

野田敬寛*

中江 伸*

大塚 博*

CATV事業者向け無線LANルータ内蔵ONU

ONU with Built-in Wireless LAN Router for CATV Operators

Takahiro Noda, Shin Nakae, Hiroshi Otsuka

要 旨

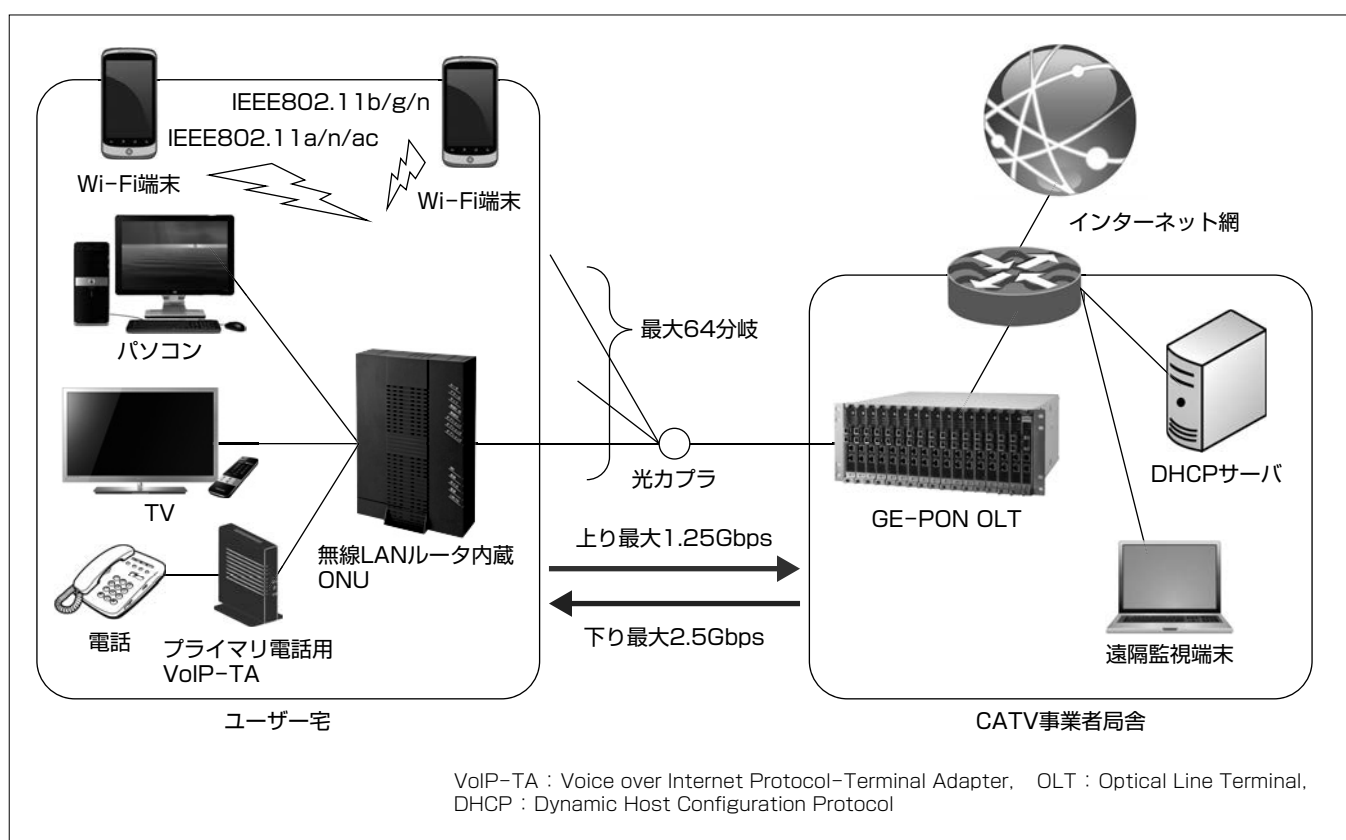
近年、CATV(Cable TeleVision)業界では通信キャリアとの競合激化による高速化、HFC(Hybrid Fiber-Coaxial)インフラ老朽化対策、4K/8K映像配信への対応からFTTH(Fiber To The Home)化を志向する事業者が増加傾向にある。一方、スマートフォンの普及によって、多くの家庭ではONU(Optical Network Unit)に無線ルータが接続され、省スペース化要望から無線LANルータをONUに実装するニーズが高まり始めている。

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⁽¹⁾を製品化してきた。また、2010年には無線LAN内蔵ホームゲートウェイ装置⁽²⁾の製品化を実現し、ブロードバンド

サービスを提供してきた。今回、CATV事業者向けに無線LANルータ内蔵ONUを開発した。

無線LAN機能は2.4GHz帯及び5GHz帯の同時使用を可能とし、GE-PON区間は下り最大2.5Gbps伝送を可能とした。また、CATV事業者向けにルータ機能の遠隔監視及びサービスオプション追加を可能としている。

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保有する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、長距離高速伝送技術と無線伝送技術を活用し、ブロードバンドサービス用途だけでなく無線基地局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ていく。



無線LANルータ内蔵ONUのシステム構成

無線LANルータ内蔵ONUは光通信を使ったインターネット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ONUは、無線LANの機能として2.4GHzと5GHz(11ac)の同時通信機能を実装した。さらに、将来の下り通信容量増加に備え、光アクセス回線の下り2.5Gbps伝送、CATV事業者向けに保守性向上としてルータ部の遠隔設定を可能とした。

1. ま え が き

近年、CATV業界では通信キャリアとの競合激化による高速化、HFCインフラ老朽化対策、4K/8K映像配信への対応から、FTTH化を志向する事業者が増加傾向にある。一方、スマートフォンやタブレット端末の普及によって、多くの家庭ではONUに無線LANルータが接続され、省スペース化要望から無線LAN機能をONUに実装するニーズが高まり始めている。

今回、ONU機能と無線LANルータを一体化した無線LANルータ内蔵ONUを開発した。ONU機能は将来の下り通信容量増加に備え、従来の上下1.25Gbps通信に加え、下り2.5Gbps通信を可能とした。無線LAN機能は、実効速度800Mbpsを実現するIEEE802.11ac(以下“11ac”)を含め、2.4GHz帯及び5GHz帯のデュアルバンド化を可能にした。また、CATV事業者向けに遠隔からの保守及びサービス変更が可能な遠隔操作機能を追加した。

2. 市場での課題と要求

2.1 市場状況

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2,729万世帯(2015年9月末時点)まで拡大している⁽³⁾。

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の提供に寄与してきた。また、機能カスタマイズによる機能向上を図り、幅広いユーザーへの展開を行ってきた。

CATV事業者でも、HFCインフラ老朽化対策、4K/8K映像配信への対応からFTTH化が進められており、光ファイバの有効活用としてGE-PON装置などを用いてインターネット接続サービスを提供している。

2.2 課題と要求

インターネット接続方法が多様化し、家庭での利用方法もパソコンに加え、スマートフォン、タブレット型端末、家庭用テレビゲーム機などによる無線LAN接続の需要が高まりつつある(図1)。

従来のONUは、ユーザー側との接続を有線LANのインタフェースで行っており、無線LANでの接続を行う場合は別途無線LANルータを介して行うことが一般的であった。しかし、スマートフォンなどでインターネット接続を行うライトユーザーに対してサービスを提供するに当たり、より容易に利用できることや機器一体化による省スペース化が求められている。

一方で高速通信に対応した無線LAN規格の策定も進められている。理論速度として433Mbps~6.9Gbpsに対応した規格である11acは2013年12月に標準化が完了した。同

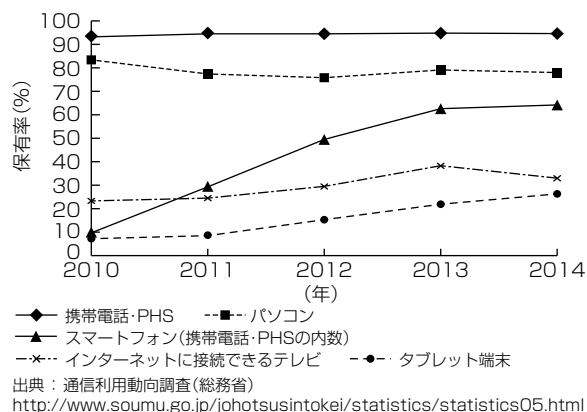


図1. 情報通信端末の世帯保有率の推移

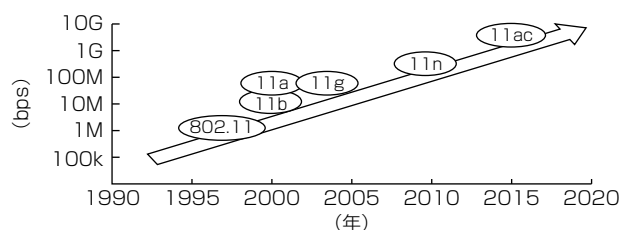


図2. 無線LAN規格の変遷

規格に対応した情報通信端末の製品化が進み、1.3Gbpsの伝送速度に対応した無線LANルータが普及している(図2)。

3. 無線LANルータ内蔵ONU

3.1 システム構成

無線LANルータ内蔵ONUは、GE-PON ONU機能と無線LANルータ機能で構成される。

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1.25Gbpsの光アクセス通信を行う技術である。GE-PONシステムは、上位ネットワーク側の事業者局舎に設置されるOLTとユーザー宅に設置されるONUで構成される。また低コストな受動素子である光カプラを用いて光信号を複数に分岐し、一心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。

無線LANルータ内蔵ONUは、ユーザー端末を有線で接続する100/1000BASE-Tに準拠したLANポートを4ポートとプライマリ電話サービス専用LANポートを1ポート具備する。また、無線LAN機能は、2.4GHz帯のIEEE802.11b/g/n、5GHz帯のIEEE802.11a/n/acのデュアル化による同時利用を可能としている。図3にGE-PONのシステム構成を示す。

3.2 主要諸元

今回開発した無線LANルータ内蔵ONU機能の主要諸元を表1に、無線LANルータ機能の主要諸元を表2に、ONUの外観を図4に示す。

3.3 2.4GHz/5GHzデュアル無線LAN機能

このONUの要求仕様である2.4GHz/5GHzデュアル無線LAN同時動作機能の実装と、性能測定結果について述べる。

表 1. 無線LANルータ内蔵ONU機能の主要諸元

項目	仕様
PON	ポート種別 1000BASE-PX10-U
	コネクタ/ポート数 SC/1ポート
LAN	ポート種別 100BASE-TX/1000BASE-T
	コネクタ/ポート数 RJ45/5ポート(速度設定: Auto) MDI/MDI-X自動検出
LAN(TA)	ポート種別 10BASE-T/100BASE-TX
	コネクタ/ポート数 RJ45/1ポート(速度設定: Auto) MDI/MDI-X自動検出
無線LAN	ポート種別 オンボード実装
	コネクタ/ポート数 b/g/n 2.4GHz 3×3MIMO≥300Mbps a/n/ac 5GHz 3×3MIMO≥800Mbps
USB	ポート種別 USB 2.0 High Speed(480Mbps)
	コネクタ/ポート数 Type A/2ポート
PON機能	送信波長 1,260~1,360nm
	受信波長 1,480~1,500nm
	送信電力 -0.7~+5.3dBm
	受信感度 -5.5~-25.7dBm
	伝送距離 32分岐: 14.0km, 64km: 12.5km
	伝送速度 上り最大: 1.25Gbps, 下り最大: 2.5Gbps
ブロードバンドルータ機能	インターネット接続 IPoE
	ルーティング変換, Proxy IPv 4/IPv 6ルーティング DNS Proxy 動的・静的NAPT, 静的NAT パケットフィルタリング
	無線LAN AP WPS2.0対応
	アドレス配布 DHCPサーバ
	ログ管理 通信ログ, 装置ログ, セキュリティログ
	遠隔保守 HTTPによるリモート操作, 遠隔バージョンアップ
ハードウェア諸元	動作環境条件 0~40℃, 20~80% (ただし, 結露なきこと)
	電源 AC100V(50/60Hz)
	消費電力 20W以下
	電波障害規格 VCCI クラスB
	外形寸法 55(W)×258(H)×171(D)(mm) (ACアダプタ, 突起含まず)
	質量 650g以下(ACアダプタ含まず)

RJ45 : Registered Jack 45
MDI : Medium Dependent Interface
MDI-X : MDI Crossover
MIMO : Multi Input Multi Output
IPoE : Internet Protocol over Ethernet
DNS : Domain Name Server
NAPT : Network Address Port Translation
NAT : Network Address Translation
AP : Access Point
WPS : WiFi Protected Setup
HTTP : HyperText Transfer Protocol
VCCI : Voluntary Control Council for Interference by information technology equipment

3.3.1 デュアルバンド同時動作機能の実装

2.4GHz帯/5GHz帯の同時動作を可能とするため, 2.4GHz帯/5GHz帯それぞれに3×3 MIMOに対応する無線LANプロセッサを1個ずつ実装するプラットフォームを採用した。各無線LANプロセッサを同時動作させることで, デュアルバンド同時動作機能を実現している。図5に無線LAN回路部のブロック図を示す。

フロントエンド回路は, 送受信アンプ, 送受信切替え用スイッチ, フィルタで構成されている。フロントエンド回路のアンテナ側は, ダイプレクサと2.4GHz帯/5GHz帯の両周波数帯に対応するアンテナを採用し, 2.4GHz帯/5GHz帯でアンテナを共用化し, 基板上のアンテナ実装面積を削減した。

表 2. 無線LANルータ機能の主要諸元

項目	仕様
準拠規格	IEEE802.11ac/a/b/g/n
周波数帯	b/g/n 2.4GHz 3×3MIMO
	a/n/ac 5GHz 3×3MIMO
最大伝送速度(理論値)	2.4GHz/5GHz帯デュアル
	(1) 1,300Mbps(11ac: 3×3MIMO)
	(2) 450Mbps(11n: 3×3MIMO)
	(3) 54Mbps(11a, 11g)
セキュリティ	(4) 11Mbps(11b)
	(1) 暗号化
	① WPA2-PSK(AES)
	② WPA2/WPA-PSK(TKIP/AES)
アンテナ	③ WEP(64/128bit)
	(2) SSIDステルス(ANY接続拒否)
	(3) MACアドレス制限機能
アンテナ 2.4GHz/5GHz共用小形マルチアンテナ: 3本	

WPA : Wi-Fi Protected Access, PSK : Pre-Shared Key,
AES : Advanced Encryption Standard,
TKIP : Temporal Key Integrity Protocol,
WEP : Wired Equivalent Privacy, SSID : Service Set Identifier,
MAC : Media Access Control



図 4. 無線LANルータ内蔵ONU

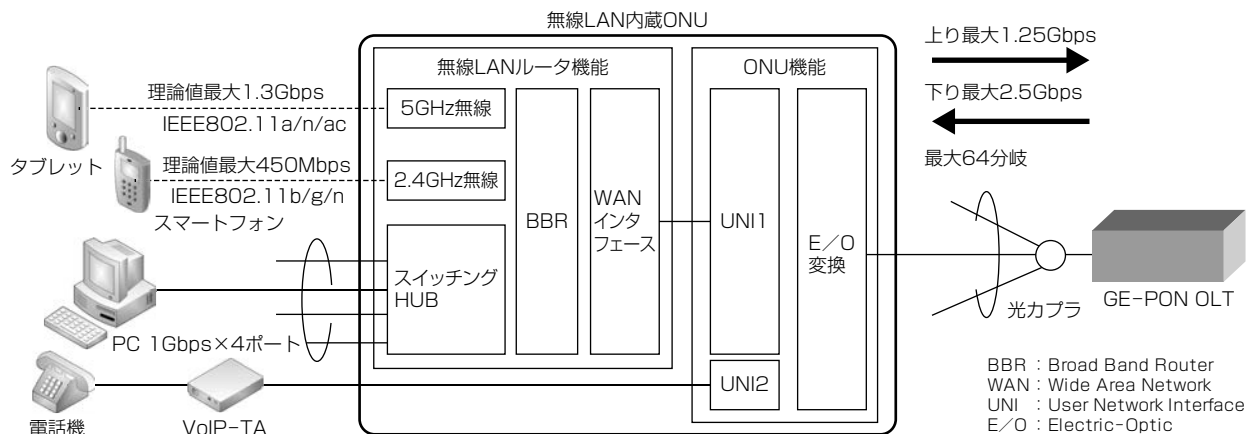


図 3. 無線LANルータ内蔵ONUのシステム構成

ダイプレクサは、2.4GHz帯に対応するフィルタと5GHz帯に対応するフィルタで構成される部品である。受信信号の分波、送信信号の合波、2.4GHz／5GHz間の干渉抑圧、及び他アンテナからの干渉波を抑圧する機能を持つ。

アンテナは、当社情報技術総合研究所が開発した、2.4GHz／5GHz共用小形マルチアンテナを使用した(図6)。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／5GHz帯それぞれに対応する2つの分岐導体を持ち、2.4GHz単体アンテナと同等サイズで両周波数帯への対応を実現している。

製造検査では、ダイプレクサ共通端子に同軸コネクタを実装することで、テスターとの接続を2.4GHz／5GHzで共通とした。さらに3アンテナの出力を3：1のディバイダで切り替えることで、テスターとの接続は1点に集約す

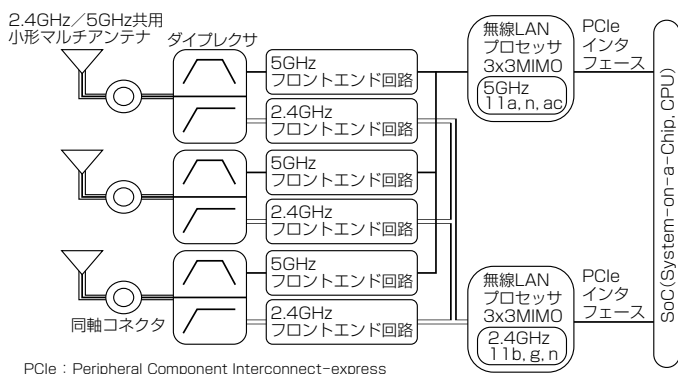


図5. 無線LAN回路部のブロック図

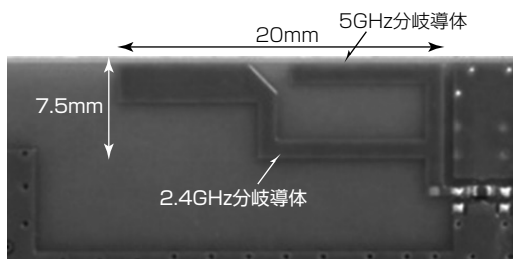


図6. 2.4GHz／5GHz共用小形マルチアンテナの構造

ることができ、検査設備の簡素化ができた。

3.3.2 無線LANスループット性能測定結果

次に無線LANスループット性能測定結果について述べる。無線LANのスループット測定系を図7に示す。電波暗室で、このONUとOLTを光ファイバで接続、無線LAN接続はONUと子機をエアで接続し、1,500バイトのUDP(User Datagram Protocol)パケットをデータ送信側のOLT(下り時)、又は子機(上り時)に連続的に印加してスループットを測定した。この測定では、ONUと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、ONUと同等性能のものを評価用として使用した。スループット測定結果を表3に示す。2.4GHz帯の11nによる無線伝送では目標性能である300Mbps以上、5GHz帯の11acによる無線伝送では目標性能である800Mbps以上の性能が得られることを確認した。

3.4 PON区間の下り2.5Gbps

高速伝送を可能とした無線LANルータ部の性能を有効活用するため、GE-PON区間の伝送速度高速化を図り、専用のOLTと接続することで下り方向(OLT→ONU)で従来の伝送速度の2倍(1.25Gbps→2.5Gbps)での通信を実現した(図8)。

表3. スループット測定結果

測定条件	スループット
2.4GHz 11n 3×3, MIMO下り	322~335Mbps
2.4GHz 11n 3×3, MIMO上り	323~333Mbps
5GHz 11ac 3×3, MIMO下り	975~987Mbps
5GHz 11ac 3×3, MIMO上り	944~966Mbps

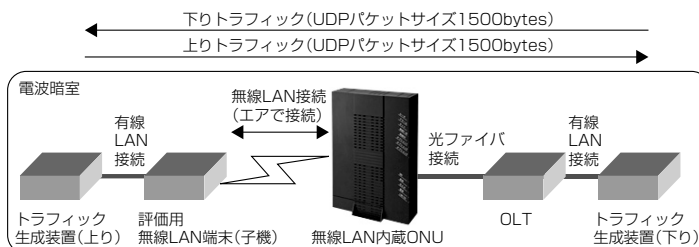


図7. 無線LANスループット測定系

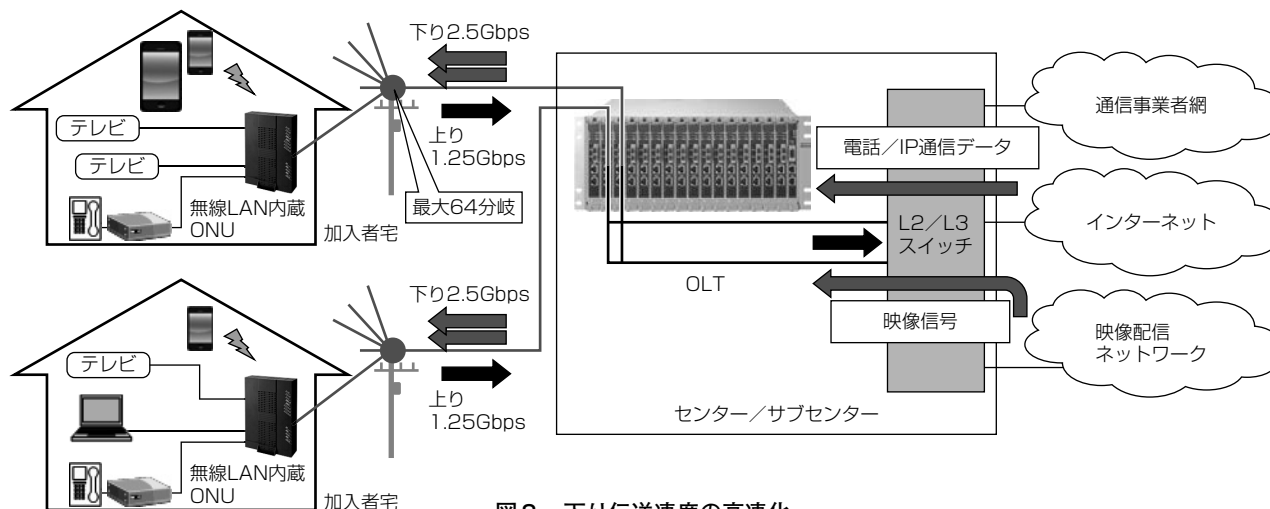


図8. 下り伝送速度の高速化

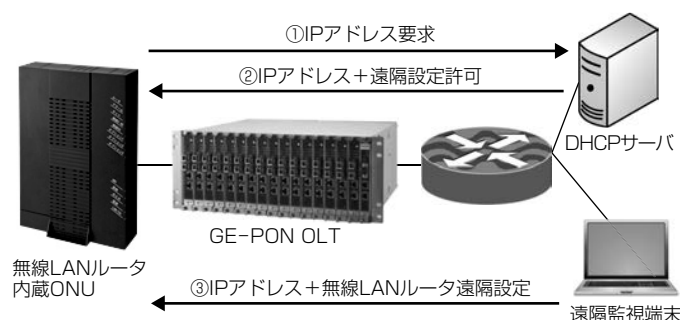


図9. 遠隔設定シーケンス

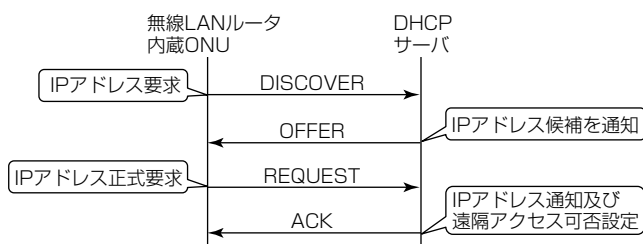


図10. DHCPシーケンス

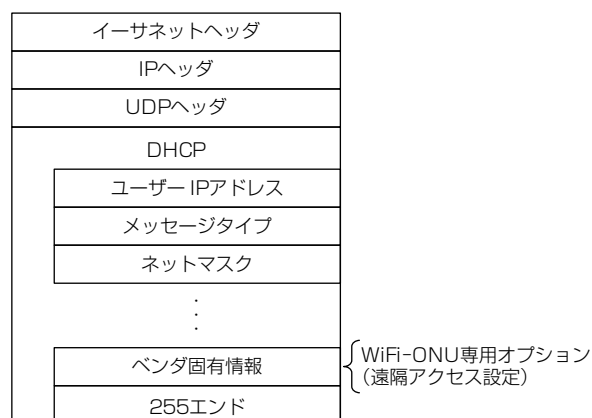


図11. DHCPパケットと遠隔アクセス可否設定

同機能実現のためONUでは、光送受信器に2.5Gbpsの伝送に対応した受光素子を採用している。この素子は1.25Gbpsでの信号伝送にも対応しており、従来のGE-PONシステム(上り下りともに伝送速度1.25Gbps)にも接続することが可能である。

3.5 遠隔保守・サービスの追加

CATV事業者向けに一般の無線LANルータには実装されていない遠隔保守機能を追加した(図9)。遠隔保守機能によって、CATV事業者は、エンドユーザーに提供するサービスに合わせ設定変更、障害時の調査が容易となる。

一般的な無線LANルータは、セキュリティ上、遠隔からのアクセスを禁止している。このONUでは、DHCPによるCATV業者からのIPアドレス設定時に特定の遠隔監視端末からのアクセス可否を設定する。遠隔設定は、各事業者での設定ツール開発負荷を考慮し、一般的に普及しているHTTPを採用した。

表4. 遠隔監視・設定内容

HTTPメソッド	内容
POST	IPv6ルーティング有効/無効設定
POST	無線LANサービス有効/無効設定
GET	ルータ再起動
GET	無線LANサービス状態取得
GET	ソフトウェアバージョン取得
POST	ソフトウェア更新通知

3.5.1 DHCPによる遠隔設定許可機能

一般的にCATV事業者では、従来のケーブルモデムの設定に合わせ、DHCPによって通信機器のネットワーク設定を行う。

DHCPでは、無線LANルータ内蔵ONUからサーバに対してIPアドレスを要求し、サーバはOFFERメッセージでIPアドレスの候補値を応答する。無線LANルータ内蔵ONUは、割り当てられたIPアドレスを使用可能であれば、正式にIPアドレスを要求し、サーバは再度応答する。また、DHCPでは、IPアドレスに加え、オプションとしてサービスに必要な情報を付与して無線LANルータ内蔵ONUのネットワークを設定することが可能である(図10)。

このONUでは、DHCPのオプションを使用し、専用の情報を付与することで、特定端末からの遠隔アクセスのみを許可することを可能とした(図11)。

3.5.2 HTTPによる遠隔設定コマンド

遠隔設定プロトコルには各CATV事業者での監視アプリケーションの実装を容易にするためHTTPを使用している。表4にサポートする遠隔監視・設定内容を示す。

4. む す び

CATV事業者向けの無線LANルータ内蔵ONUの2.4GHz/5GHzデュアル無線LAN技術、下り2.5Gbps化の技術及び遠隔保守機能について述べた。

今後も、これまでの開発で培った光アクセス技術、無線アクセス技術、ルータ機能拡張技術を活用し、GE-PON装置又はルータ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への展開だけでなく、無線LANルータ部のソフトウェア拡張性とGE-PONの長距離高速伝送を活用し、鉄道事業者向けシステムや産業用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) 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)
- (2) 岡 稔久, ほか: 三菱通信ゲートウェイ“smartstar”, 三菱電機技報, **89**, No. 6, 338~342 (2015)
- (3) 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27年度第2四半期(9月末))