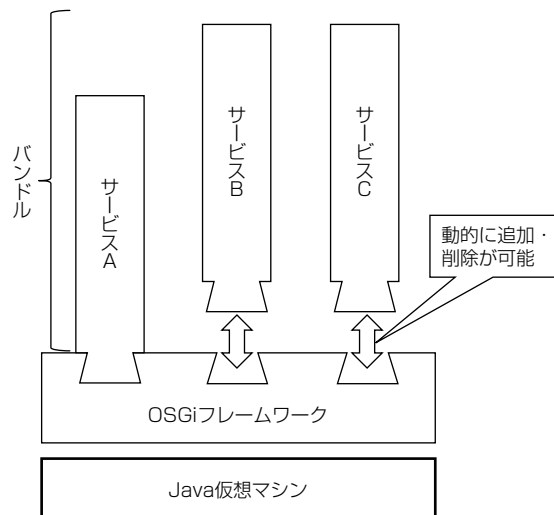


図12. OSGiフレームワーク

する可能性があり、このため、複数種類の下位層通信インタフェースをサポートできるよう、ECHONET Liteバンドルから、トランスポート層以下のプロトコル処理部を下位レイヤ通信バンドルとして分離した。使用するトランスポート層以下のプロトコルが増えた場合、そのプロトコルに対応した下位レイヤ通信バンドルを追加するだけで、ECHONET Liteバンドルには影響が及ばない実装となっている。この実装によって、ECHONET Liteバンドルを使用するアプリケーションも、下位の通信プロトコル非依存となり、用途によって、トランスポート層以下のプロトコルを容易に変更できる。

3.3.3 ECHONET Liteバンドル

ECHONET LiteバンドルがECHONET Lite通信ミドルウェアとして、HEMSアプリケーションにECHONET Lite通信用の各種API(Application Programming Interface)を提供する。この機構によって、HEMSアプリケーションはECHONET Liteプロトコルを意識せず、HEMS機器との通信が可能となる。

(注5) Ethernetは、富士ゼロックス(株)の登録商標である。

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

(注7) Wi-SUNは、Wi-SUN Allianceの登録商標である。

4. む す び

HEMSの導入によって、家電機器を連携させ、新たな付加価値を持つサービスをユーザーに提供することができるようになった。しかし、より便利で、より快適な暮らしが期待される中、三菱HEMSも更なる機能拡張が求められる。

このため、三菱通信ゲートウェイは、各種プロトコルの追加や新たなサービスを提供するアプリケーションの追加を容易に実現するためのプラットフォームを実現した。

また、三菱通信ゲートウェイは、USB(Universal Serial Bus)インタフェースによるハードウェア拡張性を持ち、USBハードディスクの接続によるデータ保存領域の追加や、USBドングルによる特定小電力無線への対応なども考えられる。

これら基本機能によって、三菱通信ゲートウェイはアプリケーションを変更することで、BEMS(Building Energy Management System)、FEMS(Factory Energy Management System)、MEMS(Mansion Energy Management System)への適用も可能である。今後も、三菱通信ゲートウェイの更なる機能充実を通じて、便利で快適で、かつ省エネルギーな暮らしの実現をサポートしていく。

参 考 文 献

- (1) 矢部正明, ほか:三菱HEMS, 三菱電機技報, **87**, No.9, 521~524 (2013)
- (2) 三菱HEMS
<http://www.mitsubishielectric.co.jp/home/hems/>
- (3) 鹿島和幸, ほか:サービス事業者向け通信ゲートウェイ, 三菱電機技報, **86**, No.10, 548~551 (2012)
- (4) エコーネットコンソーシアム
<http://www.echonet.gr.jp/>
- (5) OSGi Alliance
<http://www.osgi.org/>

電力自動検針向けGE-PON

大塚 博* 田辺基文**
 川上和俊* 水口 潤***
 緒方健滋*

GE-PON Systems for Automated Meter Reading

Hiroshi Otsuka, Kazutoshi Kawakami, Kenji Ogata, Motofumi Tanabe, Jun Mizuguchi

要 旨

光アクセスを用いたブロードバンドサービスは、インターネットアクセスの手段として一般ユーザーに広く普及し、国内の契約者数は、約2,463万世帯(2013年9月末時点)まで拡大している。一方で通信の高速・大容量化に伴い光ファイバの有効活用を目的とし、社会インフラサービスへの光アクセス技術の適用も進められている。

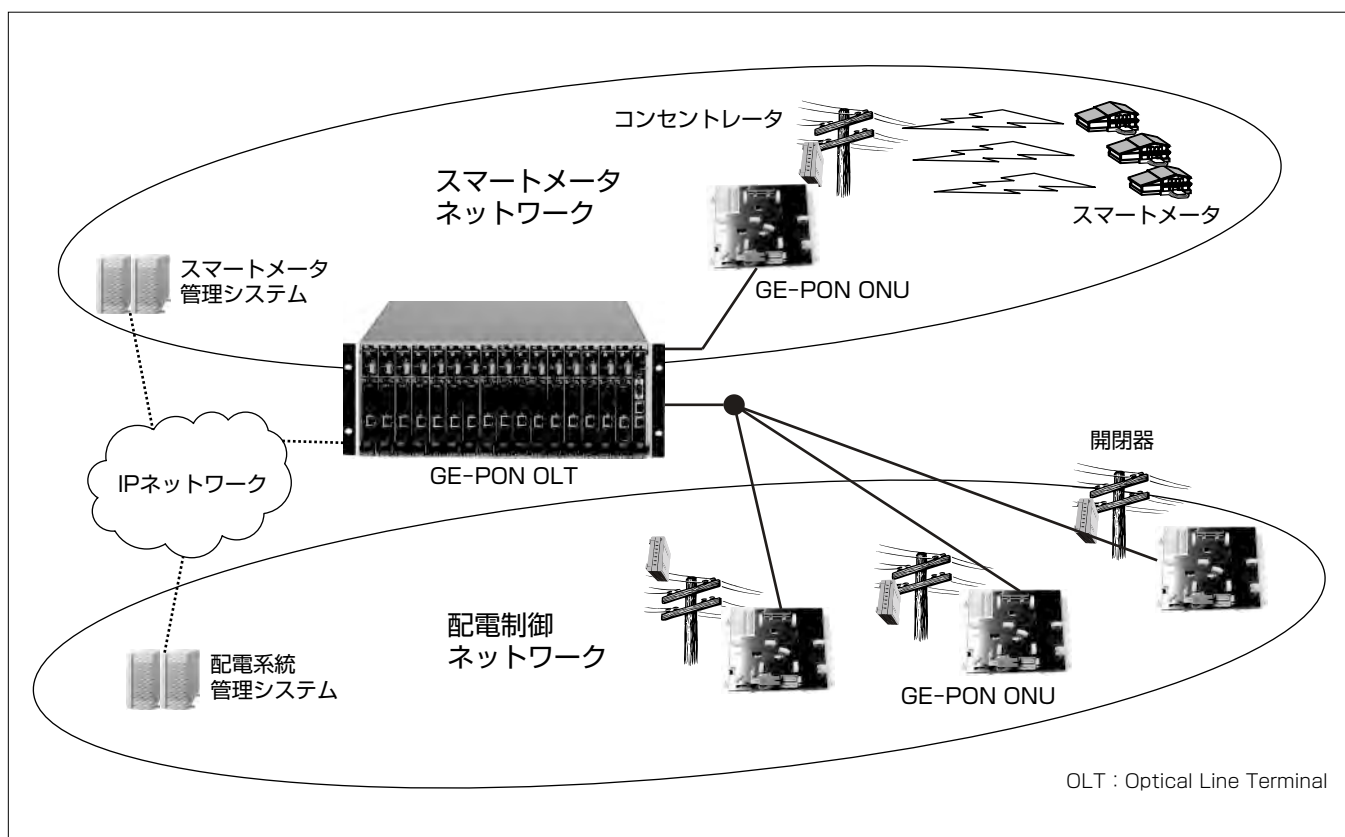
三菱電機は、2004年以降ユーザー収容効率の高いGE-PON(Gigabit Ethernet-Passive Optical Network)装置の製品化を行い、ブロードバンドサービスを提供してきた。

今回、同製品を基にONU(Optical Network Unit)の起動時間高速化や耐環境性向上を行うことで、電力自動検針などのスマートグリッド用情報通信ネットワーク(スマー

トメータネットワーク/配電制御ネットワーク)に適用した。

ONUの起動時間高速化は、ONU初期化処理時間とPONリンク処理時間の短縮を行うことによって、また耐環境性向上は、金属筐体(きょうたい)と放熱シートの適用による放熱対策によって実現した。

当社は、今後もこれまでの開発で培った光アクセス技術や当社が持つ多様な通信技術を活用し、GE-PON装置の高機能化を推し進める。またブロードバンドサービスやスマートグリッド用途への展開だけでなく、無線基地局エントランスや鉄道事業者向けシステム等の社会インフラサービスへの適用拡大を進めることによって“スマートで安心な社会”の実現に貢献していく。



GE-PON装置を適用したスマートグリッド用情報通信ネットワーク

GE-PON装置を適用したスマートグリッド用情報通信ネットワークの構成を示す。ここではスマートグリッド用情報通信ネットワークのうち、需要家の電力使用量情報を収集するスマートメータネットワークと開閉器の制御を行うための配電制御ネットワークを示す。

1. ま え が き

光アクセスを用いたブロードバンドサービスは、インターネットアクセスの手段として一般ユーザーに広く普及し、国内の契約者数は、約2,463万世帯(平成2013年9月末時点)まで拡大している⁽¹⁾。一方で通信の高速・大容量化に伴い光ファイバの有効活用を目的とし、社会インフラサービスへの光アクセス技術の適用も進められている。

当社は、2004年以降ユーザー収容効率の高いGE-PON装置の製品化を行い、超高速ブロードバンドサービスを提供してきた。また、一般ユーザー向けの実績を基にし、VLAN(Virtual Local Area Network)機能のカスタマイズなどの装置改良による機能向上を図り、社会インフラサービス分野への展開を行ってきた。

本稿では、社会インフラサービス分野の中でも電力自動検針などのスマートグリッド用途に適用するためのONUの起動時間高速化や耐環境性向上の技術について述べる。

2. 技術開発の背景

2.1 日本におけるスマートグリッドの導入

地球温暖化や電力需給の逼迫(ひっばく)等を背景に、ICT(Information and Communication Technology)を活用して電力系統の最適制御によって効率的なエネルギー利用を図る電力網としてのスマートグリッドへの関心が高まっている。

日本では、2010年6月に策定されたエネルギー基本計画⁽²⁾で、電力の安定供給を維持しつつ、社会的コストが最小となるような需給管理を可能とする必要があることから、“2020年代の可能な限り早い時期に、原則全ての電源や需要家と双方向通信が可能な世界最先端の次世代型送配電

ネットワークの構築を目指す”方針が示された。

このような背景のもと、電気事業者では自動検針及び配電自動化に向けた環境整備が進められ、スマートグリッド用情報通信ネットワーク(自動検針のためのスマートメータネットワーク、配電自動化のための配電制御ネットワーク)を早期に構築することが必要となっている。中でもスマートメータについては、東日本大震災以降の電力危機を契機に、電力消費量の管理及び節電・省電力化に対する関心の高まりから、その早期導入・活用が期待されている。

図1にスマートグリッド用情報通信ネットワークの構成を示す。電気事業者は、今後10年間でほぼ全ての需要家へのスマートメータの導入を計画しており、さらに導入計画の前倒しが検討されている。スマートメータを活用するためには、導入に併せた早急な情報通信ネットワークの構築が必要となる。

2.2 情報通信ネットワークに求められる要件⁽³⁾⁽⁴⁾

日本では、電力系統の保護、電力設備の運転・監視・制御、電力設備の保全・管理や業務の高度化・効率化等を目的として情報通信技術が活用され、自動化が進展している。配電系統における電力用通信には、主に光ファイバ、メタル線、PLC(Power Line Communications)が利用されており、配電用開閉器の遠隔操作などを行う配電自動化システムや大口需要家の遠隔検針等に用いられている。今後、より高度な監視・制御等を実現するためには、光ファイバによる高速通信が主力になると考えられる。

また現状では、配電系統における光ファイバなどの電力用通信線は、配電用開閉器や大口需要家までしか敷設されていない状況にある。一般需要家までを対象とした自動検針システムを実現するためには、膨大な数の需要家と通信する必要があること、需要家からの電力使用量や発電状況

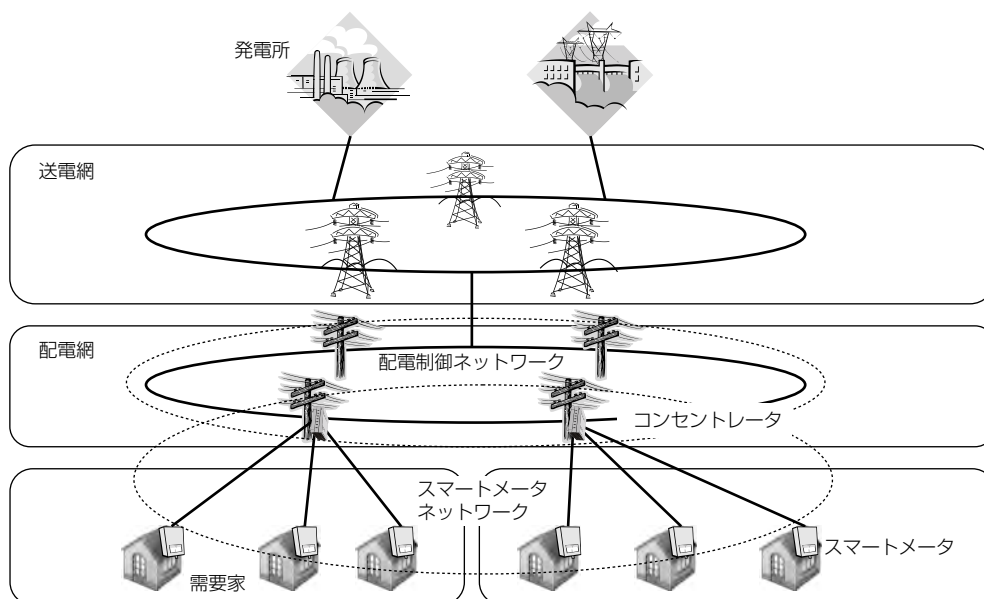


図1. スマートグリッド用情報通信ネットワークの構成

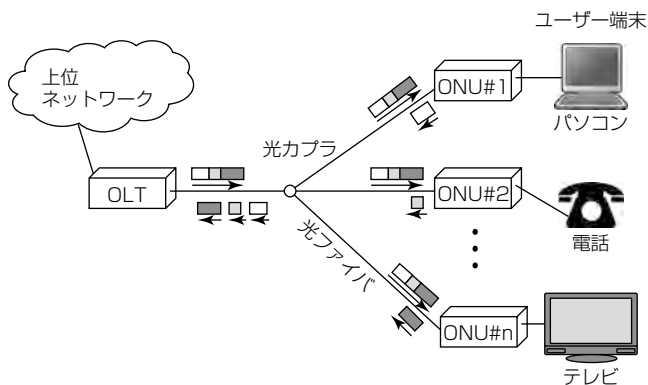


図2. GE-PONのシステム構成

等に関する情報量が大幅に増加する可能性があることから、大規模かつ高速な情報通信ネットワークが必要となる。

さらに、電力インフラは人々の生活に欠かすことのできない重要なライフラインであるため、安定かつ高い信頼性が求められる。

一方で、電気事業者では、情報通信ネットワークの整備や自動検針・配電自動化システムの構築等の投資に対する評価も求められることから、情報通信ネットワークの整備に当たっては導入設備のコスト最小化も図る必要がある。

GE-PONシステムは、FTTH(Fiber To The Home)で広く使われている通信方式であり、幹線となる光ファイバを共用するため、光ファイバによる高速な情報通信ネットワークの構築を低廉に実現可能なシステムである。

3. GE-PONシステムの特長

スマートグリッド用情報通信ネットワークを構成する方式の一つとしてGE-PONが用いられている。

GE-PONとは、光ファイバを用いLAN(Local Area Network)で使われてきたギガビットイーサネット技術で1 Gbpsの光アクセス通信を行う技術のことである。

GE-PONシステムは、上位ネットワーク側の局舎に設置されるOLTとユーザー端末側に設置されるONUで構成される。また低コストな受動素子である光カブラを用いて光信号を複数に分岐し、一芯の光ファイバを複数ユーザーで共有することで経済的なネットワークを実現している。図2にGE-PONのシステム構成を示す。

4. スマートグリッドに適用するための技術

4.1 当社GE-PON装置の特長

スマートグリッドに適用する当社GE-PONは、次の特長を持つ。またOLTとONUの主要諸元を表1、表2に示す。

- (1) 複雑なPON制御を行うため、従来は数分かかっていたONU起動時間を高速化し、数秒までに短縮。
- (2) ONUの屋外設置を目的とした耐環境性能の向上。

表1. GE-PON OLTの主要諸元

項目	内容
回線カード	
最大収容数	16枚/OLT
光回線数	1ポート/回線カード(最大16ポート/OLT)
光回線速度	1 Gbps
伝送距離	20km
ONU収容数	最大32台/回線カード
上位ネットワーク回線数	1ポート/回線カード(最大16ポート/OLT)
監視制御カード	
監視制御ポート数	1ポート/OLT
監視制御プロトコル	SNMP v1/TELNET/FTP

SNMP: Simple Network Management Protocol

TELNET: TELecommunications NETwork

FTP: File Transport Protocol

表2. GE-PON ONUの主要諸元

項目	内容
光回線数	1ポート/ONU
光回線速度	1 Gbps
伝送距離	20km
ユーザー回線数	2ポート/ONU

4.2 ONU起動時間高速化

スマートグリッド用情報通信ネットワークでは、停電後に短時間でシステム復旧を行う必要があり、ONU起動時間の高速化が求められる。ここでは、“ONU初期化処理時間”と“PONリンク処理時間”の短縮実現方法を示す。

4.2.1 ONU初期化処理時間の短縮

ONUに電源を投入してから、サービスを開始できるまでには、次の3つの初期化処理を実施する必要がある。

- (1) アプリケーション起動処理
- (2) リンク確立処理
- (3) ONU認証処理

従来方式では、図3に示すようにアプリケーション展開後に光シャットダウン解除を実施し、各処理をシリアルに行うため、ONU初期化処理完了までに時間がかかっていた。

ここでは、従来方式のONU初期化処理の中で時間がかかっている2つの処理の改善方法について述べる。

まず、1点目の改善は、アプリケーション起動処理とリンク確立処理の並列化である。図4に示すようにONU電源投入直後に光シャットダウンの解除を実施し、アプリケーション展開中に並行してリンク確立処理を実施することで全体の処理時間を短縮した。

2点目の改善は、ONU認証処理の短縮である。図5に示すようにOLTがサービス開始指示をONU送信するまでの時間はONUの接続台数に依存する。図3と図4の比較で分かるとおり、従来方式では、ONUのリンク確立処理完了後にOLTからのサービス開始指示を受信してからサービス開始設定を実施していたが、改善後はアプリケーション展開直後にONUが自立的にサービス開始設定を実施している。

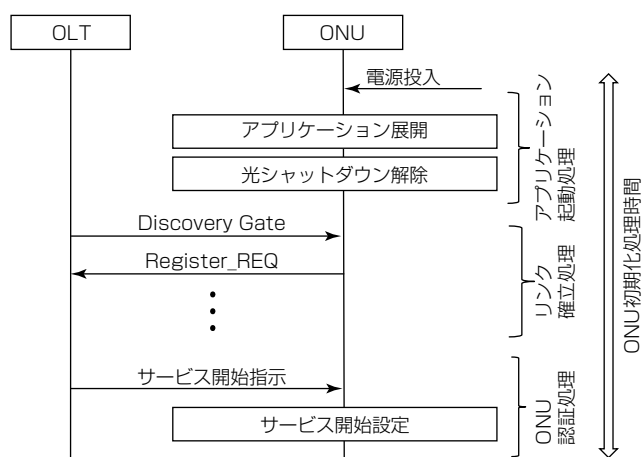


図 3. 従来のONU初期化処理

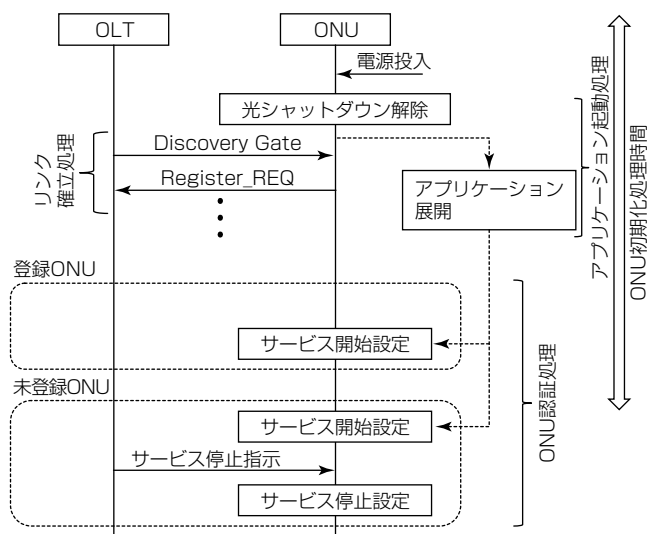


図 4. 改善後のONU初期化処理

この方式では、ONU電源投入後に自立的にサービス開始設定をするため、OLT側のデータベースに登録されていないONUについても、ONUからOLTへのデータが流れる可能性がある。この対策として登録されていないONUに対しては、ONUのリンク確立後にOLTからONUに対してサービス停止指示を送信し、サービスを停止させることで不必要なデータが流れないようにしている。

4.2.2 PONリンク処理時間の短縮

ONUの起動に時間がかかるもう一つの要因としてリンク確立処理中のPONリンク処理時間が挙げられる。PONリンク処理は主にMPCP (Multi-Point Control Protocol) ディスカバリ、暗号化、ONU認証で構成されており、これらの処理の簡易化やシーケンスの最適化を行うことによってONU起動時間を短縮した。

ここでは、MPCP ディスカバリ処理で時間がかかる原因となるONU登録要求の制御フレーム (Register_REQ フレーム) の衝突を回避し、かつ伝送帯域への影響を最小限とするために採用した技術について述べる。

ONUは、電源投入からOLTとの光ファイバ区間での通

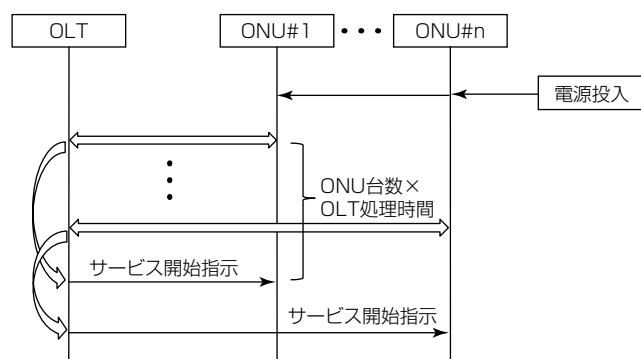


図 5. 複数ONUに対するONU認証処理

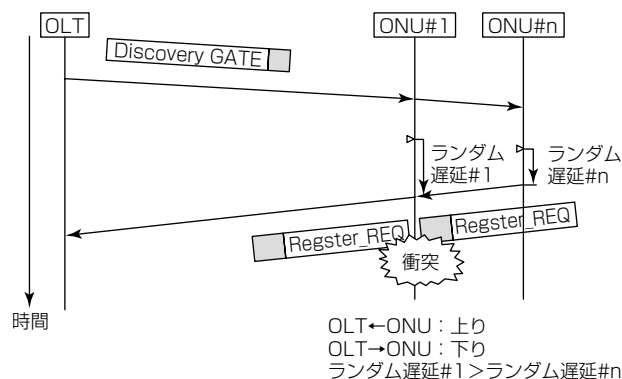


図 6. Register_REQフレームの衝突

信路確立 (リンク確立) 時に、図 6 に示すような IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) 標準 802.3ah に準拠した MPCP ディスカバリ処理を行う。OLTはこの処理過程で、光ファイバに接続されている各ONUの存在を検出するとともに、送受する MPCP フレーム内のタイムスタンプを用い、各ONUまでの往復遅延時間 (Round Trip Time : RTT) 測定も同時に実施する。

ONUではOLTからのDiscovery GATEフレームに対し、自MAC (Media Access Control) アドレスを通知する Register_REQ フレームを送信するが、複数のONUによる Register_REQ フレームの同時送信を回避するため、各ONUではランダムな送信タイミングとなるよう工夫をしている。しかし、同時起動するONU台数が多くなると図 6 に示すように各ONUからOLTへ通知する Register_REQ フレームの衝突頻度が高くなる。

この結果、OLTでRegister_REQフレームを受信できず、再送処理が実施されることによってリンク確立にかかる時間が長くなる。この対策としてディスカバリ用グラント長 (OLTがRegister_REQを受信できる期間を示すパラメータ) を長くし、ONUがランダムに応答できる期間を長くすると衝突確率は低くなるが、一方で上り通信帯域を圧迫する。

そこでONUのランダム遅延を乱数で生成するシミュレーションを実施し、OLTへ到着する上りフレームの未受信確率を抑え、上り通信帯域の圧迫を極力抑制できる最適なディスカバリ用グラント長を算出し適用した。具体的に

表 3. Register_REQフレーム衝突による未受信確率

ディスカバリ用グラント長(TQ)	未受信確率(%)
1,000	99.0
2,000	74.7
3,000	26.0
4,000	4.7
5,000	0.6

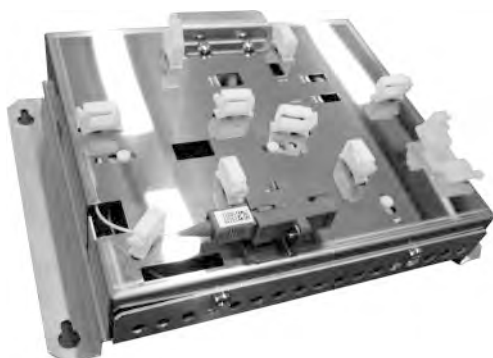


図 7. ONU

は、ディスカバリ用グラント長を5,000TQ (Time Quantum) とすることによって未受信確率が0.6%以下となる。これによって制御フレームの衝突による遅延を抑えることができ、ONU初期化処理時間の短縮が実現可能となる。

シミュレーション条件は、信号の衝突が発生しやすい条件を想定し、各ONUはOLTと等距離、かつONU32台が同時起動した場合としている。表 3 にシミュレーション結果を示す。

4.3 ONU耐環境性の向上

スマートグリッド用途では、ONUはスマートメータの情報を収集するためのコンセントレータや配電自動化制御を行う開閉器の近傍に置く必要があり柱上などの屋外環境に設置される。

このためONUは高温環境でも動作できることが求められる。特にONUのキーパーツである光送受信器は温度変化による影響を受けやすいデバイスであるため、その放熱対策が重要となる。

図 7 にONUを示す。樹脂筐体よりも熱伝導性と放熱性の高い金属筐体を採用し、光送受信器の熱を熱伝導性シートで金属筐体に放熱する構造としたことで光送受信器の表面温度を低減した。これによって光送受信器の部品動作保証温度を満足する構造を実現した。

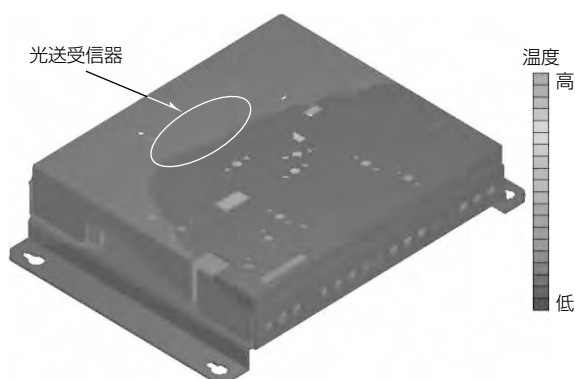


図 8. ONUの熱解析結果

図 8 に熱解析結果を示す。同結果によって、光送受信器の熱が金属筐体に放熱され表面温度が十分低減されていることを確認した。

5. む す び

電力自動検針などのスマートグリッドにGE-PON装置を適用するためのONUの起動時間高速化及び耐環境性向上の技術について述べた。

今後も、これまでの開発で培った光アクセス技術や当社が持つ多様な通信技術を活用し、GE-PON装置の高機能化を推し進める。またブロードバンドサービスやスマートグリッドへの展開だけでなく、無線基地局エントランスや鉄道事業者向けシステム等の社会インフラサービスへの適用拡大を進めることによって“スマートで安心な社会”の実現に貢献していく。

参 考 文 献

- (1) 総務省：電気通信サービスの契約及びシェアに関する四半期データの公表(平成25年度第2四半期(9月末))
http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01kiban04_02000069.html
- (2) 経済産業省：エネルギー基本計画(平成22年6月)
<http://www.meti.go.jp/committe/summary/0004657/energy.pdf>
- (3) 嶋田 博，ほか：スマートグリッドを支えるネットワーク技術，三菱電機技報，86，No.2，134～138 (2012)
- (4) 妻藤 憲，ほか：GE-PONシステムのサービス展開，三菱電機技報，87，No.5，266～270 (2013)

Android搭載IPTVセットトップボックス

岸下整明* 横里純一*
 早崎太郎*
 遠藤幸典**

Android-based IPTV Set Top Box

Nariaki Kishishita, Taro Hayasaki, Yukinori Endo, Junichi Yokosato

要 旨

国内のIPTV (Internet Protocol Television) は、次世代ネットワーク (NGN : Next Generation Network) などの高信頼なブロードバンド・ネットワーク上で、フルハイビジョン品質の放送コンテンツが安定視聴できる映像配信サービスとして発展してきた。

一方、スマートフォンによるインターネット利用の拡大を背景に、テレビのインターネット利用を促進する“スマート化”が期待されている。スマートテレビでは、インターネットの動画視聴や様々なアプリケーション (以下“アプリ”という。) の追加利用が可能になり、ユーザーにとっては使う楽しみが広がる。

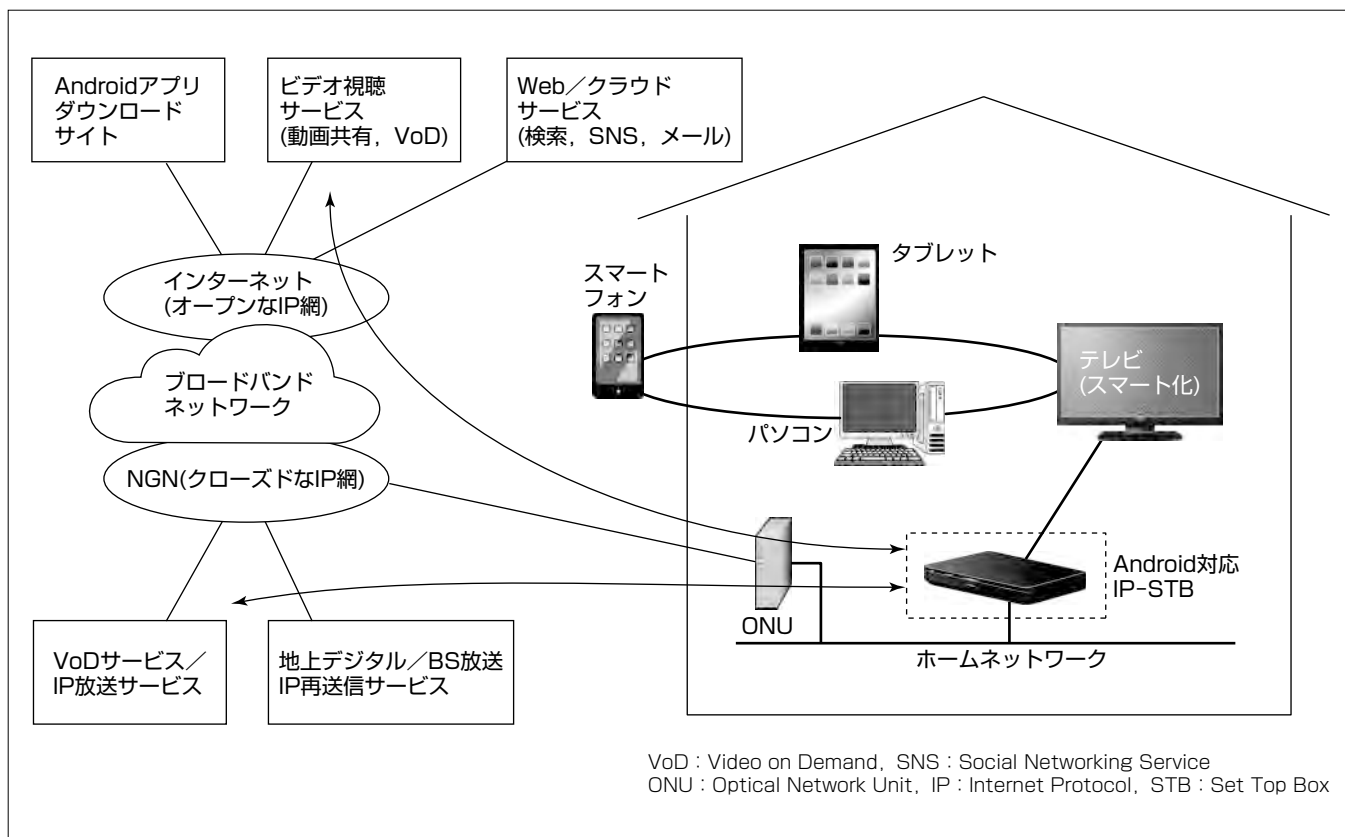
三菱電機はIPTVの黎明 (れいめい) 期から同サービス向けセットトップボックス (IP-STB) の開発に取り組んでき

た。今回、IP-STBのスマート化に対応するために、新たにAndroid^(注1)を搭載した第2世代のIP-STBを開発した。

開発に当たり、不正アクセスなどへのセキュリティ強化や、長期間安定動作のためのシステム高信頼化等が課題となった。セキュリティ強化についてはアプリ署名によるアクセス制限などを、システム高信頼化については万一Androidアプリに異常が発生した場合の再起動処理を実装することで課題を解決した。

当社は、今後も最新の通信・放送連携技術の進化に対応し、よりスマートで安心な社会の発展に貢献していく所存である。

(注1) Androidは、Google Inc. の登録商標である。



IPTVサービス向けセットトップボックスのスマート化

IPTVは、品質やセキュリティが管理されているクローズドなIP網を利用して、VoD、IP放送、及び地上デジタル、BS放送IP再送信を行う映像配信サービスとして発展してきた。今回、当社の第2世代のIPTVサービス向けSTBとして、スマートフォンに搭載されているAndroidを活用しスマート (テレビ) 化に対応した。これによって、ユーザーはアプリを自由に追加して楽しむ、またSTBの使いやすさや軽快さも大きく向上した。

1. ま え が き

国内のIPTVは、次世代ネットワーク(NGN)などの高信頼なブロードバンド・ネットワーク上で、フルハイビジョン品質の放送コンテンツが安定視聴できる映像配信サービスとして発展してきた⁽¹⁾。一方、スマートフォンによるインターネット利用の拡大を背景に、テレビのインターネット利用を促進する“スマート化”が期待されている⁽²⁾。この流れを受けて、当社は第2世代のIP-STBを開発した。このIP-STBでは、スマートフォンと同じAndroidを搭載することで、インターネットの動画視聴や様々なアプリの追加利用が可能になり、ユーザーにはIP-STBを使う楽しみが広がった。

本稿では、当社初のAndroid対応IP-STB開発における技術課題とその解決策について述べる。

2. IP-STBへの取組みと技術課題

2.1 映像配信サービスの分類

IP網を利用した映像配信サービスは、次の要因を背景に目覚ましく発展してきた⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾。

- (1) ブロードバンド通信インフラの普及
- (2) 映像圧縮(符号化)技術の進歩
- (3) CPUの高性能化

IPTVは映像配信サービスの一形態であり、特に品質やセキュリティが管理されているクローズドなIP網、例えばNGNのような通信事業者網をサービス基盤の前提とする。このため、オープンなIP網では困難な衛星放送の専門チャンネルや地上デジタル放送等の再配信を行う“IP放送”や“IP再送信”サービスを提供することが可能である(表1)。

一方、現在はYouTube^(注2)に代表されるユーザー投稿型の動画共有サービスや、Hulu^(注3)又はNHKオンデマンドに代表されるVoD型ビデオ視聴サービスを始め、多くのサービスが提供されている。また、携帯電話や公衆無線LANのブロードバンド無線通信エリアの拡大を背景として、スマートフォンやタブレットを用いて、いつでもどこからでもビデオ視聴が可能な環境も整ってきた。

(注2) YouTubeは、Google Inc.の登録商標である。

(注3) Huluは、Hulu, LCCの登録商標である。

2.2 IP-STBへの取組み

当社は、IPTVサービスの黎明期から国内／国際標準化活動に積極的に参画するとともに、国内でいち早くIPTV商用サービスを開始した株式会社NTTぷららの“ひかりTV^(注4)”向けIP-STBを開発してきた⁽⁶⁾⁽⁷⁾⁽⁸⁾⁽⁹⁾。

初期のIP-STB開発では、デジタル放送(受信機)に求められるサービス品質の同一性や限定受信、著作権保護等を、IP受信環境でも忠実に担保することが求められ、それらの機能を実現した。現在、当社の“ひかりTV”向けIP-STB

ではH.264/AVC(Advanced Video Coding)映像によるHDTV(High Definition Television)品質の放送コンテンツを安定して視聴できる⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾⁽¹²⁾⁽¹³⁾⁽¹⁴⁾⁽¹⁵⁾。

一方、これまでパソコンを使っていたインターネット利用がスマートフォンの登場とともに拡大した。次にテレビのインターネット利用によって、使う楽しみが広がる“スマート化”が期待されている。そこで、このスマート化に対応するために、当社では新たにスマートフォンと同じAndroidを搭載した第2世代のIP-STBを開発した。

(注4) ひかりTVは、株式会社NTTぷららの登録商標である。

2.3 Android搭載IP-STBの特長

新たに開発したAndroid搭載IP-STBを図1に、主要諸元を表2に示す。また次に特長を述べる。

2.3.1 複数の映像の同時処理

Android搭載IP-STBでは、H.264及びMPEG-2 VideoのデュアルHDデコーダを搭載する高性能メディアSoC(System on Chip)を採用し、ストリームバッファ用メモリとして1GBのDDR3 SDRAM(Double Data Rate3 Synchronous Dynamic Random Access Memory)を割り当てることで複数の映像を同時処理する性能を実現している。例えば、次の動作を同時に実行可能である(図2)。

- (1) 接続されているテレビで放送を視聴

IP-STBはブロードバンド・ネットワークから受信した映像を、HDMI(High Definition Multimedia Interface)^(注5)

表1. 映像配信サービスの分類

配信形態 網の種類	放送型 (番組編成型)	個別要求型	
		VoD型	ダウンロード型
クローズドなIP網	IP放送	ITU-T定義によるIPTVの範囲	
	IP再送信		
オープンなIP網	ライブ中継 視聴	動画共有、 VoD	ダウンロード 視聴
(サービス例)	(Ustream ^(注6))	(YouTube)	(Podcast)

ITU-T: International Telecommunication Union-Telecommunication standardization sector

(注6) Ustreamは、Ustream, Inc.の登録商標である。



図1. Android搭載IP-STB

などの映像ケーブルで接続されているテレビへ送信する。

(2) 録画用HDDに1番組録画

IP-STBはブロードバンドネットワークから受信した映像を、USB(Universal Serial Bus)ケーブルで接続されているHDD(Hard Disk Drive)に録画する。

(3) 別の部屋のテレビで放送を視聴

IP-STBはブロードバンドネットワークから受信した映像を、ホームネットワークに接続されているテレビへLAN経由で送信する。

(4) 録画した番組をスマートフォン、タブレットで視聴

IP-STBはUSBケーブルで接続されているHDDから受信した録画映像を、ホームネットワークに接続されているスマートフォン、タブレットへ送信する。

市場ではスマートフォンやタブレットが普及しており、これらの機器との連携に対するニーズが存在する。IP-STBはスマートフォンやタブレットとの連携を重視して

おり、放送されている番組や録画済みの番組を、ホームネットワークに接続されている機器に配信することができ。ユーザーは家庭内のこれらの機器でリアルタイムに放送を視聴したり、IP-STBで録画した番組をスマートフォンやタブレットに持ち出し、外出先で視聴したりすることが可能である。また、本体上面にはNFC(Near Field Communication)規格であるISO/IEC15693に準拠したNFCタグを搭載しており、スマートフォンやタブレット等の機器からタグを読み込むことで機器同士を紐(ひも)付け、機器間連携に必要な手順を簡略化することができる。

(注5) HDMIは、HDMI Licensing LLCの登録商標である。

2.3.2 快適に動作するユーザーインターフェースの実現

Android対応IP-STBの開発では高速で直感的なユーザーインターフェースの実現にも注力している。1.0GHzデュアルコアCPU、400MHzクアッドコアGPU、及びプログラムワーク用の1GBのDDR3 SDRAMの構成によって、ユーザーインターフェースの応答速度を向上させている。

さらにZigBee^(注7) RF4CE(Radio Frequency for Consumer Electronics)準拠の無線方式を採用することで⁽¹⁶⁾、IP-STBとリモコン間の通信速度を上げ、コマンド間の時間間隔を短縮、リモコンの反応性を向上させた。また2.4GHz帯使用のためIP-STBに向けてリモコンを操作する必要がなく、本体から10m離れていても操作可能としている。さらに、感圧式センサを搭載することで、方向キーを押す力に応じて番組表のカーソルが動く速度を変化させるなど、ユーザーの利便性向上を図った。

(注7) ZigBeeは、ZigBee Alliance, Inc. の登録商標である。

2.4 Android搭載IP-STB開発の技術課題

Androidはスマートフォンなどのモバイル端末向けオープンソフトウェアプラットフォームである⁽¹⁷⁾。このため、Androidをモバイル端末以外の機器に搭載するには次の課題がある。

表2. Android搭載IP-STBの主要諸元

項目	仕様
CPU	デュアルコア1.0GHz
GPU	クアッドコア400MHz
メモリ	2GB(DDR3-1600)
リモコン	無線方式(ZigBee RF4CE準拠)
LAN端子	10/100Base-TX(RJ-45)×1
映像出力端子	HDMI 1.4b×1 コンボジット出力×1
音声出力端子	ライン(L/R)出力×1 光デジタル(5.1ch)出力×1
録画用HDD接続端子	USB2.0×2
NFC	ISO/IEC15693準拠
電源	AC100V/50-60Hz ACアダプタ
消費電力	30W以下(USB機器への供給含む)
外形寸法	W250×D180×H40(mm)(突起含まず)
質量	820g

CPU: Central Processing Unit, GPU: Graphics Processing Unit,
ISO: International Organization for Standardization,
IEC: International Electrotechnical Commission

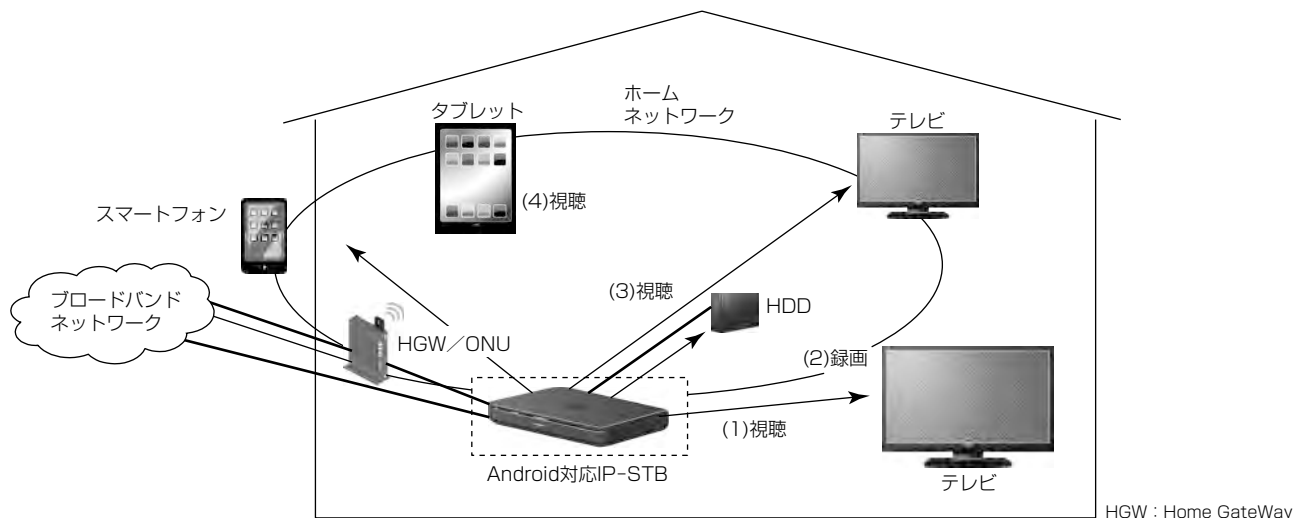


図2. IP-STBの同時動作

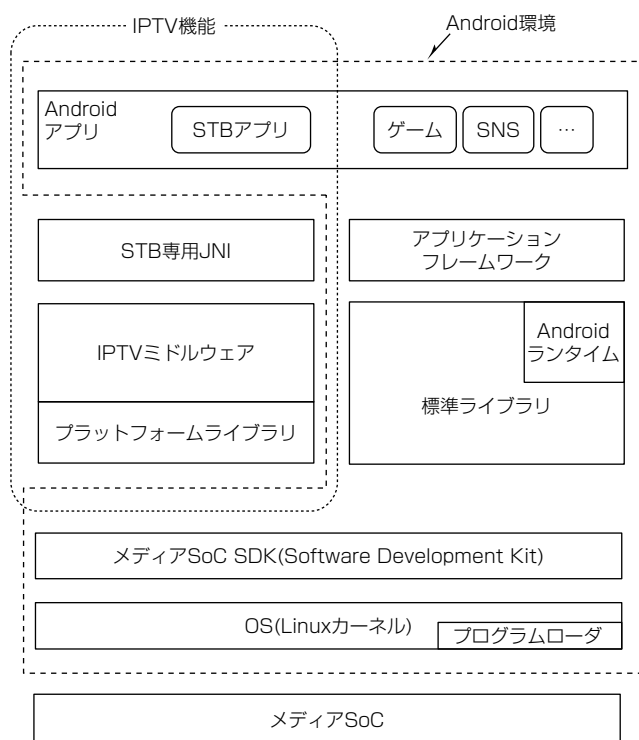


図3. 全体ソフトウェア構成

- (1) セキュリティ強化
- (2) システム高信頼化の対応
- (3) Android標準サポート外の機能実装（リモコン，IPv6（Internet Protocol version 6））
- (4) Androidの互換性確保

次章では，これらの解決策の詳細について述べる。

3. Android適用

3.1 ソフトウェア構成

図3にAndroid搭載IP-STBの全体ソフトウェア構成を示す。

IP-STBのソフトウェアは，Android環境に当社開発のIPTV機能を搭載するソフトウェア構成としている。

Android環境はOS (Linux^(注8) カーネル)，標準ライブラリ，Androidランタイム，アプリケーションフレームワーク，Androidアプリの5つのスタックで構成される。

OSはLinuxカーネルを採用し，標準ライブラリは，C/C++のネイティブコードで動作するOSの標準ライブラリによって構成される。Androidランタイムは，Java^(注9)の仮想マシンと，Javaの大部分の機能を提供するコアライブラリから構成されるAndroidアプリの実行環境である。また，JavaからC/C++のネイティブコードを呼び出すJNI (Java Native Interface)を提供する。アプリケーションフレームワークは，Androidアプリの起動から終了までのライフサイクルを管理する。また，UI (User Interface)の表示やユーザー操作等の状態変化を各アプリに伝える手

段を備える。Androidアプリは，Androidランタイム上で動作するJavaのアプリである。

このAndroid環境を，映像・音声処理機能を持つメディアSoCのSDK上にポーティングした。これによって，Android環境からメディアSoC機能を使用可能とした。

次に，このAndroid環境にIPTV機能を組み込む方法について述べる。

IPTV機能は，プラットフォームライブラリ，IPTVミドルウェア，STB専用JNI，STBアプリの4つのスタックで構成される。

プラットフォームライブラリは，IPTVミドルウェアとメディアSoC SDKの間に設けた抽象化レイヤである。SoCベンダーごとのAPI (Application Programming Interface) 差分を吸収し，プラットフォームライブラリの変更だけで他のSoCに対応可能としている。IPTVミドルウェアはIP放送視聴や録画等のIPTVサービスを制御するミドルウェアである。メディアSoCを使用してIPTVサービスにおける放送視聴や録画といったメディア制御系処理を行う。STB専用JNIは，STBアプリからIPTVミドルウェアを呼び出すためのインタフェースであり，JNIをIPTV機能用に独自に拡張している。STBアプリは，テレビ画面上でIPTVサービスを操作するためのUIをAndroidアプリとして実現している。高機能で操作性の高いUIを提供するとともに，ゲームなどのAndroidアプリと連携した付加価値の高いサービスを提供する。

(注8) Linuxは，Linus Torvalds氏の登録商標である。

(注9) Javaは，Oracle Corp. の登録商標である。

3.2 技術課題とその解決策

3.2.1 セキュリティ強化の対応

従来機種は，第三者作成のAndroidアプリをIP-STB上で動作させる機能は搭載していないため，セキュリティ問題のリスクは少なかった。しかし，今回のAndroid適用によって，第三者作成のAndroidアプリをIP-STB上で利用できるようになった。その結果，悪意あるAndroidアプリによる不正アクセスの脅威の対策が必要となった⁽¹⁸⁾。

このため，Android標準のセキュリティ機能を活用しつつ，不足する機能はプラットフォームライブラリに追加して，セキュリティを強化した。また，システムプログラム（この装置のアプリ以外のプログラム群）改ざんの脅威の対策も実施した（詳細は，3.3節を参照）。

3.2.2 システム高信頼化の対応

IP-STBは一般のテレビと同等の長時間安定動作が求められる。そこで，万一Androidアプリの処理に異常が発生し継続動作ができなくなった場合に，Androidアプリを再起動する仕組みをアプリケーションフレームワークに実装した。Androidアプリの再起動に伴い，IPTV機能も連動して再起動させることで，ユーザーの手を煩わすことなく

継続動作が行えるようにした。

また、電源の瞬断などによるファイル破壊が発生した場合を想定して、バックアップファイルを用いて素早くファイル復旧を行う機能をプラットフォームライブラリへ実装し、異常動作とならないようにした。

3.2.3 リモコン入力デバイスへの対応

IP-STBは一般のテレビと同様にリモコンによって操作を行う。Androidでリモコンを使用できるようにするために、リモコンキーをアプリケーションフレームワークのキーコードにマッピングした。Androidの標準キーコードにないテレビ機能特有のキーについてはキーコードを拡張することで対応した。

3.2.4 IPv6プロトコルの対応

IPv6のIPTVサービスにも対応するために、Android標準では非対応のIPv6機能を追加しIPv6／IPv4のデュアルスタックを実現した。

- (1) プラットフォームライブラリにDHCPv6(Dynamic Host Configuration Protocol version 6)クライアントを追加
- (2) 標準ライブラリの中に含まれるシステム設定情報にIPv6を追加
- (3) IPTVミドルウェアにDHCPv4とDHCPv6の同期動作の仕組みを追加

3.2.5 Androidの互換性確保

Androidはオープンなソフトウェアプラットフォームであることから、一般に流通しているAndroidアプリがIP-STB上でも互換性を持って動作することが期待される。

IP-STB向けにポーティングを行ったAndroid環境が、Android本来の機能を損なわれていないかを確認する目的で、CTS(Compatibility Test Suite)による検証を実施した。CTSはGoogle社が認定評価用に提供するテストスイートである。約17,000項目から成り、Androidアプリが使用する主要な公開APIを自動実行しチェックする。CTSを実施することで、このSTBに搭載したAndroidの互換性を確保した。

3.3 セキュリティの脅威と対策

表3に、セキュリティの脅威と対策を示す。

3.3.1 IPTV機能の不正利用への対策

AndroidアプリからのIPTV機能の不正利用を防止するためには、信頼できる(提供元が明白)AndroidアプリだけにIPTVミドルウェア機能の利用を許可するアクセス制限が必要である。

表3. セキュリティの脅威と対策

脅威		対策
不正アクセス	IPTV機能の不正利用	アプリ署名によるアクセス制限
	不正なroot権限の取得	不正にroot権限を取得したプロセスの強制終了
システムプログラムの改ざん		モジュールに付与された署名を起動時に確認

このアクセス制限を、Androidが提供する標準のセキュリティ機能(アプリ署名、パーミッション定義)を用いて実現した。具体的には、STB専用JNIと同一のアプリ署名が付与されたAndroidアプリだけにSTB専用JNIの使用を許可する対策を実施した。これによって、Androidの標準セキュリティ機構を適切に使用し、Androidアプリからの不正利用を防止する。

3.3.2 不正なroot権限取得への対策

悪意あるAndroidアプリがシステムのセキュリティ・ホールを不正利用しroot権限を取得すると、システム内の全てのファイルにアクセス可能となる。その結果、この装置が持つ重要な情報の改ざんや抜き取りが行われるおそれがある。

この問題への対策として、起動中のプロセスを監視プロセスによって監視し、不正にroot権限を取得したプロセスを検出した場合は、当該プロセスを強制終了する機能を、IPTVミドルウェアに実装した。また、監視プロセス自体は不正に終了された場合も自律的に再起動することで監視機能の強靱(きょうじん)性を確保する。

3.3.3 システムプログラム改ざんへの対策

システムプログラムが改ざんされると、装置内の重要情報の不正な取り出しなどの脅威が発生する。

このため、システムプログラムがどのような方法で改ざんされたとしても、改ざんを検出する機能をLinuxカーネルをロードするプログラムローダに実装した。具体的には、プログラムローダは、プログラム起動時に、そのプログラムの正当性を署名で確認する。もし、署名が確認できない場合は、そのプログラムの起動を抑止し、バックアップされているプログラムを起動する。これによって、システムプログラムが改ざんされた場合でも、装置内の重要情報の不正な取り出しなどの脅威を防止できる。

また、署名チェックは、タスクの起動が集中する初期処理で高頻度に発生するため、起動時間増加が懸念された。このため、初期処理を最適化し、起動時間7%増で完了する高速化を実現した。

4. む す び

当社IP-STBの第2世代機となる、Android搭載IP-STBについて述べた。新たにAndroidを搭載することでIP-STBの“スマート化”を図り、安定品質での放送視聴サービスに加え、インターネットを使った動画視聴やアプリの自由な追加が可能になり、ユーザーはIP-STBを使う楽しみが広がる。

当社は、今後も最新の通信・放送連携技術の進化に対応し、よりスマートで安心な社会の発展に貢献していく所存である。

参考文献

- (1) 総務省：平成25年版情報通信白書（2013）
<http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h25/pdf/>
- (2) 総務省：放送サービスの高度化に関する検討会検討結果取りまとめ（2013）
http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01ryutsu12_02000044.html
- (3) 本間祐次：IPTV 通信・放送融合サービスの大本命，ニューメディア（2007）
- (4) 高木利弘：スマートTVと動画ビジネス，インプレスジャパン（2012）
- (5) 角川歴彦：グーグル，アップルに負けない著作権法，KADOKAWA（2013）
- (6) 中瀬卓也，ほか：通信放送連携サービス用端末，三菱電機技報，**82**，No.2，163～166（2008）
- (7) 赤津慎二，ほか：IPTV技術，三菱電機技報，**82**，No.12，755～758（2008）
- (8) 牧野豊司，ほか：ホームICTへの取り組み，三菱電機技報，**84**，No.8，449～452（2010）
- (9) ひかりTV
<http://www.hikaritv.net/>
- (10) 大久保 榮，ほか：H.264/AVC教科書，インプレスR&D（2008）
- (11) 亀山 渉，ほか：IPTV時代のデジタル放送教科書，インプレスR&D（2010）
- (12) IPTVフォーラム
<http://www.iptvforum.jp/>
- (13) ITU-T IPTV Global Standards Initiative
<http://www.itu.int/ITU-T/gsi/iptv/>
- (14) 特集 IPTVの最新技術動向，NTT技術ジャーナル，**18**，No.8（2006）
- (15) 東野 豪，ほか：ITU-T IPTV GSIにおけるIPTV国際標準化，NTT技術ジャーナル，**22**，No.3，59～62（2010）
- (16) ZigBee Alliance
<http://www.zigbee.org/>
- (17) Android Developers
<http://developer.android.com/>
- (18) 日経エレクトロニクス／日経コミュニケーション編：Androidセキュリティ・バイブル 2013，日経BP社（2012）

~~~~~

# 次世代ホームゲートウェイ向け 2.4GHz／5 GHzデュアルバンド無線LAN技術

中原敏光\* 柳 崇\*\*  
吉原幸輝\*  
内田 繁\*\*

2.4GHz/5GHz Dual Band Wi-Fi Technologies for Next Generation Home Gateway

Toshimitsu Nakahara, Yukiteru Yoshihara, Shigeru Uchida, Takashi Yanagi

## 要 旨

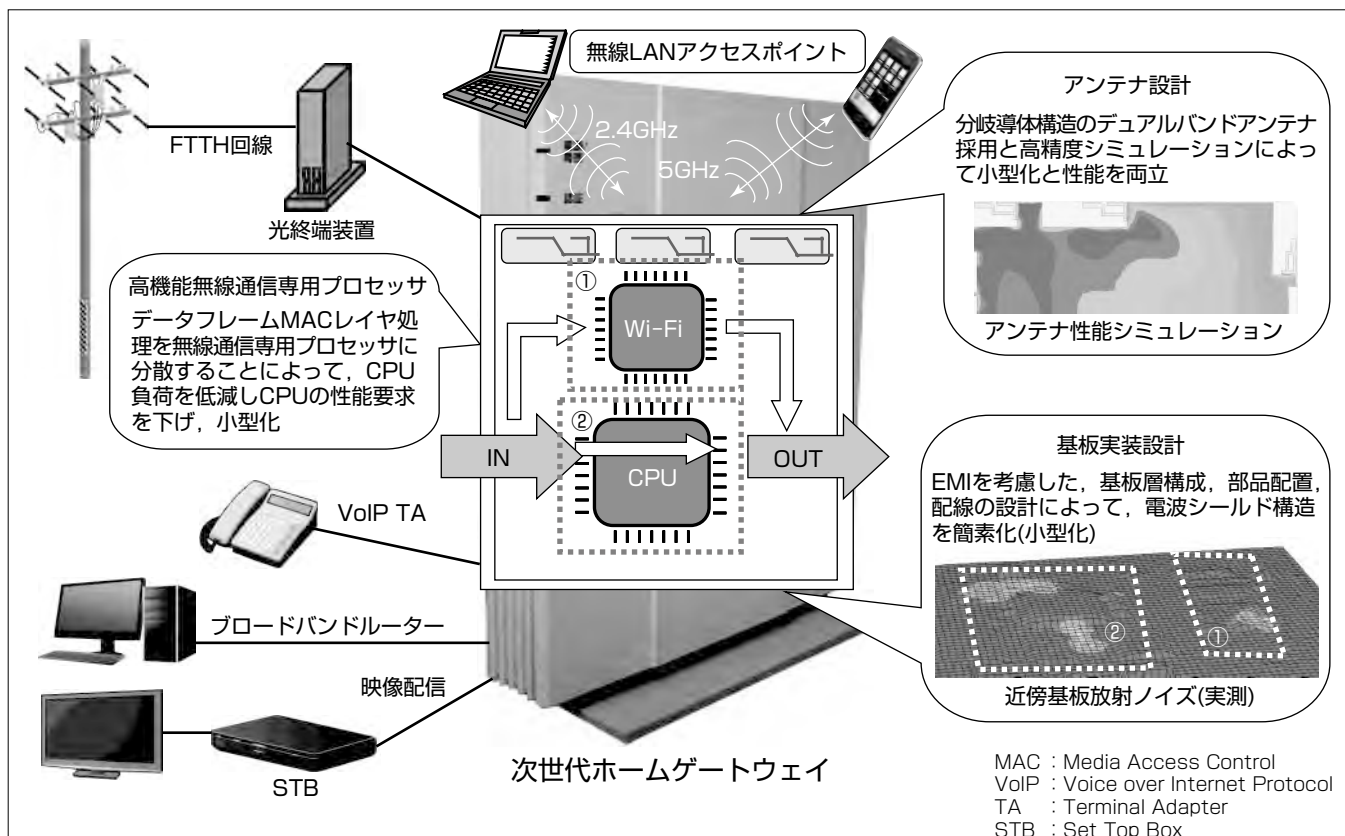
ホームゲートウェイは、パソコンやアナログ電話、スマートフォン等の無線LAN端末を収容し、FTTH(Fiber To The Home)回線を介しインターネットアクセスや電話サービスを提供するための宅内通信装置である。宅内の通信手段として大きく発展した無線LANは、高速伝送を実現するIEEE 802.11ac(以下“11ac”という。)規格<sup>(1)</sup>が2014年1月に承認され、同時期に三菱電機は11acをサポートするホームゲートウェイの販売を開始した。この製品の無線LANの特長は次の2点である。

- (1) 高速伝送：11ac準拠、3×3MIMO(Multi Input Multi Output)によって物理層で1,300Mbpsをサポート
- (2) 2.4GHz／5 GHz両帯域同時通信機能の具備

さらに、次の3つの技術によって性能確保と小型化を両立させ、140×165(mm)の基板面積にホームゲートウェイ全機能を実装した。

- (1) 基板実装技術：高密度実装を行うとともに、EMI(Electro Magnetic Interference)を抑制することによってシールド構造を簡素化する。
- (2) アンテナ実装技術：2.4GHz／5 GHz両帯域を共有化したマルチアンテナを基板配線型でオンボード実装し、実装面積最適化とアンテナ性能を確保する。
- (3) CPU負荷低減技術：高速無線通信時のCPU負荷分散を図ることによって、伝送性能を確保した上で放熱構造を簡素化する。

ホームゲートウェイは、スマートハウスで家電製品を統合制御する中核機器として、またクラウドと家電製品を接続する機器として発展するものであり、今回実現した高速無線は家電製品との通信基盤技術として適用され、“スマートで安心な社会”に大きく貢献するものである。



## 次世代ホームゲートウェイに実装した無線LANの機能と特長

ホームゲートウェイは光通信を使ったインターネット、電話サービスを提供するための宅内通信装置である。今回製品化したホームゲートウェイは、無線LANの機能が拡張され2.4GHzと5GHz(11ac)の同時通信機能を実装した。さらに、ハードウェア要素技術(アンテナ設計、基板実装設計)、及び高機能無線通信専用プロセッサの採用によってホームゲートウェイの小型化を同時に達成した。

## 1. ま え が き

当社は、ドラフト仕様段階から11acをサポートするゲートウェイの開発に着手し、11acと2.4GHz／5GHz同時通信の両方をサポートするホームゲートウェイを、2014年1月に製品化した。無線LANの回路は、開発効率化のためにモジュールを採用する場合があるが、当社は小型化の市場要求に対応するために無線回路とアンテナのオンボード実装に取り組んだ。小型化取組みの要点は次の3点である。

### (1) 基板実装技術

高密度実装と無線回路のEMI性能を考慮した基板実装技術によるシールド構造の簡素化。

### (2) アンテナ実装技術

2.4GHz／5GHz共有マルチアンテナ採用、基板配線を使ったオンボード実装によるアンテナ実装面積の圧縮。

### (3) CPU負荷低減技術

CPU負荷分散による高速無線通信時の伝送性能とホームゲートウェイ機能のソフトウェア処理の両立、さらに電力消費部位の分散による放熱構造の簡素化。

本稿では、今回実装した無線LANの仕様と、これら3件の装置小型化に取り組んだ実装技術について述べる。

## 2. ホームゲートウェイの無線LAN仕様

### 2.1 IEEE 802.11acの仕様

今回新たにサポートした11acの無線に関連する主な仕様を表1に示す。代表例として、帯域80MHz、GI (Guard Interval) = 400nsec, SISO (Single Input Single Output) 時の仕様を掲載する。変調方式256-QAM (Quadrature Amplitude Modulation) によって、433.3Mbpsの高速伝送がサポートされる。参考までに、帯域(チャンネル)160Mbpsがサポートされる場合は、理論上866.7Mbpsであり、さらにMIMOによってストリーム数分の伝送高速化が実現可能である。

表1. 11acの無線仕様(@80MHzチャンネル)

| MCS | 変調方式    | コーディングレート | 伝送レート (Mbps) | EVM (dB) | 受信感度 (dBm) |
|-----|---------|-----------|--------------|----------|------------|
| 0   | BPSK    | 1/2       | 32.5         | -5       | -76        |
| 1   | QPSK    | 1/2       | 65.0         | -10      | -73        |
| 2   | QPSK    | 3/4       | 97.5         | -13      | -71        |
| 3   | 16-QAM  | 1/2       | 130.0        | -16      | -68        |
| 4   | 16-QAM  | 3/4       | 195.0        | -19      | -64        |
| 5   | 64-QAM  | 2/3       | 260.0        | -22      | -60        |
| 6   | 64-QAM  | 3/4       | 292.5        | -25      | -59        |
| 7   | 64-QAM  | 5/6       | 325.0        | -27      | -58        |
| 8   | 256-QAM | 3/4       | 390.0        | -30      | -53        |
| 9   | 256-QAM | 5/6       | 433.3        | -32      | -51        |

MCS : Modulation Coding Scheme  
 EVM : Error Vector Magnitude (送信変調精度)  
 BPSK : Binary Phase Shift Keying  
 QPSK : Quadrature Phase Shift Keying

### 2.2 ホームゲートウェイの無線LAN仕様

次世代ホームゲートウェイの無線LAN仕様概要を表2に示す。レガシー仕様と呼ばれる普及済みのIEEE 802.11b/g/a<sup>(2)</sup>にも対応し、市場機器との互換性を確保した。暗号化方式はWi-Fiアライアンスのセキュリティロードマップに準拠した機能をサポートする。アンテナはオンボード回路用に2.4GHz／5GHz共有小型マルチアンテナを3本、モジュール内部に2.4GHz帯アンテナを2本実装する。図1のチャンネル構成によって、5GHz帯はW52(5.2GHz：36～48ch)、W53(5.3GHz：52～64ch)、W56(5.6GHz：100～140ch)の3帯域をカバーするため500MHzの広帯域アンテナ設計が必要になる。

次にデュアルバンドと同時通信の仕様について述べる。

図2は無線LAN部のブロック図を示し、図に示す通り、①～③の無線LAN回路を持つ。図の①②は3×3MIMOをサポートしたデュアルバンド対応の無線LANチップをオ

表2. ホームゲートウェイの無線LAN仕様

| 項目           | 仕様                                                                                                                                                                            |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 準拠規格         | IEEE 802.11ac/a/b/g/n                                                                                                                                                         |
| 周波数帯域／チャンネル  | 図1参照<br>2.4GHz帯と5GHz帯の同時通信機能具備                                                                                                                                                |
| 最大伝送速度 (理論値) | (1) 1,300Mbps (11ac：3×3MIMO)<br>(2) 450Mbps (11n：3×3MIMO)<br>(3) 54Mbps (11a, 11g)<br>(4) 11Mbps (11b)<br>ただし、同時通信時は1,300Mbps (11ac：3×3MIMO) と 300Mbps (11n：2×2MIMO) の組合せとなる。 |
| セキュリティ       | (1) 暗号化<br>① WPA2-PSK (AES)<br>② WPA2/WPA-PSK (TKIP/AES)<br>③ WEP (64bit/128bit)<br>(2) SSIDステルス (ANY接続拒否)<br>(3) MACアドレス制限機能                                                 |
| アンテナ         | (1) 2.4GHz／5GHz共有小型マルチアンテナ：3本<br>(2) 2.4GHzアンテナ：2本                                                                                                                            |

WPA : Wi-Fi Protected Access  
 PSK : Pre-Shared Key  
 AES : Advanced Encryption Standard  
 TKIP : Temporal Key Integrity Protocol  
 SSID : Service Set Identifier

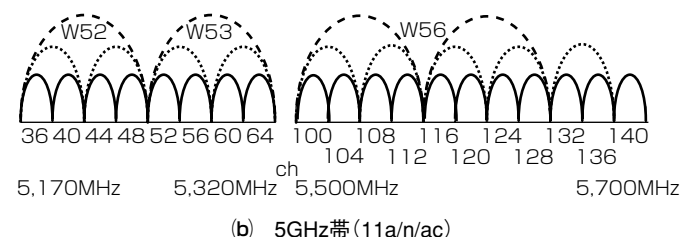
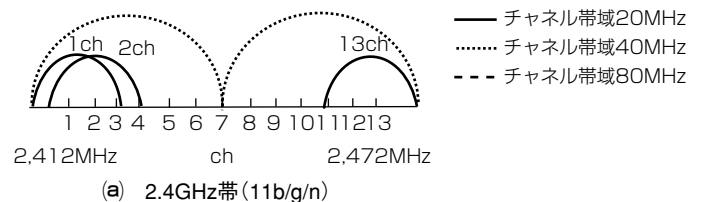


図1. 周波数とチャンネル

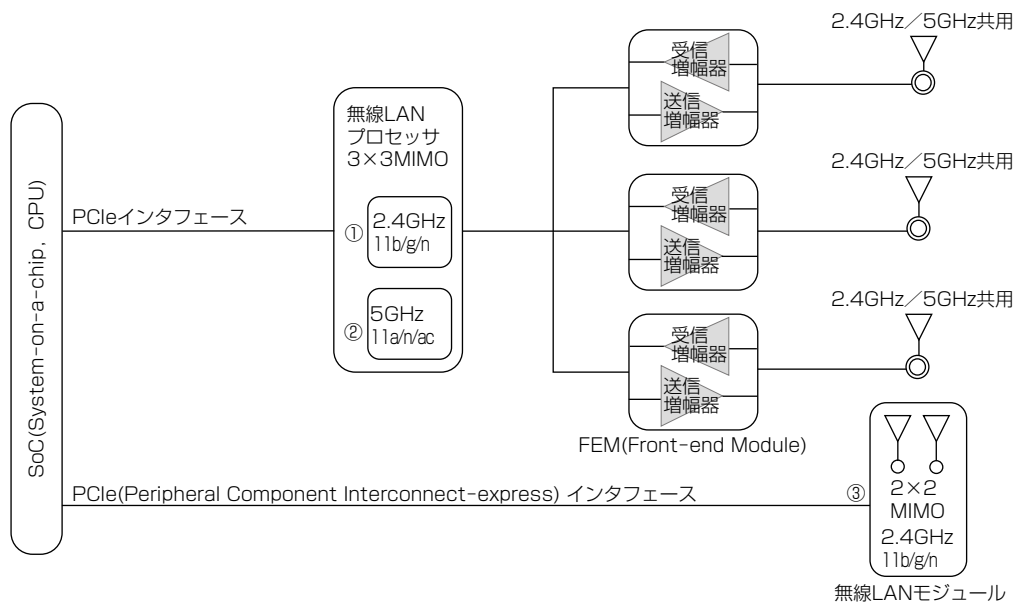


図2. 無線LAN部ブロック図

表3. 無線LANの同時動作仕様

|   | 使用形態                                         | 動作回路            |
|---|----------------------------------------------|-----------------|
| 1 | 2.4GHz 11n (3×3MIMO)                         | 2.4GHz単体／図2中の①  |
| 2 | 5 GHz 11ac (3×3MIMO)                         | 5 GHz単体／図2中の②   |
| 3 | 2.4GHz 11n (2×2MIMO)<br>5 GHz 11ac (3×3MIMO) | 2 バンド同時／図2中の②+③ |

ンボード化した回路であり、排他的にどちらか一方を選択して使用する。③は挿抜可能なカード型モジュールである。また表3に示すように図2の②と③を同時に制御して2バンド同時通信を行う。

### 3. ホームゲートウェイ無線LAN実装技術

#### 3.1 基板実装技術(無線回路のオンボード化)

##### 3.1.1 無線回路レイアウト設計(シールド構造の簡素化)

無線性能確保のために、無線回路は、受信感度劣化の原因となる周囲ノイズの影響を遮蔽する目的で、金属製のシールドを採用する場合がある。今回は、無線回路をシールドレスでオンボード化することを目標として、次の2点に取り組んだ。

##### (1) 基板からの放射ノイズ抑制

今回使用したSoCは電源が7種類あり、かつ高速メモリ、USB(Universal Serial Bus)、PCIeの高速信号が接続されるため、部品配置と配線上の干渉を回避する配線設計の実現が課題であった。この課題に対して、構想設計段階に主要部品配置及び主要配線経路の基本フロアプランを検討し、次の①～③の方針で詳細設計に着手した。

- ①デジタル／電源回路と無線回路のブロックを分離した上で部品配置を行い、回路間のアイソレーションを確保する。
- ②基板内の電源パターンと信号パターンをグラウンド層

で分離し、電源と高速信号との干渉を避ける。

- ③高速デジタル信号は表層で配線し、隣接リファレンスグラウンド層にノイズを帰還する配線ルートを確認する。

さらに、詳細設計段階では、スイッチング電源配線からのノイズ抑制や、外部装置接続用コネクタからのノイズ抑制等のノウハウで培ったEMI設計手法を配線設計に適用した。

##### (2) 放熱対策用金属部品の採用回避

基板のノイズ成分が、筐体(きょうたい)内の金属部品と共振して放射され、無線性能に影響を与える場合があるため、放熱対策用金属部品の採用回避が課題であった。この課題に対して、設計段階で熱解析を行い、基板及び筐体から効率的に放熱する発熱部品配置を求めることによって、放熱用金属部品採用を回避して、放熱特性と無線特性を確保した。なお、CPUの負荷分散によって、基板発熱を分散して抑制する設計も適用しており、仕組みについては後述する。

これらの取り組みによって、無線回路のシールドレス、オンボード実装を実現した。

##### 3.1.2 無線回路基板配線最適化(無線性能向上)

無線回路に小型の0603サイズ部品(0.6×0.3(mm))を採用した。これによって従来の1005サイズ部品(1.0×0.5(mm))との比較で、フットプリントの面積が0.33mm<sup>2</sup>から0.09mm<sup>2</sup>に縮小し、浮遊容量は従来部品の約1/3になり、無線性能への影響を低減した。

また、基板上に無線回路のマイクロストリップ線路を形成して無線信号を伝送するが、線路幅と部品のパッド幅の差が大きい場合は、線路上の部品実装部でインピーダンスが不連続になり、反射による損失が増える課題があった。



この課題に対し、0603部品を採用し、リファレンスグラウンドまでの層間距離を最適化することで、線路幅と部品のフットプリントの幅を一致させて反射を抑制した。例として、20mmの配線長にチップ部品を配置したモデルによる反射特性の解析結果を図3に示す。0603チップ部品の場合は、1005チップ部品に対し、5GHzで約-13dBから約-26dBと電力比で反射損失を約1/20に抑制できる。

これらの取り組みによって基板配線を最適化し、無線性能を確保した。

### 3.1.3 無線性能 測定結果

先に述べた基板レイアウトによる放射ノイズの抑制と基板配線の最適化に取り組んだ結果、受信性能を確保し、小型化と両立させた。受信感度はパケットエラー率10%時の受信電力で規定される。一例として図4に2.4GHz、11n、40MHz、MCS7(Modulation and Coding Scheme7)チャネルのエア接続時の受信感度特性を示す。規格-61dBmに対して-68dBmの測定結果を得た。

### 3.2 アンテナ実装技術(アンテナの小型化)

無線LANのアンテナに要求される性能は、①放射効率、②MIMO性能確保のためのアンテナ相関、③金属部品との干渉度合いの3つで規定される。特にアンテナの実装面積が限られているため、アンテナの小型化と性能の両立が課題となる。

これら課題の対策として、2.4GHz／5GHzを統合した

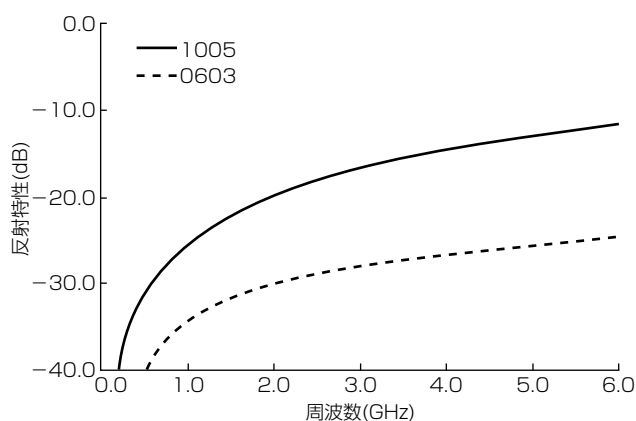


図3. 0603部品適用による反射損失抑制効果

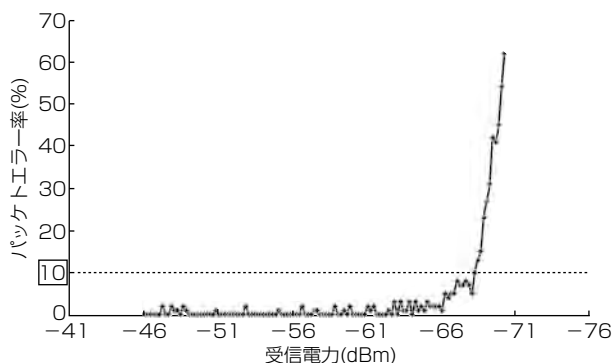


図4. エア接続2.4GHz、11n、40MHz、MCS7の受信感度特性

小型マルチアンテナを開発した。図5にアンテナの構造を示す。このアンテナは基板上の配線で構成するオンボードアンテナで、2.4GHz帯に対応する素子と5GHz帯に対応する素子の2つの分岐導体を持つ。2.4GHzと5GHzの相互共振を利用することによって、2.4GHz単体アンテナと同等のサイズでアンテナの広帯域化と小型化の両立を図った。

さらに、2.4GHz／5GHzそれぞれの放射効率を確保するために5GHz分岐導体を基板端に配置し、2.4GHz導体を5GHz導体と地導体の間に配置し、かつ先端を屈曲させる構造とした。

図6に内蔵アンテナのVSWR(Voltage Standing Wave Ratio)特性を示す。全てのアンテナで帯域内VSWR2以下を満足し、放射効率-1.4dB以上の良好な性能を確認した。

また、2つ目の性能要件であるアンテナ相関性能確保のためにはアンテナ間距離を大きくする方が有利である。ただし限られた実装エリアに複数のアンテナを実装するので小型化と性能の確保が課題である。そこで、シミュレーションによってアンテナ間隔、配置(向き)やアンテナ周辺のグラウンドの形状を最適化することでアンテナ間の結合を低減し、各アンテナ間の相関係数0.2以下の良好な性能を実現した。

無線LANモジュール(金属)の干渉対策に関しては、モジュール挿入部に拡張グラウンドを設けることによって、放射パターンへの影響を低減した。図7に放射パターンの一例を示す。無線LANモジュールの有無による放射パター

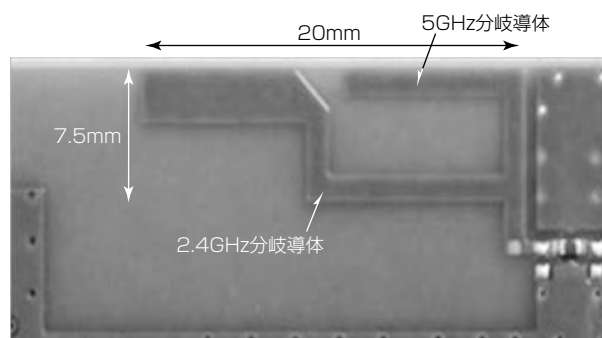


図5. 2.4GHz／5GHz共用小型マルチアンテナ

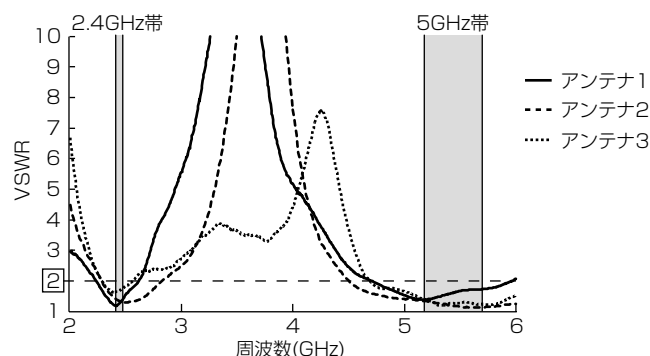


図6. 内蔵アンテナのVSWR特性

ンの変化が小さく、金属部品の干渉が少ないアンテナ性能を確保した。その結果、今回の取り組みによって1,300mm<sup>2</sup>の限られた実装エリアで性能と小型化の両立を達成した。

### 3.3 CPU負荷低減技術

現行ホームゲートウェイでは、無線LANデータフレーム送受信処理で、MAC処理の多くをホストCPU上で動作

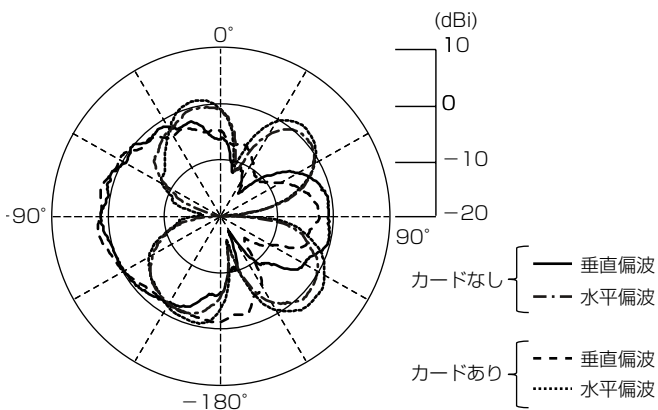


図7. 放射パターンの代表例

するホストドライバで実現している。今回開発した次世代ホームゲートウェイでは、2.2節で述べたように、最大伝送速度1,300Mbps(5GHz 11ac 3×3 MIMO) + 300Mbps(2.4GHz 11n 2×2 MIMO)を実現する必要がある、現行機の最大伝送速度300Mbps(2.4GHz 11n 2×2 MIMO)と比較して、5倍以上のソフトウェア処理性能が求められる。

そこで、次世代機では、CPU負荷の高い11acデータフレーム送受信MAC処理について、その大部分を無線LANプロセッサ上のファームウェアで処理するオフロードアーキテクチャを採用した(図8)。これによって、ホストドライバの処理負荷を大幅に軽減し、さらにCPU負荷分散によって、放熱部品の削減(3.1.1項の(2)参照)にも寄与した。

### 4. ホームゲートウェイの無線LAN性能評価結果

無線LANのスループット性能評価の構成を図9に示す。1,500bytesのUDP(User Datagram Protocol)パケットをデータ送信側の親機(下り時)、若しくは子機(上り時)に連続的に印加しスループットを計測する。この測定は、親機と

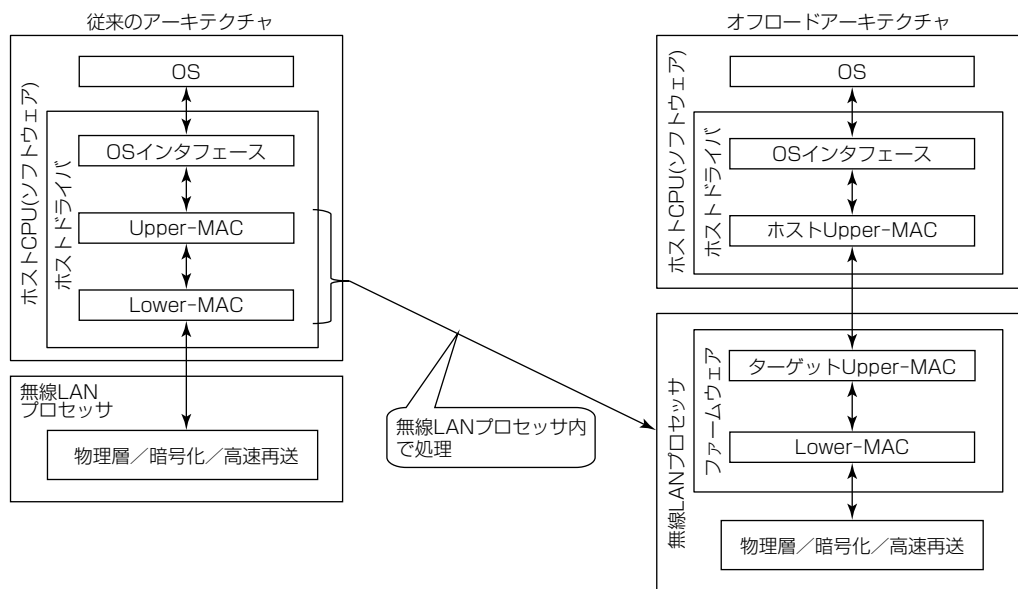


図8. 無線LANデータフレーム送受信処理アーキテクチャ

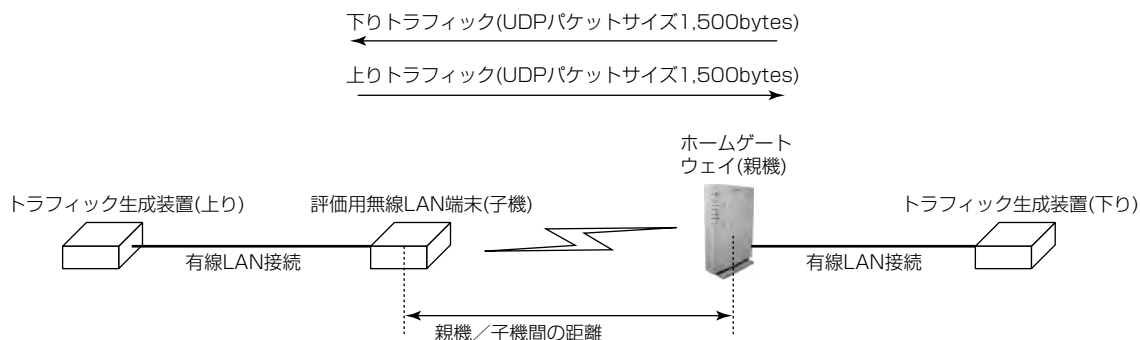


表4の測定は、親機/子機間を同軸ケーブルで接続する。表5の測定は、親機/子機間をエアで接続する。

図9. 無線LANスループット評価の構成

表 4. スループット評価結果(同軸接続)

| 測定条件                  | スループット  |
|-----------------------|---------|
| 5 GHz 11ac 3×3 MIMO下り | 980Mbps |
| 5 GHz 11ac 3×3 MIMO上り | 980Mbps |
| 2.4GHz 11n 3×3 MIMO下り | 350Mbps |
| 2.4GHz 11n 3×3 MIMO上り | 350Mbps |
| 2.4GHz 11n 2×2 MIMO下り | 250Mbps |
| 2.4GHz 11n 2×2 MIMO上り | 250Mbps |

表 5. スループット評価結果(エア接続11acの例)

| 親-子機間距離       | 測定条件 | スループット      |
|---------------|------|-------------|
| (1) 約 4 m見通し  | 下り   | 680~720Mbps |
|               | 上り   | 660~730Mbps |
| (2) 約 8 m見通し外 | 下り   | 380~420Mbps |
|               | 上り   | 380~390Mbps |
| (3) 約20m見通し外  | 下り   | 約70Mbps     |
|               | 上り   | 約70Mbps     |

子機の総合性能が評価数値として表現されるため、無線LAN端末(子機)は、親機と同等性能のものを評価用として使用した。

ホームゲートウェイ(親機)と無線LAN端末(子機)の同軸ケーブル接続時におけるスループット評価結果を表 4 に示す。同軸ケーブルで理想的に伝送した場合、5 GHz 11acの伝送は、有線LANのワイヤレート(1000BASE-T)相当の性能を確保した。また5 GHz、2.4GHzを同時に伝送した場合でも、CPU使用率が無線LAN以外のアプリケーションの処理に影響がないことを確認した。

次に、実際の木造住宅を使用して11acのスループット評価を実施した結果を表 5 に示す。測定条件は図 9 に示す通りであり、住宅内で親機と子機の距離をパラメータにして、

スループット性能を評価する。

表 5 中の(2)の評価結果から、IEEE 802.11acによる無線伝送では、一部屋程度離れた環境でも、表 4 のIEEE 802.11nの同軸接続スループット実測値を超える性能が得られることを確認した。また、親機-子機間が20m離れた環境でも、通信が可能であることを確認した。

## 5. む す び

次世代ホームゲートウェイに採用した無線LAN機能の構成と小型化のための要素技術について述べた。小型化に取り組んだ結果、シールドレス化と放熱構造の簡素化を達成し、140×165(mm)の基板面積にホームゲートウェイの全ての機能を実装できた。

今後はこのプラットフォームをベースに他装置への展開を計画しており、スマートで安全な社会を実現するため、この技術の宅内HEMS(Home Energy Management System)用のゲートウェイ、車両無線LANサービス向けアクセスポイント、ビル管理システムへの展開を検討中である。

## 参 考 文 献

- (1) IEEE Std 802.11ac-2013, Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications, Amendment 4: Enhancements for Very High Throughput for Operation in Bands below 6GHz (2013)
- (2) IEEE Std 802.11-2012, Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications (2012)

# ビジネスメディアコンバータの高機能化

今井 誠\*  
藤枝 亮\*  
吉田俊和\*\*

*New Functions for Media Converter System for Business Use*

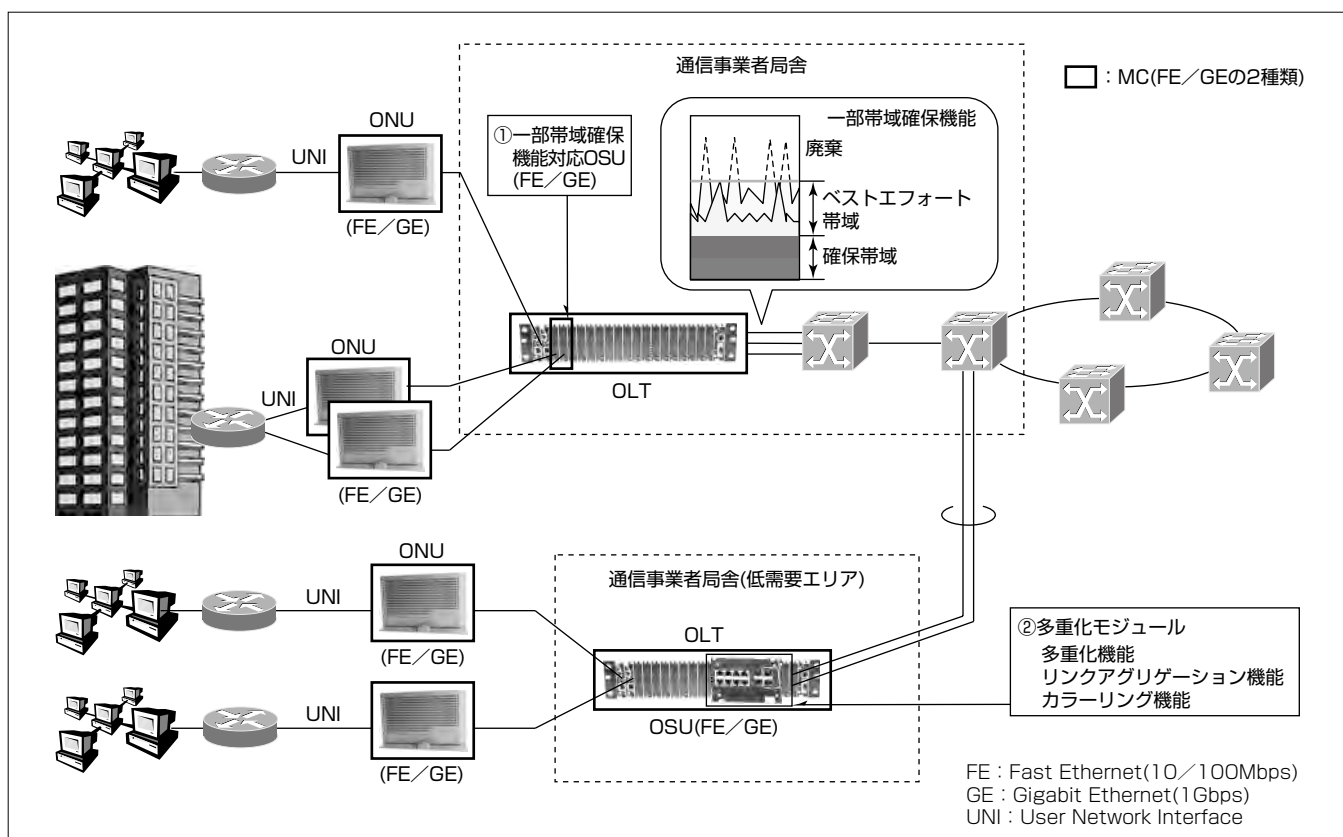
*Makoto Imai, Tasuku Fujieda, Toshikazu Yoshida*

## 要 旨

三菱電機は2007年からビジネスメディアコンバータ(MC)の出荷を開始し、広域イーサネットサービスの高速化、高信頼化、広帯域化に貢献してきた。

MCは、異なる伝送媒体(光ファイバーと銅線ケーブル等)の信号を相互に変換して接続する、ポイントトゥポイント型の光通信装置である。通信事業者の局舎に設置するOLT(Optical Line Terminal)とユーザー側に設置するONU(Optical Network Unit)の間を10/100Mbps、1 Gbpsの速度でデータ伝送を行うことができ、主に企業向けに用いられる広域イーサネットサービスやIP-VPN(Internet Protocol-Virtual Private Network)のアクセスネットワーク、基地局エントランスネットワーク等、高信頼性が求められるネットワークに広く適用されている。

今回、広域イーサネットサービスにおける、ネットワーク帯域の有効活用、サービス提供エリア拡張の要求を受け、①ユーザー端末から送信されたフレームを、フレーム内の識別子によって、帯域確保するフレームとネットワーク輻輳(ふくそう)状態では廃棄される可能性のあるフレームに分類し、ネットワーク帯域の有効利用を可能とする一部帯域確保機能対応OSU(Optical Subscriber Unit)、②低需要エリアに設備投資を抑えてサービス展開するため、複数のアクセスポートを集約する多重化機能、通信線路の耐障害性を高めるリンクアグリゲーション機能、及びフレームの優先度を付与するカラーリング機能を備えた多重化モジュールを開発した。



## ビジネスメディアコンバータを適用した通信ネットワークの構成

ビジネスメディアコンバータは、広域イーサネットサービス、IP-VPNネットワーク等のアクセスネットワークに適用する光通信装置であり、通信事業者の局舎に設置するOLTとユーザー側に設置するONUで構成する。今回開発した一部帯域確保機能対応OSUと多重化モジュールによって、ネットワーク帯域の有効活用、及び設備投資を抑えたサービス展開を実現することができる。

## 1. ま え が き

国内の広域イーサネットサービスの契約者数は、29.4万人(平成22年9月末時点)から40.1万人(平成25年9月末時点)に増加しており<sup>(1)</sup>、今後もICT(Information Communication Technology)の進歩に伴い、着実に需要が拡大していくことが期待されている。

ビジネスメディアコンバータ(MC)は、ポイントトゥポイント型の光通信装置であり、主に企業向け広域イーサネットサービスのアクセス装置として用いられている。

本稿では、MCの概要と、広域イーサネットサービスでの、ネットワーク帯域の有効活用、及びサービス提供エリア拡張の要求を受けて新たに開発した一部帯域確保機能対応OSU、及び多重化モジュールに適用した技術について述べる<sup>(2)</sup>。

## 2. ビジネスメディアコンバータ

MCは、通信事業者の局舎に設置するOLTとユーザー側に設置する端末装置であるONUで構成されている。OLTは収容効率を上げるため、ONUとのインターフェースであるOSUを最大20枚実装可能である。OSUとONUには、それぞれ10/100Mbpsタイプ、1 Gbpsタイプがあり、1台のOLTに10/100Mbpsタイプ、1 Gbpsタイプの混在を可能としている。OLTにはOSUの他に1枚の監視制御盤が実装されており、監視制御盤を監視制御網に接続することによって、SNMP(Simple Network Management Protocol)による障害監視、FTP(File Transfer Protocol)によるMCのソフトウェアの遠隔アップグレードを行うことができる。また、MCは、ITU-T Y.1731準拠のイーサネット<sup>(注1)</sup>OAM(Operations,Administration and Maintenance)機能を実装しており、各装置にIPアドレスを設定することなく、各装置の正常性確認、各装置間やエンド・エンドでの障害監視やループバック試験、フレームロス測定、遅延時間測定等の伝送品質測定を行うことができる。表1にMCの主要諸元を示す。また、OLTとONUを図1に示す。

企業内ネットワークでのMCの使用例を図2に示す。ユ

表1. MCの主要諸元

| 項目   | 仕様                                                                                                                                              |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 特長   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ OLT: 2U高で20枚のOSUを収容可能</li> <li>・ 10/100Mbpsタイプと1Gbpsタイプの混在収容が可能</li> <li>・ ONU: 小型筐体(きょうたい)</li> </ul> |
| 諸元   | サイズ                                                                                                                                             |
|      | OLT: 442(W)×403.4(D)×88.1(H) (mm)<br>ONU: 35(W)×169(D)×105(H) (mm)                                                                              |
|      | ポート                                                                                                                                             |
| 伝送距離 | OLT SNI側: 10/100BASE-TX, 1000BASE-SX/LX<br>ONU UNI側: 10/100BASE-TX, 1000BASE-SX/LX/T                                                            |
|      | OLT-ONU間: 20km<br>: 40km (長距離対応版)                                                                                                               |
| 主要機能 | イーサネットOAM, 障害監視, ループバック, 遠隔アップグレード                                                                                                              |

SNI: application Server Network Interface

ーザー企業が広域イーサネットサービスを通信事業者と契約することによって、ユーザー企業内にONUが設置される。ユーザー企業は、企業内のネットワークを集線する集線装置をONUに接続することによって、ONUの上位のOLT、スイッチ、中継装置を経由して通信事業者の持つ中継ネットワークを利用してユーザー企業の本社、支社間をつなぐ企業内ネットワークとして使用することができる。

(注1) イーサネットは、富士ゼロックス㈱の登録商標である。

## 3. 一部帯域確保機能対応OSU

### 3.1 一部帯域確保機能

ネットワーク帯域不足の解消と予防、また、ネットワーク帯域の有効活用のため、通常、ネットワークでは帯域制御が行われている。今回開発した一部帯域確保機能も帯域制御機能の一つである。

この機能は、ユーザーごとに設定された最低保証帯域(Committed Information Rate: CIR)と最大帯域(Peak



(a) OLT



(b) ONU

図1. OLTとONU

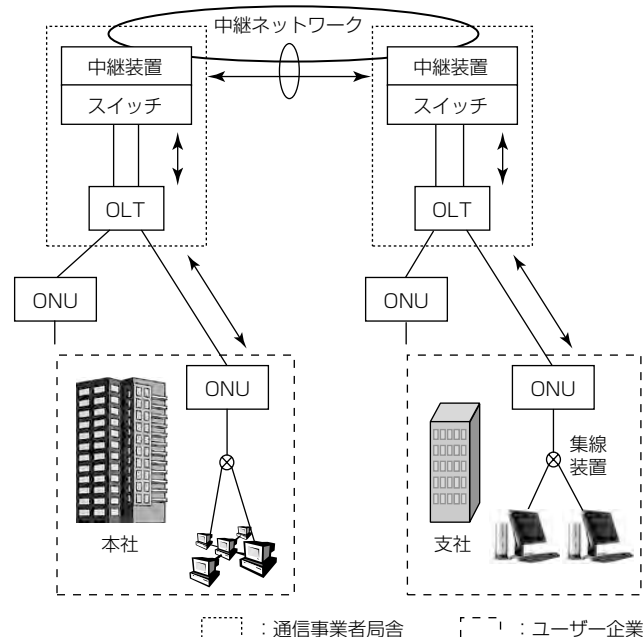


図2. MCの使用例



Information Rate : PIR)に基づき、ユーザー端末から送信されたフレームを帯域確保するフレームとネットワーク輻輳状態では廃棄される可能性があるフレームにOSUで分類し、OLTの上位装置であるスイッチ及び中継装置によって、中継ネットワークの帯域制御を行う方式としている。図3に一部帯域確保機能の概念図を示す。

従来、広域イーサネットサービスは、転送可能な最大帯域に応じた利用料金が設定されていることが多く、瞬間的に必要となる最大帯域で契約すると、利用料金が高額となる場合があった。

しかし、一部帯域確保機能は、契約帯域以下フレームに対する帯域確保と契約帯域を超えたフレームに対するベストエフォート転送が両立可能なため、ユーザーは、従来よりも割安な料金で広域イーサネットサービスを利用できる可能性が広がる。図4に従来の契約帯域と一部帯域確保機能における契約帯域の違いを示す。

### 3.2 主要諸元

一部帯域確保機能対応OSUの主要諸元を表2に示す。10/100 Mbps, 1 Gbpsの伝送速度に対応するため2種類のOSUを開発した。図5にOLTに実装した状態の一部帯域確保機能対応OSUを示す。

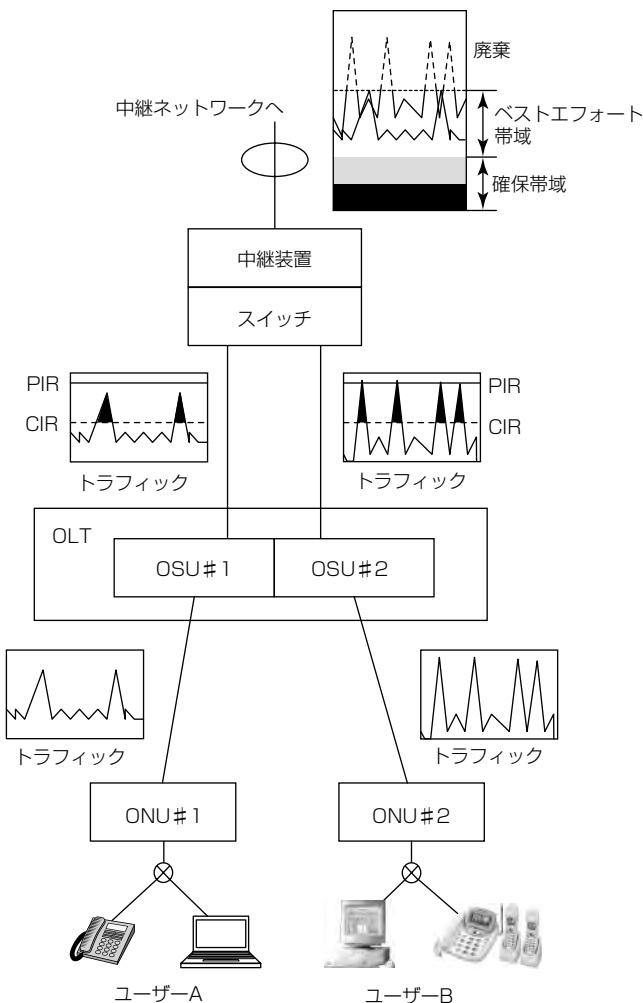


図3. 一部帯域確保機能の概念図

### 3.3 一部帯域確保機能対応OSU

一部帯域確保機能を実現するため、OSUは各ユーザー(ONU)から受信したフレームに対して、クラシファイ、帯域監視、カラーリング、プライオリティキューイングを行い、上位装置に送信する。図6にOSU内部での一部帯域確保機能の流れを示し、次に各処理の詳細を述べる。

#### (1) クラシファイ

IPヘッダのToS(Type of Service)値、VLAN(Virtual Local Area Network)タグのCoS(Class of Service)値、VID(VLAN Identifier)値等の識別子を参照して、転送するフレームのクラス分けを行う。

#### (2) 帯域監視

ユーザーごとに設定されたCIRとPIRに基づき、CIRを

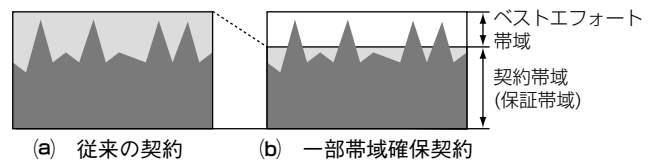


図4. 契約帯域の違い

表2. 一部帯域確保機能対応OSUの主要諸元

| 項目   | 仕様                                                                                                                                                                                                                    |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 諸元   | <div>サイズ</div> <div>2U高 1スロット幅(20(W)×220(D)×84(H)(mm))</div> <div>ポート</div> <div>OSU SNI側: 10/100BASE-TX, 1000BASE-SX/LX</div> <div>OSU ONU側: 100BASE-BX, 1000BASE-BX</div>                                           |
| 主要機能 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・カラーリング機能: 4クラス</li> <li>・特定アドレス優先機能: IPv4, IPv6</li> <li>・タグ付与/削除機能: C-Tag</li> <li>・フレームカウンタ機能: 64ビット</li> <li>・イーサネットOAM機能: ITU-T Y.1731</li> <li>・遠隔アップグレード: 対応</li> </ul> |

IPv4: Internet Protocol version 4

ITU-T: International Telecommunication Union - Telecommunication standardization sector

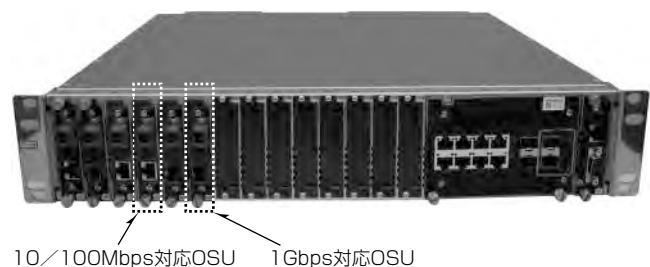


図5. 一部帯域確保機能対応OSU

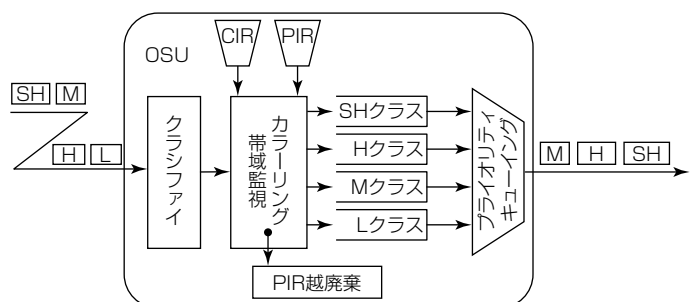


図6. 一部帯域確保機能の流れ

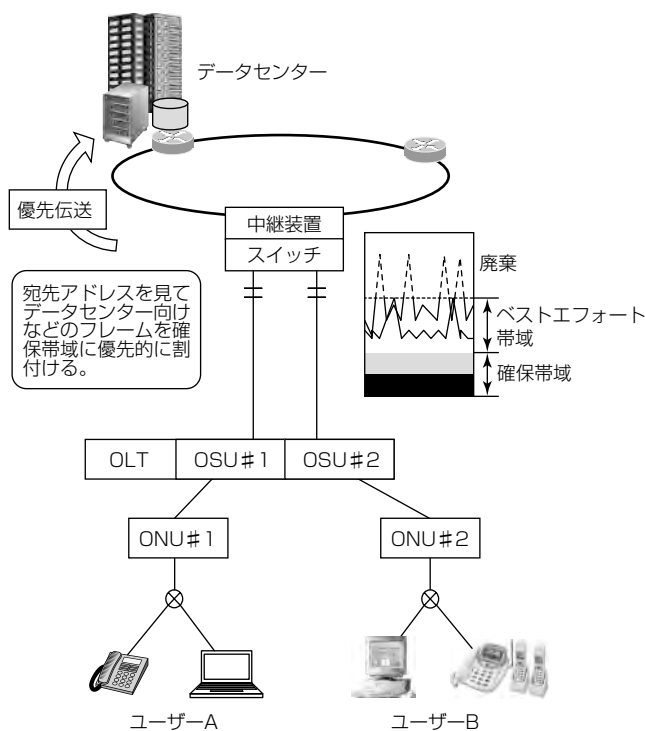


図7. 特定アドレス向け優先送信動作

超えるフレームは、PIRまでベストエフォート転送し、PIRを超過するフレームを廃棄する。

#### (3) カラーリング

CIR、PIR演算によって、帯域確保するフレームとベストエフォート転送するフレームに分類する。

#### (4) プライオリティキューイング

クラシファイ・カラーリングされたフレームを、SH（最高優先）、H（高優先）、M（中優先）、L（低優先）にクラス分けしてクラスごとのキューに格納し、優先度に応じて、上位装置に送信する。

一部帯域確保機能の利用例として、特定アドレス向け優先送信動作を図7に示す。一部帯域確保機能のクラシファイ処理における識別子として設定されている宛先IPアドレスを利用することによって、特定のIPアドレス向けに優先的に送信する機能を実現することができる。特定のIPアドレスとして、例えば、ユーザーが利用しているデータセンターのアドレスが考えられる。ユーザーにとって優先度が高いデータセンター向けのフレームを、IPアドレスを識別子として高優先フレームにクラシファイすることによって、帯域を確保し、かつ優先的にフレームを送信することができ、ユーザーの利便性の向上を図ることができる。

### 4. 多重化モジュール

#### 4.1 開発背景

広域イーサネットサービスは、都心部だけではなく、低需要エリアへの展開も望まれている。しかし、低需要エリアではMCが設置されていない局舎が多く、かつ、新規ユーザーも少数であるため、現行の構成のとおりOLT及び

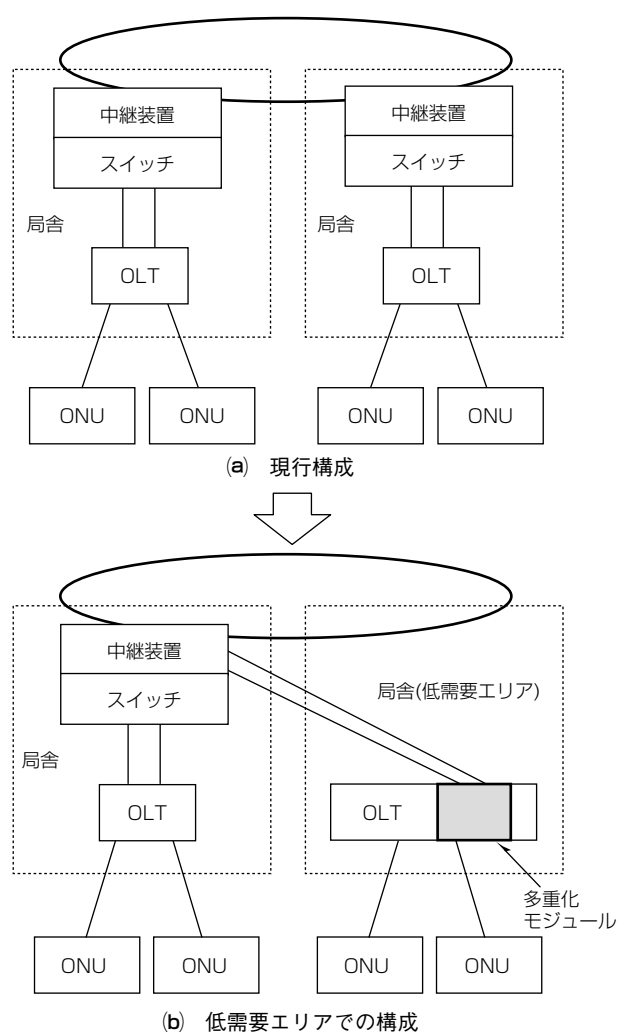


図8. 現行と低需要エリアでの構成

スイッチを新設すると投資効率が悪い。そこで、スイッチ機能をOLTに取り込み、設備投資を抑えて広域イーサネットサービスを展開するため、新たなインタフェース基板として多重化モジュールを開発した。

図8に現行構成と低需要エリアでの構成を示す。OLTに搭載したスイッチ機能を持つ多重化モジュールとスイッチの上位装置である中継装置をリンクアグリゲーション技術で接続することによって、低需要エリアに適したネットワーク構成で経済的にエリア展開を進めることを可能としている。

また、低需要エリアではOLTと中継装置間が長距離となることが想定されるため、40km伝送が可能な1000BASE-ZX SFP (Small Form Factor Pluggable) を搭載可能とした。

#### 4.2 主要諸元

表3に多重化モジュールの主要諸元を示す。多重化モジュールは、アクセスポートとして10/100Mbpsポートを8ポート、1 Gbpsポートを2ポート、中継ポートとして1 Gbpsポートを2ポート持っている。図9にOLTに実装した状態の多重化モジュールを示す。

#### 4.3 多重化モジュールの機能

図10に多重化モジュールとOSU及び中継装置の接続形態



表3. 多重化モジュールの主要諸元

| 項目   | 仕様                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| サイズ  | 2U高 6スロット幅(120(W)×220(D)×84(H)(mm))                                                                                                                                                                                                                                        |
| 諸元   | ポート<br>アクセス側：10/100BASE-TX×8<br>1000BASE-SX/LX/T×2<br>中継側：1000BASE-SX/LX/ZX×2                                                                                                                                                                                              |
| 主要機能 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・多重化機能：アクセス側→中継側</li> <li>・分離機能：中継側→アクセス側</li> <li>・LAG機能：アクセスポート単位に分散</li> <li>・カラーリング機能：4クラス</li> <li>・タグ付与／削除機能：IEEE 802.1ad S-Tag</li> <li>・IP Ping機能：IPv4</li> <li>・イーサネットOAM機能：ITU-T Y.1731</li> <li>・遠隔アップグレード：対応</li> </ul> |

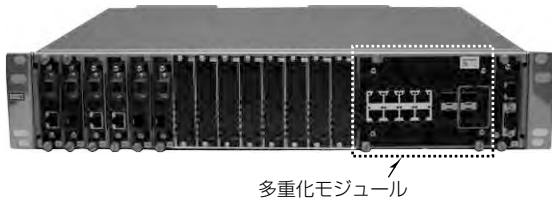


図9. OLTに実装した多重化モジュール

を示す。多重化モジュールの主要な機能は次のとおりである。

#### (1) 多重化／分離機能

多重化モジュールは、それぞれのONUから転送されるフレームをOSUとケーブルで接続したアクセスポートで受信し、それぞれのOSUのフレームを多重化して中継ポートから上位装置に転送する多重化機能、及び、多重化されたフレームを上位装置から受信した場合に、それぞれのユーザーのフレームに分離して、アクセスポートからそれぞれのOSUに転送する分離機能を持つ。

多重化モジュールでは、アクセスポートから中継ポート間で、100ms周期で監視フレームを流し、装置内監視を行っている。また、ソフトエラー対策として、主信号及び主信号伝送に関わる制御メモリには、ECC(Error Check and Correct)を適用し、信頼性の向上を図っている。

#### (2) リンクアグリゲーション機能

中継装置と多重化モジュール間は線路を二重化し、リンクアグリゲーションを構成することによって、信頼性の高いネットワークを実現している。物理層及びデータリンク層の通信断が発生した場合、通信経路を切り替え可能としている。2ポートある中継ポートのどちら側を使用するかはフレームのVLAN情報ごとに指定することができる。両系合わせて1Gbps以内での収容設計であるが、2Gbpsで両系通信中に片寄せを行った場合は、テイルドロップによって廃棄を行う。障害発生や強制切替えによって片寄せを行った場合、最大2.8Gbps(1Gbps×2ポート+100Mbps×8ポート)の入力フレームを1Gbps出力に絞るため、各中継ポートにはポリシング機能を持つ。

#### (3) カラーリング機能

多重化モジュールは、フレームを多重化する際にフレー

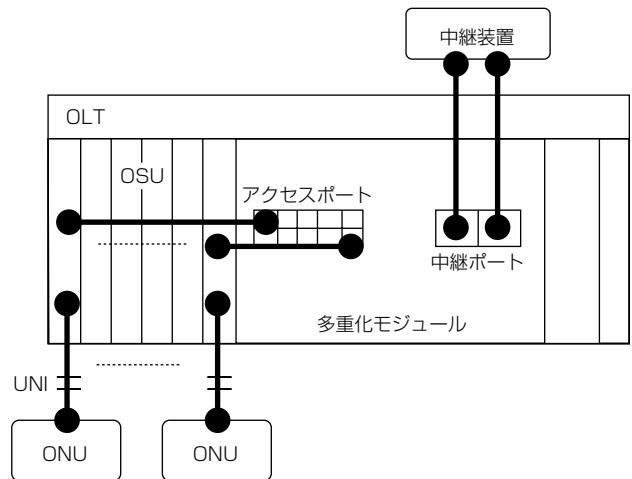


図10. 多重化モジュールの接続形態

ム内のCoS値、VID値を識別子として、VLANタグにフレームの優先度付けを行う機能を持つ。

#### (4) IP-Ping機能

多重化モジュールは保守機能として、装置設置時のリンク確認、異常発生時の異常発生箇所の切り分けに有用であるIP-Ping機能を持つ。多重化モジュールのアクセスポートと中継ポートにIPアドレスを設定することによって、各ポートからIP-Pingの送受信が可能となる。

#### (5) イーサネットOAM機能

多重化モジュールでは、各ONUとアクセスポート区間、及び、中継ポートと上位中継装置間で、正常性確認、ループバック試験、遅延時間測定を行うことができる。また、マルチポイント接続を考慮して、マルチキャストにも対応しているため、ONUやOSUに実装されたイーサネットOAMと組み合わせ、異常発生時の異常発生箇所の切り分けに有用である。

## 5. む す び

ビジネスメディアコンバータが利用される広域イーサネットサービスでは、今後、更なる利便性、信頼性の向上のため、高速・大容量化、セキュリティ機能等の付加価値機能の追加が想定される。これまでの開発で培った光アクセス技術や当社が持つ多様な技術を活用して、ユーザーへの付加サービスを経済的に提供することによって、ビジネスメディアコンバータの更なる利用拡大を図るとともにスマートで安全な社会の構築に貢献する技術開発を進めていきたい。

## 参 考 文 献

- (1) 総務省：ブロードバンドサービス等の契約数の推移（四半期）（平成25年9月末現在）
- (2) 澁谷知範，ほか：広域イーサネット網の高度化技術，NTT技術ジャーナル，25，No.12，51～53（2013）

# HD対応マルチコーデック “HX-1000”

新居健一\*

High Definition Video Multi Codec "HX-1000"

Kenichi Shimbo

## 要 旨

近年の防犯防災意識の向上や地上デジタル放送の浸透等の社会情勢の変化によって、映像監視システムに対してフルハイビジョン化の要求が高まっている。

三菱電機は従来映像圧縮技術を用いて、アナログカメラの画像・音声を符号化後にLAN経由で遠隔地に送信し復号表示するコーデックを、主に道路・河川・発電所等で運用する広域監視システムへ展開してきた。コーデック(画像・音声の符号復号装置)のラインアップとしてMPEG(Moving Picture Experts Group)-2符号化方式を採用した“BCシリーズ<sup>(注1)</sup>”，H.264符号化方式を採用した“FXシリーズ<sup>(注2)</sup>”を提供している。

今回、MPEG-2とH.264の両符号化方式に対応し、従来のアナログカメラシステムと今後主流となるフルハイビジョンデジタルカメラシステムのどちらにも利用可能でありながら低価格を実現した新製品、HD(High Definition)対応マルチコーデック“HX-1000”を開発した。

この装置はHD-SDI(High Definition-Serial Digital Interface)とHDMI(High Definition Multimedia Interface)<sup>(注3)</sup>

の2種類のインタフェースを持ち、高価な専用ICを多用せずこれらのインタフェースをFPGA(Field Programmable Gate Array)1チップに統合して構築することによって装置本体ハードウェア低価格化を実現した。

また3種類の符号化(H.264, MPEG-2, M-JPEG(Motion-Joint Photographic Experts Group))<sup>(注4)</sup>を同時に行うトリプルエンコード機能を実装しており、さらに、MPEG-2 6 Mbps(SD(Standard Definition)画像)とH.264 8 Mbps(HD画像)で画質を可能な限り同一品質に近づけるため独自の改善を加えた。

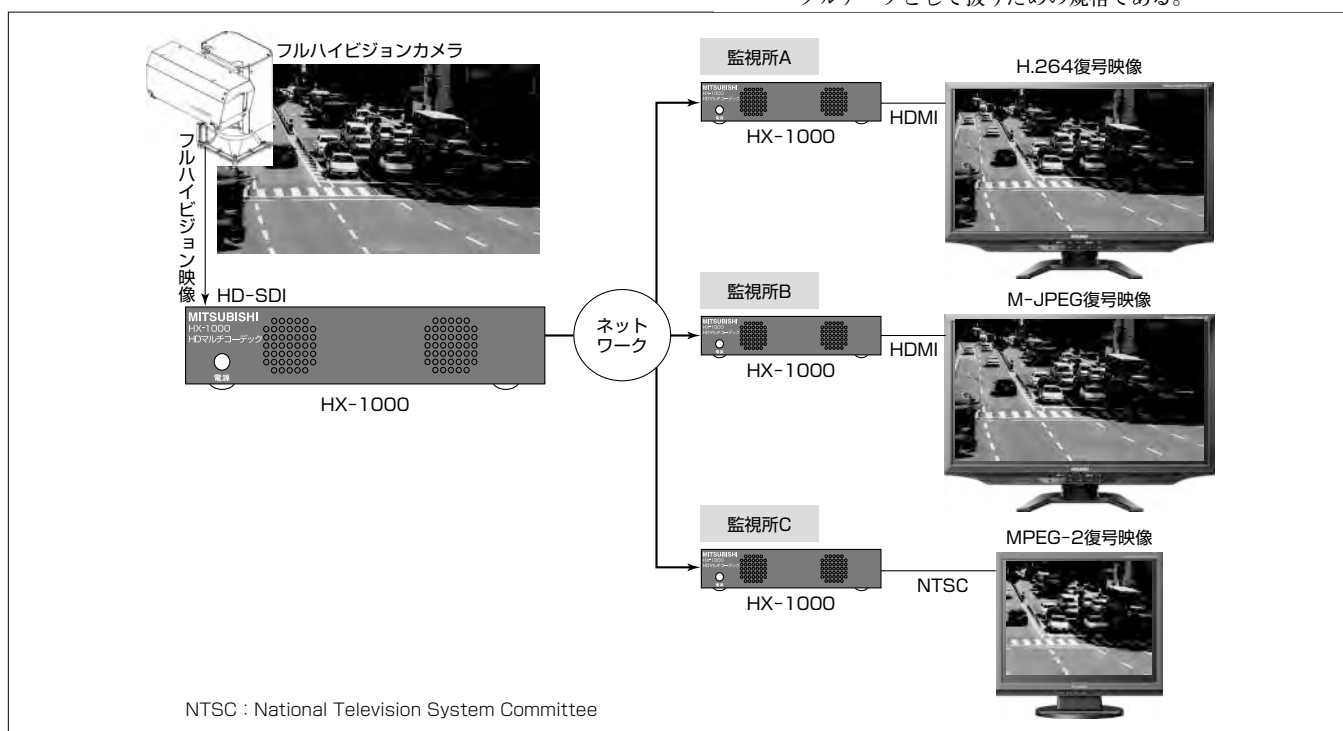
またアナログカメラとフルハイビジョンカメラのどちらとも接続することができるため、シームレスにアナログからフルハイビジョンへのシステム更新が可能となり、監視システムの更新費用を抑えるなど、幅広い用途に用いることができる。

(注1) MPEG-2コーデック“BC-5550”“BC-5800”等

(注2) H.264コーデック“FX-7400”など

(注3) HDMIは、HDMI Licensing LLCの登録商標である。

(注4) H.264, MPEG-2, M-JPEGは、画像及び音声符号化しデジタルデータとして扱うための規格である。



## “HX-1000”によるトリプルエンコードのシステム構成例

フルハイビジョンカメラから入力した映像は、HX-1000でトリプルエンコード(H.264, MPEG-2, M-JPEGの3種類に符号化)して、同時に配信する。監視所(A～C)では、それぞれに設定された符号化データを受信し、復号した映像をモニタに表示する。

# 1. ま え が き

近年の防犯防災意識の向上や地上デジタル放送の浸透等の社会情勢の変化によって、セキュリティに対する意識が高まり、映像監視システムに対してフルハイビジョン化の要求が増加している。

従来の広域監視システムは、アナログ画像を伝送するためにMPEG-2符号化方式を主流として普及してきた。しかし、フルハイビジョン画像(以下“HD画像”という。)を採用すると、画素数がアナログ画像(以下“SD画像”という。)に対し6倍となり、符号量も比例して増加することは避けられない。その結果MPEG-2符号化方式のままHD画像を加えたシステムを構成するとHD画像によって増加した符号化データが、既存のシステムで許容しているネットワーク帯域を圧迫し支障をきたすおそれが出てきた。この問題を回避するための手段として、圧縮効率が高く符号量の増加を抑えることが可能なH.264符号化方式が注目を集めてきた<sup>(1)(2)(3)</sup>。

今回開発したHD対応マルチコーデック“HX-1000”(以下“HX-1000”という。)はBCシリーズのMPEG-2(SD画像向け)符号化方式とFXシリーズのH.264(SD画像向け)符号化方式を引きつぎ、3種類の符号化(H.264, MPEG-2, MJPEG)を同時に行うトリプルエンコード機能を実装し、さらに、アナログカメラ(以下“SDカメラ”という。)とフルハイビジョンデジタルカメラ(以下“HDカメラ”という。)双方に利用可能な高画質・高機能なコーデックである。

本稿では、設計に際し、高画質・高機能と低価格を両立させるため搭載した主たる技術について述べる。

## 2. フルハイビジョン化

### 2.1 マルチメディアCPUの選択

フルハイビジョン化開発に当たって同時に留意しなくてはならない課題は“低価格化”である。高額ICの多用や機能ごとに装置本体ハードウェアの種類を増やす等の価格上昇の要因を回避する設計が必要である。

従来のFXシリーズ(代表機種FX-7400)はH.264符号化・復号化をマルチメディアCPU上のファームウェアで実現することによって、装置本体ハードウェアをエンコーダとデコーダで共用し、製造工程最後のファームウェア書き込み作業で別製品となる構成としている。これはハードウェア共用化によるコストダウン効果を目的とした構成である。

HX-1000は、FX-7400と同様に装置本体ハードウェアの共用化によるコストダウンを実現するため、フルハイビジョン化の設計に先立ち、HD画像データを入出力できるインタフェースを持ち、伝送フレームレート30fpsでH.264符号化・復号化が可能な演算能力を持つマルチメディア

CPU(以下“TMS320DM6467T”という。)を選定した。

TMS320DM6467Tは、TI社製で通称DavinciHDと呼ばれるCPUであり、ARM<sup>(注5)</sup>とDSP(Digital Signal Processor)とコプロセッサの3層CPU構造を持ち、ARMは500MHz、DSPは1GHzのクロックで稼働するハイコストパフォーマンスのCPUである。

また、外部インタフェースは、画像入出力専用のVPIF(Video Port InterFace)と呼ばれるインタフェースを持ち、SD画像フォーマット規格のBT.656とHD画像フォーマット規格のSMPTE292の両方に対応しており、SD/HD各映像フォーマットの映像入出力が同時に実施できる仕様となっている。

演算能力に関しては、コプロセッサにH.264符号化・復号化に有効なAPI(Application Programming Interface)関数がバンドル提供されているため、最も演算能力(CPU処理能力)を必要とするHD画像の符号化・復号化は、コプロセッサとDSPで行い、ARMは音声コーデックとネットワーク制御を実行させる構成とすれば、処理能力としてはHD画像に対応し十分な性能が確保可能な仕様となっている。

また、DavinciHDはFX-7400に使用しているDSP(Davinci)の上位互換機種である点から、設計資産流用率も50%以上と高いため開発費の抑制に寄与した。

HX-1000のCPUにDavinciHDを採用することによって、FX-7400と同様のハードウェア共用化によるコストダウン効果を得ると同時に、開発費を抑制でき、想定通りの低価格化を実現した。

(注5) ARMは、ARM Ltd.の登録商標である。

### 2.2 HD-SDI, HDMIインタフェース設計

HDカメラやHDモニタのインタフェースは一般的にHD-SDI又はHDMIである。HX-1000では入出力機器の組合せの自由度確保のためHD-SDIとHDMIの両インタフェースを採用し、各入力・出力端子を装備した。

HD-SDIは同軸ケーブルを使用したデータ転送レート1.5Gbpsのシリアルデジタル画像インタフェースであり、CPU側VPIF用パラレルデータフォーマットSMPTE292に変換する必要がある。このシリアルパラレル変換を行うICは高価でインタフェースの数だけ実装する必要があるが、部品価格と実装面積の両面から検討した結果、シリアルパラレル変換部分の回路はFPGAで実現する方式とした。

今回、XILINX社のSPARTAN-6上で稼働するXILINX社IP(Intellectual Property)のGTP(Gigabit Transceiver low-Power)セットによって変換処理を実装した。同様にHDMIもSPARTAN-6上で稼働するTED社IPのHDMI-SMPTE292変換セットを採用し、双方をFPGA1チップに実装した。これによって、専用の変換ICを使わず、1チップのFPGA(SPARTAN-6)の追加でHD-SDIと

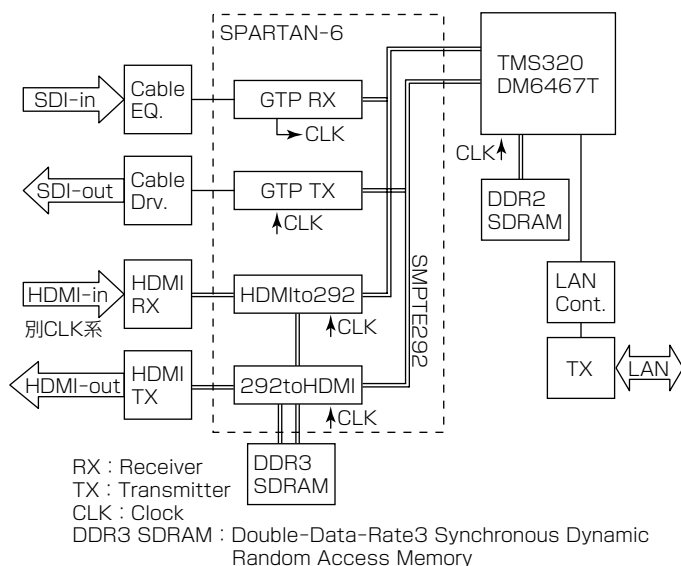


図 1. HD-SDI, HDMI インタフェース

HDMIの搭載を実現した。

図 1 に HD-SDI, HDMI インタフェースを含む FPGA (SPARTAN-6) と TMS320DM6467T (DavinciHD) から構成する回路を示す。回路全体では画像用 CLK として GTP RX で同期分離された CLK (入力ない場合は自走 CLK 出力) を使用し、CLK 系統が異なる HDMI 入出力だけ DDR3SDRAM によるバッファを介して CLK 変換する。これによって HDMI 以外では CLK が統一され不要な変換回路を廃したシンプルな回路構成ができる。また CPU にはこれら以外にアナログ入出力用 BT.656 映像信号 (27MHz) も入出力されているがここでは図示を省く。

### 3. H.264 の HD 画像対応

#### 3.1 H.264 スペック

HX-1000 は HD 画像 H.264 ハイプロファイルと SD 画像ベースラインプロファイルに準拠した符号化・復号化機能を搭載している。概略スペックを次に示す。

符号化方式：ITU-T H.264 ISO/IEC 14496-10：2003  
ベースラインプロファイル／ハイプロファイル@L4.2

画像サイズ：HD：1920×1080／SD：720×480

音声符号化：MPEG-1 Audio／MPEG-2 AAC  
(Advanced Audio Coding)

伝送速度：HD：2～20Mbps, SD：128Kbps～8Mbps  
その他：フレームレート 1～6, 8, 10, 15, 30fps 対応など

装置はこれらスペックの H.264 符号化・復号化を Davinci HD 上のファームウェアで実現することによって低価格化を可能にした。実現の際にいくつかの独自機能を搭載しており、次に述べる。

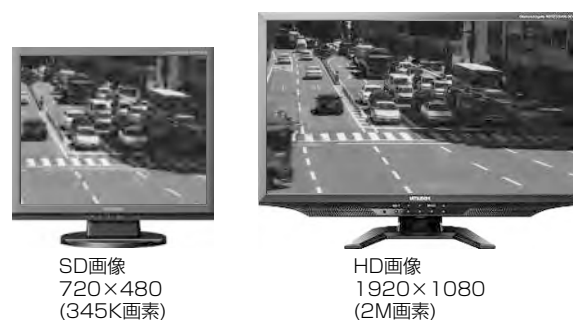


図 2. SD 画像と HD 画像の比較

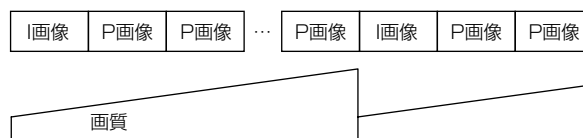


図 3. I 画像と P 画像



図 4. 3 倍 I 画像と P 画像

#### 3.2 H.264 の HD 画像対応

1 章で述べたように、従来のネットワークインフラで HD 画像を扱う場合、圧縮効率を 6 倍にして符号量を 1/6 に抑える必要がある。

しかし、H.264 の圧縮効率は MPEG-2 の約 2 倍であり<sup>(2)</sup>、符号量を抑えるためにビットレートを下げる方法を取ることになる。その場合、単純にビットレートを下げると画質の劣化を招くため、同一品質画質を実現するには H.264 の圧縮効率向上以外の画質改善策が必要になる。

現在の広域監視システムでは MPEG-2 符号化方式では 6 Mbps が、H.264 符号化方式では 8 Mbps が符号量の標準レートである。したがって HX-1000 では“SD 画像を MPEG-2 で 6 Mbps で符号化”した画質と“HD 画像を H.264 で 8 Mbps で符号化 (符号量の増加は、1.3 倍まで許容)”した画質を可能な限り同一品質に近づけるため独自の改善を加えている (図 2)。その中の“イントラフラッシュ現象の改善”について述べる。

イントラフラッシュとは、I 画像と P 画像の画質の差が目視できる状況で発生する I 画像の瞬間的画質劣化である。

図 3 には、I 画像で渡された画像の品質が P 画像を重ねるうちに向上していく様子が示されている。I 画像の直前の P 画像の画質と I 画像の画質では品質に大きな差が現れ、I 画像の画質劣化だけが際立って目立つ状況となる。この画質劣化が I 画像のたびに現れるためイントラフラッシュと呼ばれている。

HX-1000 ではこの問題を回避するため、I 画像の圧縮率

表 1. 高画質調整手段

| No. | 方式       | I画像<br>データ量 | P画像<br>データ量 | フレーム<br>レート | ビット<br>レート |
|-----|----------|-------------|-------------|-------------|------------|
| 1   | 標準画質     | 標準          | 標準          | 30fps       | 8 Mbps     |
| 2   | 高画質fps厳守 | 3 倍         | 標準          | 30fps       | 9 Mbps     |
| 3   | 高画質均等配信  | 3 倍         | 0.9倍        | 30fps       | 8 Mbps     |
| 4   | 高画質bps厳守 | 6 倍         | 標準          | 15fps       | 8 Mbps     |

の指定が可能な仕様とした。イントラフラッシュが目立つ細やかな動きの多い画像の際にはI画像の符号化データ量倍率を上げI画像を高品質にする。

図 4 は、I 画像を 3 倍の品質に向上させた様子を示している。I 画像の直前の P 画像と I 画像では品質に差がなくなり、イントラフラッシュの発生が抑えられる(表 1 -No.2)。ただしそのままではI画像の符号化データ量が数倍に増加して全体のビットレートが 8 Mbps を超えてしまうため、I 画像のデータ量の増加分は P 画像のデータ量を抑えた上で全体に均等配信になるように平均化し、8 Mbps を維持させる。この処置によって、イントラフラッシュが抑えられた映像を得る(表 1 -No.3)。

なお、増加した符号データをフレームレートを下げて均等化する手段も搭載しており(表 1 -No.4)、システムによってはI画像をn倍して品質向上した際にフレームレートを落とすことによって全体のビットレートを 8 Mbps に維持する方法も採用できる。システムによって異なる画像品質要求に対し、HX-1000 は様々な微調整手段を提供する。

## 4. MPEG-2のHDカメラ対応

### 4.1 MPEG-2スペック

HX-1000 は BC シリーズと互換性のある MPEG-2 符号復号機能を搭載し、SD カメラ (SD 画像) 及び HD カメラ (圧縮 SD 画像) に対応する。概略スペックを次に示す。

符号化方式：MPEG-2 (ISO/IEC13818-2) MP@ML

画像サイズ：SD：720×480 (HD 画像は SD に縮小して扱う)

伝送速度：1.5～12Mbps

音声符号化：MPEG-1Audio

装置はこれらスペックの MPEG-2 復号化を DavinciHD 上のファームウェアで、符号化を安価な専用 IC で実現することによって低価格化を可能にした。実現の際にいくつかの独自機能を搭載しており、次に述べる。

### 4.2 MPEG-2のHD画像対応

HX-1000 は、従来の広域監視システムとの互換性を維持するために、HD カメラを接続した場合は HD カメラ画像を SD 画像に変換してから MPEG-2 符号化している。

HD 画像から SD 画像への変換とは、SMPTE292 規格から BT.656 規格へのフォーマット変換である。しかしこのフォーマット間は互換性がなく制御データや非映像情報デ

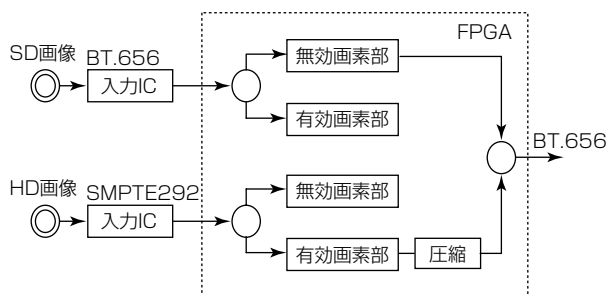


図 5. フォーマット変換ロジック

ータの扱いも異なるため、HD 画像から SD 画像への変換には複雑で多量の判断処理を必要とする。

HX-1000 ではこのフォーマット変換を安価な FPGA 内部ロジックでシンプルに行えるように設計した。図 5 に FPGA 内部で行っているフォーマット変換ロジックを示す。SD 画像を入力後アナログ入力 IC で BT.656 フォーマットに変換した後、有効画素部と無効画素部に分離する。この無効画素部が制御データや非映像情報データの存在する重要部分となる。HD 画像も同様に SMPTE292 フォーマットに変換後有効画素と無効画素に分離する。HD 画像は分離後有効画素だけ圧縮し SD サイズに縮小後、BT.656 無効画素部と合成し、正規の BT.656 フォーマットに復元する。アナログ入力 IC は、アナログカメラ非接続時でも自立して BT.656 フォーマットを出力し続け無効画素部を途切れさせないため、アナログカメラが接続されていなくても復元処理が止まることはない。また、無効画素部の制御データは SD 画像で共通であるため、圧縮した HD 画像の有効画素との合成が可能となる。

この流れによって、CPU のプログラムの介入なく FPGA 内部ロジックで SMPTE292 規格から BT.656 規格へのフォーマット変換が完了する。MPEG-2 符号化はこの BT.656 で行われ、従来の MPEG-2 方式と完全互換を確保する。

## 5. その他の機能

### 5.1 符号化・復号化機能

HX-1000 (図 6) の符号化・復号化機能を次に示す。

- (1) H.264 エンコード機能 (SD 画像／HD 画像)
- (2) MPEG-2 エンコード機能 (SD 画像／HD 圧縮 SD 画像)
- (3) M-JPEG エンコード機能 (SD 画像／HD 画像)
- (4) 3 種符号化を同時に行う業界初<sup>(注6)</sup> のトリプルエンコード機能
- (5) ステレオ音声 MPEG-1Audio／MPEG-2AAC 圧縮機能
- (6) 全符号化方式のデコード機能 (映像音声同時各 1 種)

(注 6) 2014 年 2 月現在、当社調べ

### 5.2 文字発生機能

HX-1000 は、他社差別化のため FX-7400 同等の文字発



図 6. HX-1000

生機能(当社独自機能)を搭載している。主な特長を次に示す。

(1) テロップ文字発生機能

- ・ 1 文字列128文字, 1 画面32文字列, 64画面登録可
- ・ JIS第1第2水準漢字, カナ, 外字(最大48文字)対応
- ・ 文字サイズ3種(文字列ごと指定可)
- ・ 文字飾り4種(文字列ごと指定可)
- ・ テロップ向き, 速度任意(文字列ごと指定可)
- ・ 文字色・文字飾り色8色任意組合(文字列ごと指定可)

(2) グラフィック機能

- ・ 任意形状の線, 台形, 矩形(くけい)表示可能(最大16)
- ・ 矩形単位の色指定可
- ・ 16×16画素の任意BMP(BitMaP)128枚を使用し, 任意速度で順次再生アニメーションを表示可能

HX-1000にはスーパーインポーズ用のVRAM (Video Random Access Memory)が8色分8面用意されており, それぞれに任意のBMPを展開できる。この8面の組合せによって文字背景や文字飾りと文字フォントを任意色に設定し, 任意面のBMPを定期更新することによってテロップやアニメーションを実現する(図7)。

この機能は汎用的な文字多重ICでは実現できず, FXシリーズ及びHX-1000の独自機能として広く活用されている。

## 6. む す び

HX-1000は, BCシリーズ及びFXシリーズからのSD画像用MPEG-2/H.264符号化方式を継承搭載しつつ, HD画像対応のH.264符号化方式の搭載, さらに, MPEG-2符号化方式とM-JPEG符号化方式を併せ持つトリプルエンコード機能を業界に先駆けて実現した。

同一装置ハードウェアをエンコーダとデコーダで共用し,



図 7. 文字発生機能とグラフィック機能による表示画面

装置の低価格化を実現した。さらに, JISラック1Uに2機設置可能な小型化によってシステム導入費用の削減にも寄与した。

文字発生機能など独自の機能を持つと同時に, ユーザーインタフェースとしてWeb画面, TELNET (TELEcommunication NETwork)画面, 独自設定制御ソケット等, 顧客やサービスマンが利用する状況に応じた各種インタフェースを用意し, 現地工事まで含むトータル工数の削減も実現している。

このようにHX-1000はフルハイビジョンインタフェースの1チップ集約や装置ハードウェアの共用化によるコストダウンと, トリプルエンコードなどの最新技術を両立させたスマートな設計となっており, 広域監視システムによって高いセキュリティ機能を提供する。

今後も, 小型, 高機能化はもちろんのこと, 顧客から要望の多い機能(他社HD画像用H.264とのより高い互換性の確保など)の実現に取り組み, 機能・性能・保守性を考慮したコーデック開発を進める予定である。

## 参 考 文 献

- (1) 山田悦久, ほか: 高品質映像符号化技術の標準化動向, 三菱電機技報, **82**, No.12, 743~746 (2008)
- (2) 猪股英樹, ほか: H.264HDTVコーデック技術, 三菱電機技報, **82**, No.12, 747~750 (2008)
- (3) 山田悦久, ほか: 次世代ネットワークにおける映像符号化技術の動向, 三菱電機技報, **82**, No.2, 151~154 (2008)

# メルックDGⅡシリーズ向け旋回カメラ “NC-6500”

橋本充夫\*  
根本定征\*  
工藤慎也\*

Pan-Tilt-Zoom Camera "NC-6500" for MELOOK DG II Series

Mitsuo Hashimoto, Sadayuki Nemoto, Shinya Kudo

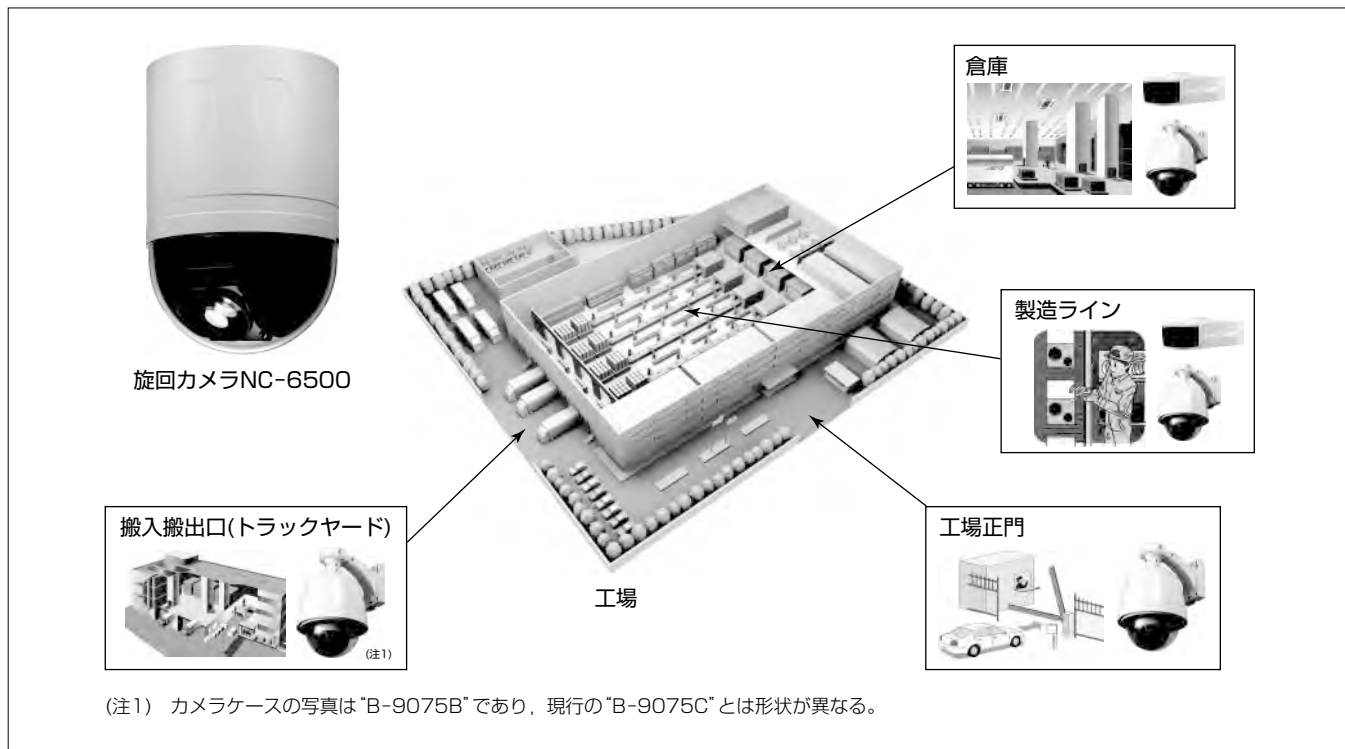
## 要 旨

近年、防犯や犯罪における犯人検挙への有効性から公共交通機関などに監視カメラを設置する動きが加速している。一方、公共の場への監視カメラ設置については、個人情報保護法の施行もあり、プライバシー保護の観点から慎重に議論すべきとする意見も多い。このような環境の中にあつて、交通や金融、流通、工場等の分野では、単に人、物の出入りを映像で監視するだけでなく、プライバシーに配慮した監視ニーズが高まっている。

三菱電機では、小規模店舗向けに“メルックμⅡシリーズ(カメラ収容台数最大16台)”を、中・大規模店舗向けに“メルックDGⅡシリーズ(カメラ収容台数最大512台)”を販売している。今回、これらの市場要求に応えるため、メルックDGⅡシリーズ向けのラインアップとしてプライバシー保護機能を搭載した、高画質・高倍率・高機能・低消費電力の旋回カメラ“NC-6500”を開発した。

プライバシー保護機能の強化として、固定カメラで実現していた固定マスキング機能を拡張し、旋回カメラのカメラ動作(水平・垂直旋回、ズーム)に連動するマスキング技術を開発した。また、高画質化・高倍率化では、従来機種を上回る高い解像力を誇るクリアドームを新規に開発することで、131万画素の撮像素子(Complementary Metal Oxide Semiconductor: CMOS)と光学36倍の高倍率ズームレンズの採用を可能とした。さらに、低消費電力化に取り組み、旋回動作時の制御を見直し、ステッピングモータの加減速制御に変形正弦(MS: Modified Sine)曲線を適用することで、旋回時の消費電力を約250mW(従来機種比16%)削減した。

その他、ズームレンズ制御時間短縮、動き検知時の誤発報抑制、録画バックアップ機能の実装等、監視システムとしての高機能化を実現した。



## 工場を例にした旋回カメラ“NC-6500”の設置イメージ

製造業向けの旋回カメラの用途には、①製造ラインの作業状況を確認、②製造ラインの異常を即座に確認してトラブルを早期に解決、③薄暗い倉庫内や夜間外周の状況確認、④食品工場などの異物混入抑止・不具合早期発見・生産状況監視をサポート、⑤入退室管理システムと連携して工場敷地・倉庫・重要エリアの出入りを確認等が考えられる。



## 1. ま え が き

近年、交通や金融、流通、工場等の分野で、監視カメラに対して、①プライバシー保護機能強化、②高画質化・高倍率化、③省電力化、④セキュリティ性能向上等の要求が増えている。このような要求に応えるため、旋回カメラ“NC-6500”を開発した。NC-6500は回転台・カメラケース・高倍率ズームレンズを一体化した旋回カメラであり、“メルックμシリーズ”から続く“高画質・高機能”の設計思想を受け継ぐカメラである<sup>(1)(2)(3)</sup>。個人情報保護法の施行もあり、プライバシー保護に関する市場要求も高まっていることから、カメラの旋回動作に連動して映像に映ると問題があるエリアをマスキングする機能を新規開発した。また、旋回動作時の制御を見直すことで消費電力を削減するとともに、セキュリティ対策として、人や物の出入りを検出して発報するMD(Motion Detect)機能を向上させた。

本稿では、“NC-6500”の製品概要を述べるとともに、今回開発したプライバシー保護機能強化、高画質化、省電力化等の主要技術について述べる。

## 2. 製 品 概 要

### 2.1 主 要 諸 元

今回開発した旋回カメラの主な仕様を表1に、また、外観を図1に示す。

### 2.2 システム構成

今回開発した旋回カメラを含むシステムの構成を図2に示す<sup>(4)</sup>。旋回カメラを含むネットワークカメラは撮像した画像を符号化(H.264／モーションJPEG)した後、LANを介して操作パソコン、ネットワークレコーダ、ネットワークマルチビューアに配信する。操作パソコンは1台で最大512台のネットワークカメラと最大255台のネットワークレコーダを制御可能であり、ライブ画像と記録画像をともに表示することができる。ネットワークマルチビューアは最大256台のネットワークカメラからのライブ画像を表示可能であり、ライブ画像の選択は操作パソコンから行う。また、選択したライブ画像を4分割画面や単画面で表示することができる<sup>(5)(6)(7)</sup>。

## 3. 主 要 技 術

### 3.1 プライバシー保護機能強化

監視カメラシステムのプライバシー対策として、映像に映った建物の窓から見える室内の様子や、銀行ATM(Automated Teller Machine)の暗証番号入力画面等、映像に映ると問題があるエリアをスーパーインポーズ処理によってマスキングし、見えなくする機能がある。この機能はこれまでの固定カメラでも搭載されていたが、旋回カメラでは、一度マスキングしても、水平旋回(パン)・垂直旋

回(チルト)・ズーム動作を行うことでマスキング位置がずれて、隠したいエリアが見えてしまうという問題があった。そのため、カメラのパン・チルト・ズーム動作に連動し、撮像したくないエリアを追従してマスキングする機能(旋回連動マスキング)が必要となった。図3に旋回連動マスキング機能を示す。

表1. NC-6500の主要諸元

| 項目        | 仕様                                                         |
|-----------|------------------------------------------------------------|
| 撮像素子      | 1/4型CMOSセンサ                                                |
| 最低被写体照度   | 標準時：0.5lx, 0.03lx<br>白黒時：0.05lx, 0.003lx<br>※ともに電子増感16倍のとき |
| 有効画素数     | 1280(H)×1024(V) 有効131万画素                                   |
| 焦点距離／最大口径 | F=3.3～119.0mm／F=1.4                                        |
| ズーム倍率     | 光学ズーム36倍／電子ズーム16倍                                          |
| デジタル増感    | 最大8倍                                                       |
| MD機能      | あり                                                         |
| 画像圧縮方式    | H.264／モーションJPEG                                            |
| 最大旋回角度    | パン：360°エンドレス、チルト：15°～+195°<br>(オートチルト時)                    |
| 最大旋回速度    | パン：540°/s、チルト：270°/s                                       |
| 消費電力      | 16W以下(DC24V入力時)／12.95W以下(PoE入力時)                           |
| 外形寸法      | Φ130×196(H)mm                                              |
| 質量        | 1.9kg以下                                                    |

JPEG：Joint Photographic Experts Group  
 PoE：Power over Ethernet



図1. 旋回カメラNC-6500

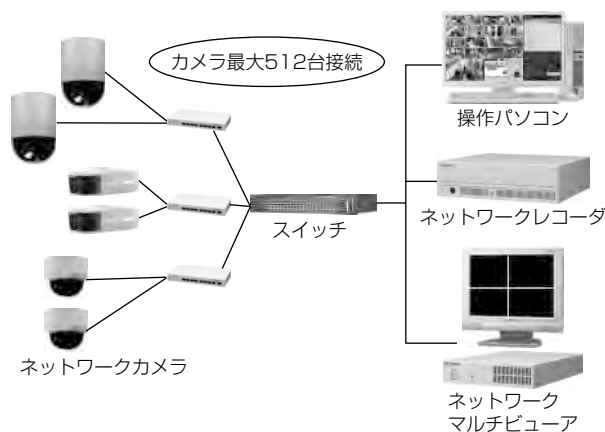


図2. システム構成

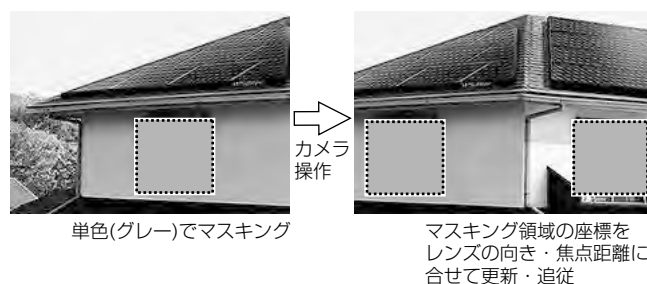


図3. 旋回連動マスキング機能

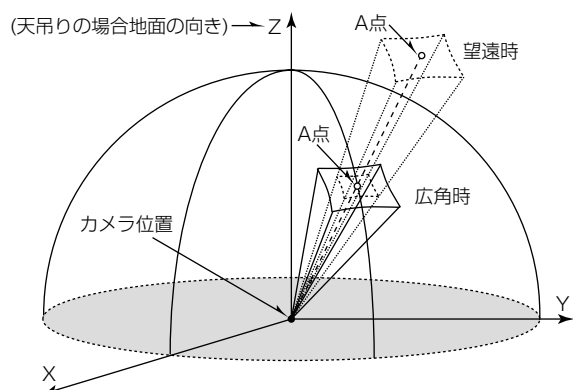


図4. マスキングエリアの概念図

旋回連動マスキング機能は、あらかじめ登録したマスキングエリアが、パン・チルト・ズーム動作後にどこに移動するかを計算し、その都度マスキングし直すことで実現した。パン・チルト動作を行う回転台にはステッピングモータが搭載され、1ステップあたり $0.1^{\circ}$ の細かい角度調整ができるほか、角度情報を取得できるようにした。ズームレンズにもステッピングモータが搭載されており、焦点距離情報が取得可能である。

図4にマスキングエリアの概念を示す。図中のA点がマスキングの中心座標であり、3軸の中心がカメラ位置である。あらかじめマスキングエリアを登録する際は、図のようなカメラ位置を中心とした三次元XYZ座標空間で記録する。XYZ座標はパン・チルト角度、焦点距離情報によって与えられる。パン・チルト・ズーム動作後のマスキングの中心座標はA点が移動する先の三次元XYZ座標を算出することで得られる。マスキングエリアの大きさは、ズームレンズからの焦点距離情報をもとに決定し、焦点距離が短い(広角)ほどマスキングエリアを小さく、長い(望遠)ほどマスキングエリアを大きくする。

旋回連動マスキング機能を実現するに当たり、先に述べた座標計算処理を毎フレーム行う必要がある。しかし、この機種はCPU負荷が既に飽和状態にあり、CPUの最大負荷を現状から増やさずにこの機能を追加することが課題となった。

検討の結果、この機能の実現には7%のCPU負荷の削減が必要であることが判明したため、対策としてマスキ

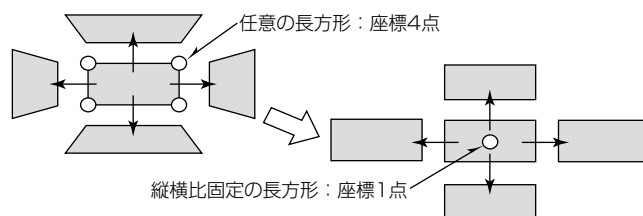


図5. マスキングアルゴリズムの簡略化

グアルゴリズムの簡略化を実施した。

任意の矩形(くけい)を設定する方法では座標が4点必要となるのに対し、この方式ではマスキングの形状を縦横比固定の矩形に限定することで、座標が1点だけで済み、計算量を1/4に削減することができた(図5)。それによってマスキング形状は限定されるが、例えば細長い被写体をマスキングしたい場合には、複数のマスクを並べることで対応可能となる。さらに、マスキング描画方式の効率化とフローチャートの分岐削減、ループ回数の削減を行い、結果としてCPU負荷を7%削減でき、旋回連動マスキング機能を実現できた。

### 3.2 高画質化

ドームカメラや旋回カメラでは、汚れからカメラ部を保護したり、監視カメラの存在を意識させないようにする目的で透明なお椀(わん)型のカバー(クリアドーム)が使われる。当初、このクリアドームに従来品を使用し、メガピクセルの撮像素子(CMOS)及び光学36倍の高倍率ズームレンズと組み合わせたと、望遠時に画像がぼやける問題が顕在化した。これは、レンズの高倍率化によって、被写体像がクリアドームを通過する際に、わずかな肉厚の反りや面の歪(ひず)みであっても、それが強調されて画像が劣化してしまうことが原因である。そのため、解像力が高いクリアドームの開発が課題となった。これを解決するために、金型に樹脂を流し込む際の流動解析を行い、最適なドーム形状と製造条件を検討した。また、ドーム形状の成型のしやすさと、最良の光学性能を得るためのレンズとの配置を考慮しながら肉厚の最適化、並びに表面の面粗度改善を実施した。

さらに、樹脂温度、金型温度を最適化し、映像に影響を及ぼす残留歪み(反り、面の歪み等)を軽減した。

検討の結果、

- (1) 肉厚を頂点から側面にかけて、20%薄くなるように変化させる。
- (2) 内径が外径より2.5%小さい球体とする。

を導き出し、この条件で射出成形時の調整を実施した。

この結果、平均58%(従来のクリアドームは平均44%)のMTF(Modulation Transfer Function)値を確保し、最大光学倍率で25m先の顔が認識可能となった。MTF値とは被写体の持つコントラストの再現率(%)を数値化したものであり、数値が大きいほど細部まで解像することができる。

図6に70lp/mmの評価チャートを測定したMTF特性を示す。天吊(づ)り状態のカメラを水平から6度下方に向け、ゲート位置を±0%とし、時計と反対方向に360°回転させたときの特性であり、クリアドームなしの状態のMTF値を100%としている。カメラの角度によるMTF値のばらつきがなく、360°どの角度でも等しいMTF値が得られた。

### 3.3 省電力化

この機種は、従来の巡回カメラに比べ、機能追加に伴う部品点数の増加や画像処理の負荷上昇のため、消費電力の増加は避けられない。一方、PoEの供給電力の上限はIEEE802.3af規格によって、受電側で最大12.95Wと定められている。そのため、消費電力を12.95W以下に削減することが課題となり、パン・チルト用モータ駆動時の電力が削減対象となった。ここでは、巡回時のステッピングモータ制御における消費電力の削減策について述べる。

#### 3.3.1 従来機種のモータ制御

カメラの巡回駆動にはステッピングモータを使用しており、モータ制御用のCPUから指定したパルスの数に応じた角度だけモータを回転させることができる。角速度についても、指定したパルスの間隔によって制御する。カメラ巡回時は、モータの角速度を徐々に上げていき、目標角速度で定速回転した後、停止位置が近づいてきたら徐々に角速度を下げてから停止させる。角速度(パルス間隔)の制御は加減速用のテーブルを用いてモータ制御用のCPUから行う。従来機種では、加速開始直後と停止直前以外は、目標角速度まで直線的に加減速させる(角加速度一定)制御方法を適用していた。

図7は加減速制御の角速度、角加速度特性を図示したものであり、図8がその際の仕事率特性を図示したものである。従来機種のモータ制御特性は図7(a)で表され、動き出し時を除いて直線的に加速しており、図8(a)に示す仕事率もピーク角速度まで直線的に増加している。

#### 3.3.2 モータ制御の改善による消費電力削減

モータの消費電力を削減するには、必要とするトルクを

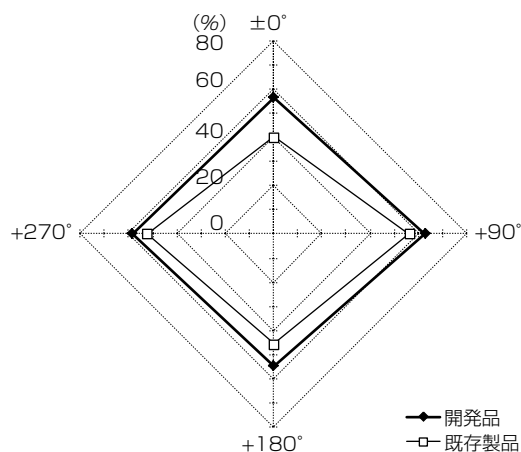
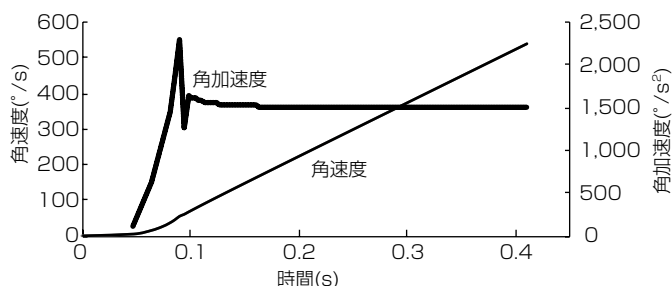
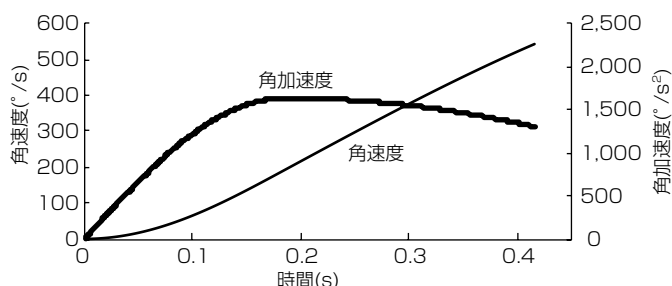


図6. MTF特性

減らす必要がある。そのための策として、変形正弦(MS)曲線を適用した。MS曲線は、標準的なカム曲線の一つで、最大角速度やカム軸トルク係数が小さく、角加速度も比較的小さいという特長がある。図7(b)はMS曲線を適用したこの機種のモータ制御特性である。加速の後半で角加速度を落とすカーブにすることで、図8(b)に示すように、仕事率を等角加速度の場合と比較して最大約13%減らすことに成功した。また、MS曲線の適用は、ソフトウェアが使用している加減速用のテーブルを差し替えることで、ソフトウェアの基本アルゴリズムに変更なく実現できるため、ソフトウェアの変更量を最小に抑えることができた。

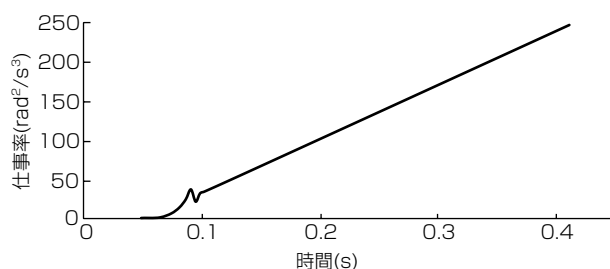


(a) 等角加速度制御

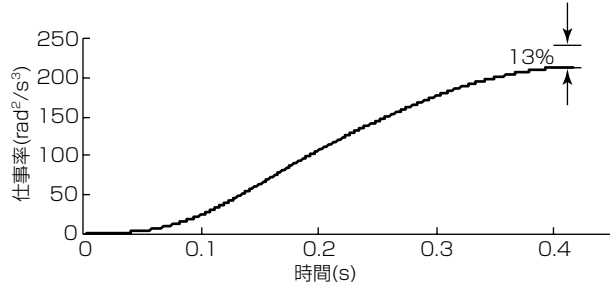


(b) MS曲線適用制御

図7. 加減速制御の角速度／角加速度特性



(a) 等角加速度制御



(b) MS曲線適用制御

図8. 加減速制御の仕事率特性

### 3.3.3 消費電力の削減効果

カメラが停止時、旋回動作時それぞれの状態で、等角加速特性を用いたモータ制御と、MS曲線を用いたモータ制御、双方の平均電流値を測定した。その結果、MS曲線を用いたモータ制御を行うことで、平均電流値を約10.6mA(24V換算で254.4mW)削減でき、目標とした消費電力12.95W以下を実現した。

## 4. その他の技術

### 4.1 高倍率化

この開発で採用したズームレンズは、前機種の旋回カメラ“NC-4085”比で焦点距離が24.5mm長いこと、前機種と同じレンズ制御方法では広角端から望遠端までのレンズ移動時間が前機種より長くなり、操作性が劣る。そのため、移動時間の短縮とズームレンズ静止時の違和感の排除を目的としてステッピングモータに対する加減速特性を見直し、最高速で動く期間が長くなるように制御することによって前機種と同等の性能(4.2秒)を実現した。

### 4.2 セキュリティ性能向上

侵入者の検知機能であるMDはセキュリティ対策として有効かつ、重要であると言える。カメラが撮像する画面内に動きがあれば、それを検知して後段のシステムにアラームを発報することで、ユーザーに不審者の侵入を伝達したり、アラームをトリガーに録画を開始する使い方も可能で、このように使うことでレコーダのハードディスク使用容量をセーブすることができる。一方、MD機能で、照明の反射やチラつきが原因で誤発報する課題があった。今回の開発でこの課題を解決するため、

- (1) ソフトウェアを改善し、エリア(48カ所)ごとに動きを検知するしきい値を重み付けして設定。
- (2) 連続フレーム(最大24)数間で、輝度値などの差分情報をもとに連続性を判定するアルゴリズムを採用し、連続性のない動きは検出対象から除外。

を実施し、問題となっていた誤発報を抑制した。

### 4.3 保守機能強化

従来はLink断時やレコーダ故障時には映像配信が止まることによって、重大な場面を記録できないことがあった。NC-6500ではカメラ本体にSDメモリを搭載することによって、映像をカメラ外部へ配信できなくなっても記録を継続できるよう、デジタルメルックシリーズ初となるバックアップ記録機能を実現した。

## 5. むすび

メルックDGⅡシリーズ及びメルックμシリーズからの高機能・高性能化の流れを継承しつつ、顧客からの要望が多いプライバシー保護に配慮した、高画質・高倍率な旋回カメラを開発した。これらによって、導入コストを抑えながら広大なエリアを対象とした人、物の監視が可能となった。

具体的には、従来機種を上回る高い解像力を誇るクリアドームを新規に開発し、131万画素の撮像素子(CMOS)、光学36倍の高倍率ズームレンズの採用を可能とした。また、プライバシー保護に配慮した機能として、CPU負荷上昇を抑えながら、旋回連動のマスキング機能を実現させた。その他、消費電力削減として、MS曲線を適用したモータ制御を行うことで、旋回時の消費電力を従来機種比で16%低減できた。さらに、照明の反射やチラつきが原因の誤発報を抑制した。

今後も小型・低消費電力化に加え、顧客から要望の多い高機能・高性能化を進め、犯罪の抑止効果を上げることで安心な社会の実現に寄与できる映像監視カメラ開発を進めていく予定である。

## 参考文献

- (1) 前田卓志，ほか：三菱電機トータルセキュリティソリューション“DIGUARD”システムの展開，三菱電機技報，**82**，No.9，548～552（2008）
- (2) 竹田昌弘，ほか：三菱電機トータルセキュリティソリューション“DIGUARD”，三菱電機技報，**82**，No.4，245～248（2008）
- (3) 近澤 武，ほか：次世代ネットワークにおけるセキュリティ技術，三菱電機技報，**82**，No.2，147～150（2008）
- (4) 岡部正治，ほか：デジタルCCTVシステム，三菱電機技報，**85**，No.6，357～360（2011）
- (5) 上田智弘，ほか：三菱デジタルCCTVシステム“MELOOKμ”，三菱電機技報，**82**，No.9，557～560（2008）
- (6) 上田智弘，ほか：進化するネットワーク技術“メルックμⅡシステム”，三菱電機技報，**86**，No.6，331～334（2012）
- (7) 寺内弘典，ほか：“メルックμ+”システム，三菱電機技報，**87**，No.5，285～288（2013）

# メルックμⅡスマートフォン連携

川村秀男\*  
草野勝大\*\*  
西川博文\*\*

## CCTV Remote Surveillance Monitoring System using SmartPhone

Hideo Kawamura, Katsuhiro Kusano, Hirofumi Nishikawa

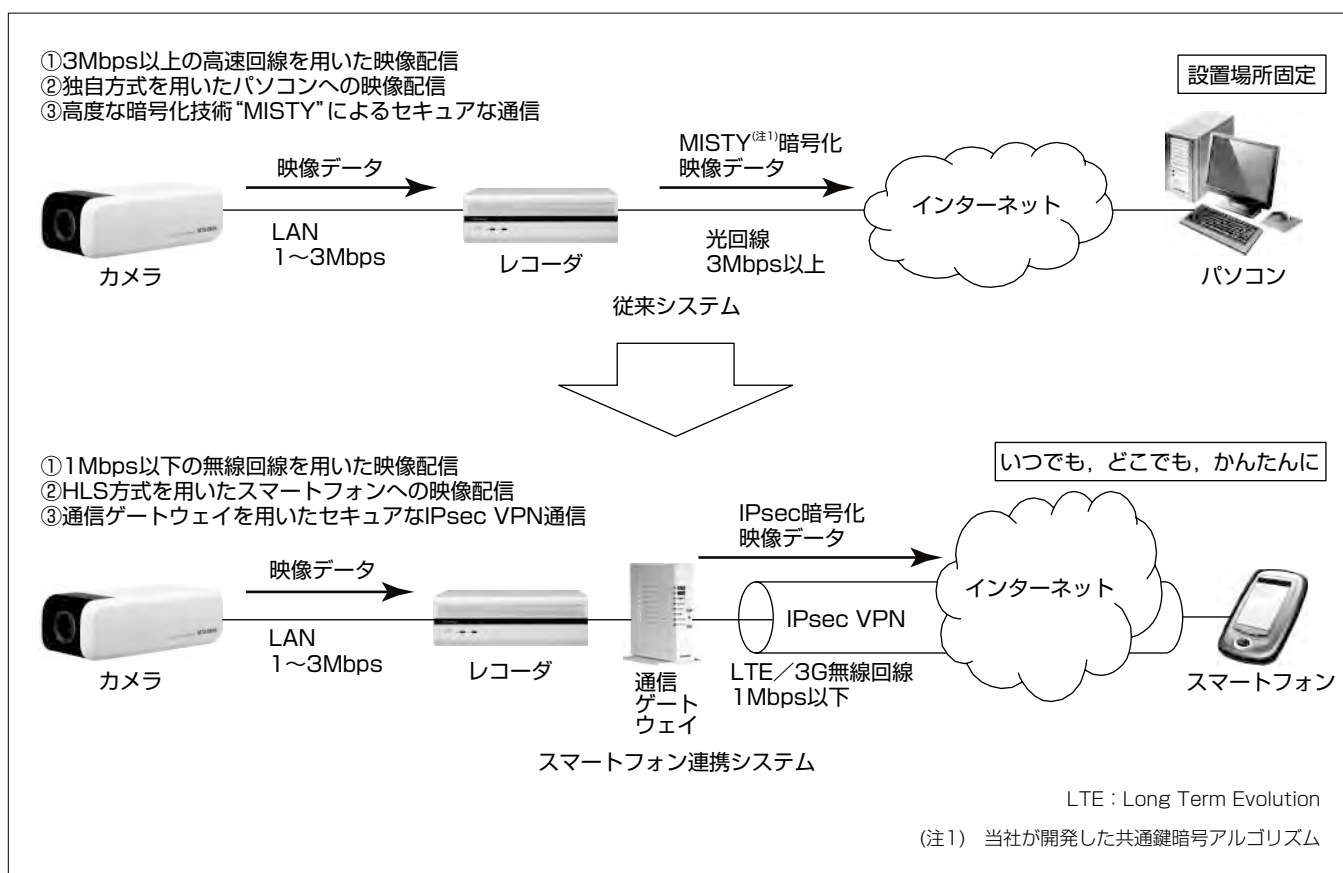
### 要 旨

三菱電機は、コンビニエンスストアなどの中小規模店舗向け映像監視システムとして“メルックμⅡ”システムを展開している<sup>(1)(2)(3)(4)</sup>。このシステムは、高感度撮影や高画質機能を持つIPカメラと、高解像度のカメラ映像を滑らかなまま長時間記録できるレコーダから構成される。また、インターネット経由のパソコン向け遠隔監視機能として、3Mbps以上の高速回線を使用した高解像度で滑らかな映像配信を実現している。さらに、配信データはプライバシー保護のため、当社の暗号化技術“MISTY”によってセキュア通信を可能としてきた。

一方で近年急速に普及したスマートフォンで、“いつでも、どこでも、かんたんに”遠隔で映像を監視したいという要望が国内外で高まってきた。これに対応するため、低

速回線(1Mbps以下)での高解像度映像を伝送可能にするデータレート削減技術を開発した。また、スマートフォン向け映像配信方式としてはデファクトスタンダードであるHLS(Http Live Streaming)方式を採用し、主要な機種での映像監視を可能とした。さらに、セキュア通信確保のため、スマートフォンに標準搭載される“IPsec VPN (Security Architecture for Internet Protocol Virtual Private Network)”に対応する通信ゲートウェイをこのシステムに適用した。

これらの技術によって、高解像度のカメラ映像をスマートフォンの低速回線でセキュアに遠隔監視することが可能となった。



### スマートフォン連携システム“メルックμⅡ”

メルックμⅡの従来システム(上図)では、光回線を用いた遠隔監視機能を実現していたが設置場所が固定される。そこで遠隔監視機能をスマートフォンで利用可能とし、いつでも・どこでも・かんたんな監視業務を実現した(下図)。また通信ゲートウェイによってセキュアな通信を実現した。



## 1. ま え が き

近年のセキュリティへの意識の高まりによって、監視カメラの高画質化とともに、インターネットからの遠隔監視機能への顧客要求も多い。

当社ではこれらの要求に対応した映像監視システムとして“メルックシリーズ”を展開している<sup>(5)(6)(7)(8)(9)</sup>。メルックシリーズの一つであるメルックμⅡシステムは、コンビニエンスストアなどの中小規模店舗を主要なターゲットとしている。このシステムは、最新の映像処理技術による高感度撮影や高画質機能を持つIPカメラと、高解像度のカメラ映像を滑らかなまま長時間記録再生可能なレコーダから構成される。また、このシステムはインターネット経由のパソコン向け遠隔監視機能として、3 Mbps以上の高速回線を使用した高解像度で滑らかな映像配信を実現している<sup>(10)</sup>。配信データはプライバシー保護のため、当社の暗号化技術“MISTY”によってセキュアな通信を可能としてきた。

しかし、普及が著しいスマートフォンによる“いつでも”“どこでも”“かんたん”映像確認を行いたい要望が国内外で高まってきた。

本稿ではこれらの要望に対応するために開発した遠隔監視技術について述べる。メルックμⅡとスマートフォンを連携することによって、LTE／3G無線回線下でも高解像度映像の伝送を可能とした。

## 2. 映像配信技術動向

2000年頃にはパソコンへの映像配信が普及し始めたが、独自規格を利用した低解像度の映像配信が主流であった。ここ数年の無線回線高速化(LTE／3G、無線LAN)と携帯端末の高機能化、リアルタイム伝送に適する通信プロトコルの実現によって、スマートフォン・タブレットへの映像配信は急速な普及を果たした。

映像配信では、UDP(User Datagram Protocol)をベースとしたリアルタイム性を確保可能な比較的特殊なプロトコルが使用されてきたが、近年、Webサーバ上に映像符号化データを細切れに配置し、疑似ストリーミング(プログレッシブストリーミング)を可能にする新たな伝送方式が普及している。代表的な方式としてApple社が提唱するHLSがあり、スマートフォンの2大勢力である、“iOS”と“Android”のいずれもHLSによる映像配信の受信再生機能を持つ。

なお、HLSの拡張の位置付けにあり、OnDemand再生やファイルフォーマット拡張を行った配信規格として、MPEG-DASH(Moving Picture Experts Group-Dynamic Adaptive Streaming over HTTP)がISOで標準化されており、パソコンでの試験実装や、一部のスマートフォンでのAPI(Application Programming Interface)実装が行われている。

## 3. スマートフォン連携実現のための解決策

### 3.1 データ転送レート削減

メルックμⅡシステムの特長である高解像度かつ滑らかな映像を遠隔監視で実現するためには、3 Mbps以上のデータ転送レートが必要となる。しかし、スマートフォンが使用するLTE／3G回線のデータ転送レートは場所・時間によって変動し、実レート1 Mbps以下の場合もある。このため、データ転送レートの削減が必要となる。削減する方式として、次の2方式を検討した。

#### (1) IDR(Intra-coded)抽出方式

映像符号化データから特定データ(IDR)を抽出して無線回線で伝送可能な転送レートに変更する方式である。高解像度は維持できるが、映像の滑らかさが犠牲になる。トランスコード方式に比べCPU負荷は低い。

#### (2) トランスコード方式

映像符号化データを無線回線で伝送可能な転送レート以下に再エンコードする方式である。滑らかな映像品質を確保できるが、高解像度が犠牲になる。また再エンコードが必要となりCPU負荷が高い。

検討の結果、スマートフォンでの遠隔監視における顧客要求は“滑らかさ”よりも“高解像度”な映像監視であることから、IDR抽出方式を採用した。

次に、IDR抽出方式に適用した技術を述べる。このシステムでは、カメラはH.264方式で符号化したデータを出力する。

そのデータ形式は図1に示すように、単一画像全体を符号化するIDRフレームと、過去画像と撮影画像の差分情報だけを符号化したP(Predicted)フレームから構成される。IDRフレームは単一画像1枚から構成される映像符号化データであり、受信側ではIDRフレーム単体から画像表示が可能になる。Pフレームは過去に符号化した映像フレームとの差分情報を符号化したもので、Pフレーム単体での画像表示はできない。今回、符号化データからIDRフレーム

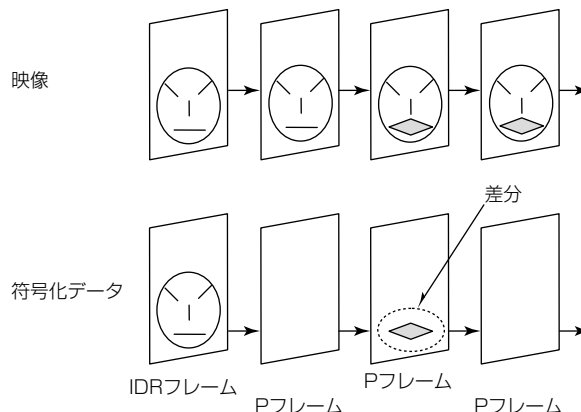


図1 H.264符号化方式

だけを抽出することで、転送レートを3Mbpsから0.9Mbpsに削減可能なことを検証した。これによって、LTE/3G回線での高解像度映像伝送が可能なことを確認した。

### 3.2 HLSによるスマートフォン遠隔監視機能

従来システムの映像配信は独自方式であるため、スマートフォンに新たなアプリケーションをインストールしないと遠隔監視を実現できない。このため、スマートフォン向け映像配信方式としてはデファクトスタンダードであるHLS方式を採用し、主要な機種での映像監視を可能とした。

HLS方式は、映像符号化データを複数のフラグメントに分割し、サーバからクライアントに配信する方式である。HLSの動作シーケンスを次に示す。

- (1) サーバは映像符号化データを特定時間単位でフラグメントに分割し、分割した映像符号化データを再生するためのプレイリストを用意する。なお、分割時間は10秒単位が推奨されているが変更可能である。
- (2) クライアントはサーバから、プレイリストを取得した上で、フラグメントを随時取得する。
- (3) クライアントはプレイリストとフラグメントから映像符号化データを結合し、ブラウザに映像を表示する。

この動作を採用することでHLS方式での映像配信が可能となり、スマートフォンでの映像配信方式の互換性を確保できる(図2)。

しかし、HLS方式の実装は、スマートフォンのOSバージョンによって異なる。このため、実装時に互換性確保のための処理を追加し、主要なスマートフォンでの映像監視を実現した。

今後メルックシリーズでは、レコーダで複数のフラグメントとプレイリストを用意し、回線レート適応を行う。こ

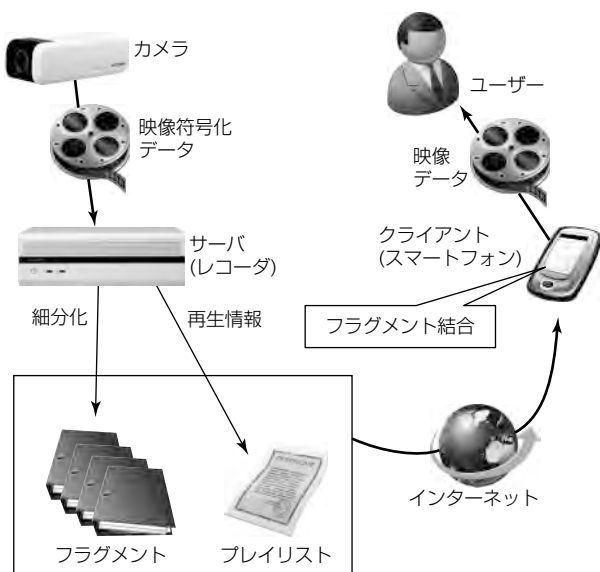


図2. HLS方式を用いた映像配信

れによって、無線回線状態に応じた最適な映像データを伝送することを可能としていく。

### 3.3 通信ゲートウェイ連携によるセキュア通信

インターネットを経由した映像配信を行う場合は、情報漏えい防止を目的としたセキュリティ確保が必要となる。しかし、従来使用していた“MISTY”暗号は、スマートフォンには標準搭載されていない。このため、スマートフォンに標準搭載されるIPsec VPNを用いたセキュア通信を実現した。具体的には、IPsec VPNに対応した当社製通信ゲートウェイを適用し、インターネット経由の映像配信を暗号化した(図3)。

このシステムにおけるIPsec VPNを用いたセキュア通信手順を図4に示す。

- ①ユーザーは遠隔監視に使用するスマートフォンを、通信ゲートウェイに登録する。同時に鍵情報をスマートフォンに登録する。
- ②通信ゲートウェイは、インターネットのグローバルIPアドレスをスマートフォンに通知する。
- ③ユーザーはスマートフォンに通知された通信ゲートウェイのIPアドレスに対してIPsec VPN接続要求を行う。
- ④通信ゲートウェイはIPsec VPN接続要求に対して①の鍵でIPsec VPN認証し、セキュア通信を開始する。

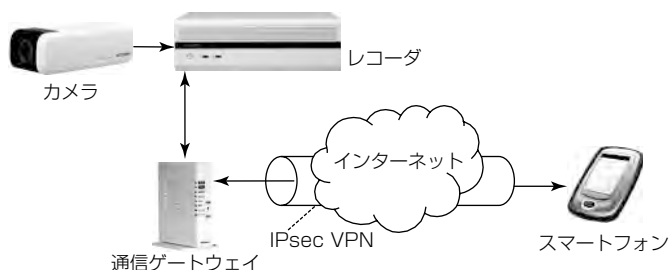


図3. スマートフォン連携メルックμⅡシステム

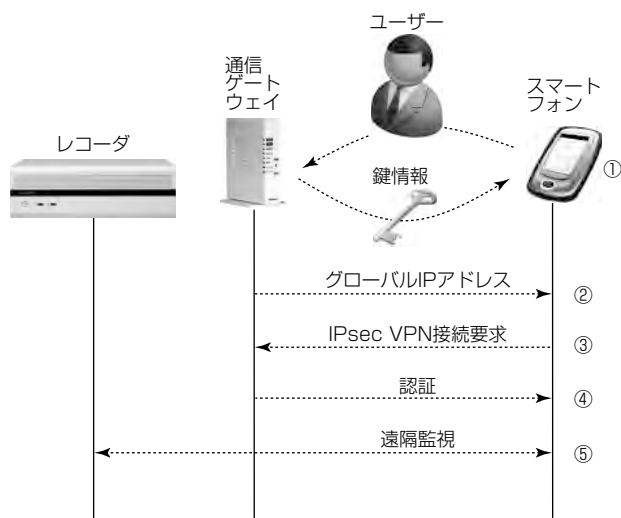


図4. IPsec VPN認証手順



⑤ユーザーはスマートフォンのWebブラウザでレコーダのURL (Uniform Resource Locator) を選択し、映像監視を開始する。

この手順でスマートフォンでの映像監視をセキュアに実施できる。

#### 4. む す び

顧客要求が高いスマートフォンでの遠隔監視機能を実現するために、メルック  $\mu$  II システムで低速回線での高解像度映像を伝送可能な技術を開発した。スマートフォン向け映像配信方式としてはデファクトスタンダードであるHLS方式を採用し、主要なスマートフォンでの映像監視を可能とした。さらに、スマートフォンに標準搭載されているセキュア通信方式IPsec VPNを活用し、当社製通信ゲートウェイをこのシステムに適用することでセキュア通信を実現した。

この技術の活用によって、24時間体制での監視業務の効率化を図ることが可能になった。さらにこのシステムは、店舗・街路等の防犯や社会インフラなどの防災向けに経済的な高機能・高性能映像監視システムの導入を可能にし、我々の暮らしの“安心・安全”を高められる。

今後も、スマートフォンでの映像監視機能の機能拡充を図るのはもちろんのこと、顧客要求を踏まえたメルックシリーズの高機能化・高性能化を進めていく。

#### 参 考 文 献

- (1) 上田智弘, ほか: “メルック  $\mu$  II” システム, 三菱電機技報, **86**, No.6, 331~334 (2012)
- (2) 寺内弘典, ほか: “MELOOK  $\mu$  +” システム, 三菱電機技報, **87**, No.5, 285~288 (2013)
- (3) メルック  $\mu$  II システム  
<http://www.mitsubishielectric.co.jp/cctv/melookmu/mu2/>
- (4) メルック  $\mu$  + システム  
<http://www.mitsubishielectric.co.jp/cctv/melookmu/muplus/>
- (5) 上田智弘, ほか: 三菱デジタルCCTVシステム “MELOOK  $\mu$ ”, 三菱電機技報, **82**, No.9, 557~560 (2008)
- (6) 前田卓志, ほか: 三菱電機トータルセキュリティソリューション “DIGUARD” システムの展開, 三菱電機技報, **82**, No.9, 548~552 (2008)
- (7) 竹田昌弘, ほか: 三菱電機トータルセキュリティソリューション “DIGUARD”, 三菱電機技報, **82**, No.4, 245~248 (2008)
- (8) 三浦健次郎, ほか: セキュリティ構築プラットフォーム “DIGUARD NET”, 三菱電機技報, **82**, No.4, 249~254 (2008)
- (9) 近澤 武, ほか: 次世代ネットワークにおけるセキュリティ技術, 三菱電機技報, **82**, No.2, 147~150 (2008)
- (10) 野田忠義, ほか: 監視映像の遠隔配信技術, 三菱電機技報, **83**, No.6, 380~383 (2009)