

# 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。

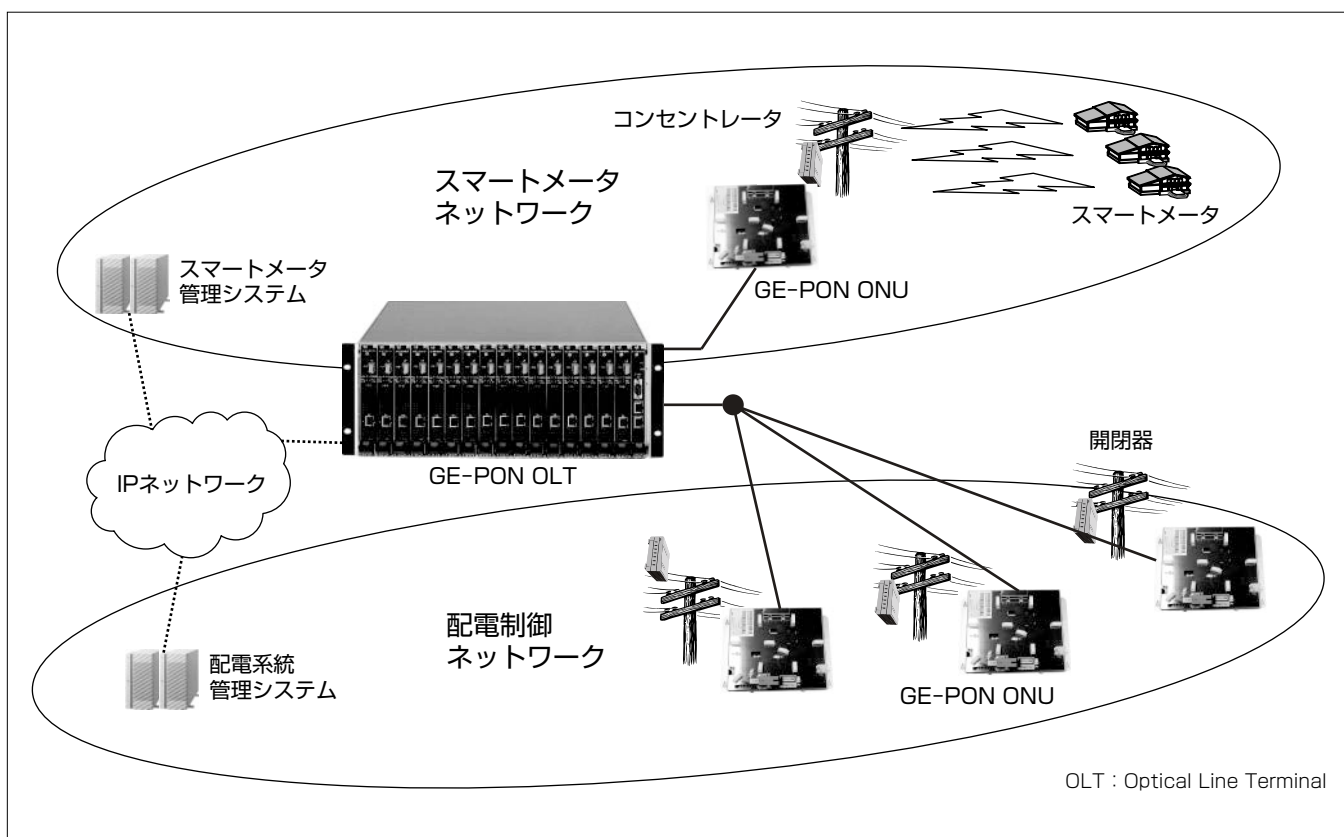
三菱電機は、2004年以降ユーザー収容効率の高いGE-PON(Gigabit Ethernet-Passive Optical Network)装置の製品化を行い、ブロードバンドサービスを提供してきた。

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<sup>(1)</sup>。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<sup>(2)</sup>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<sup>(3)(4)</sup>

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

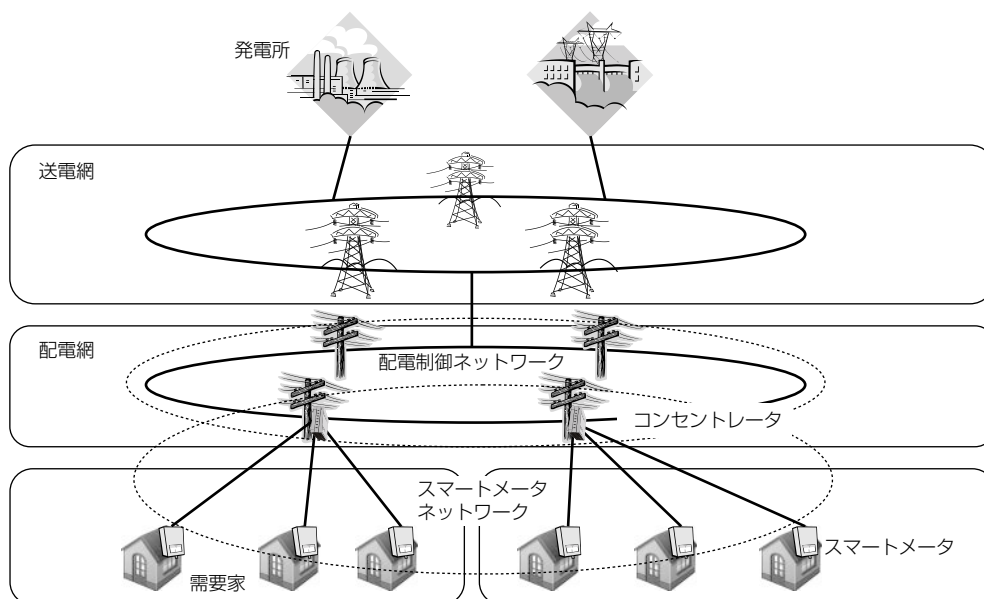


図1. スマートグリッド用情報通信ネットワークの構成

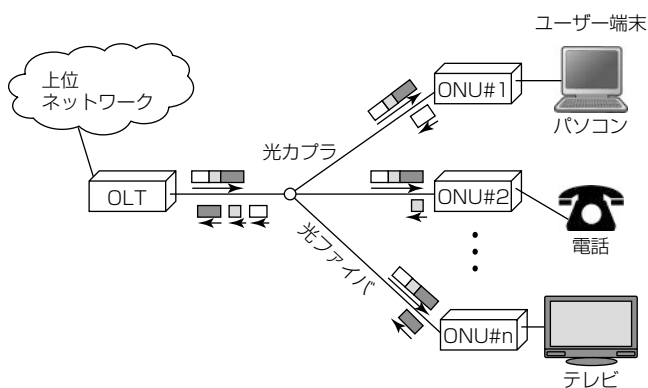


図 2. GE-PONのシステム構成

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。

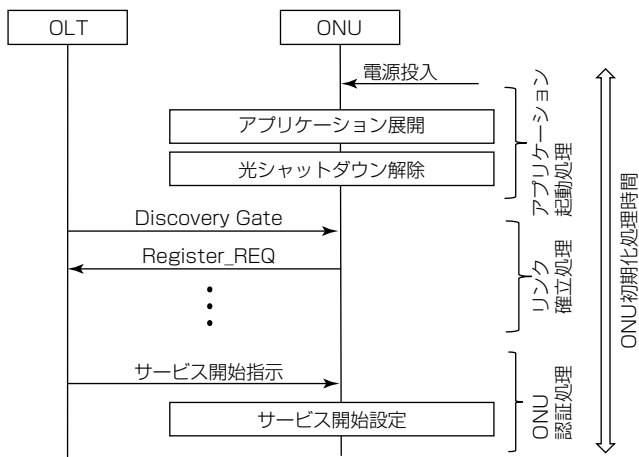


図 3. 従来のONU初期化処理

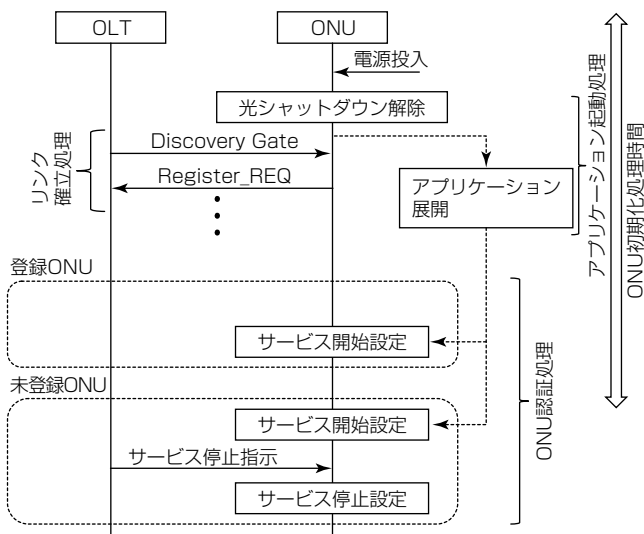


図 4. 改善後のONU初期化処理

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

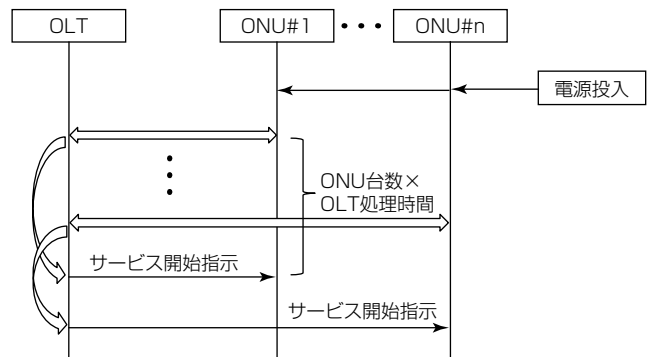


図 5. 複数ONUに対するONU認証処理

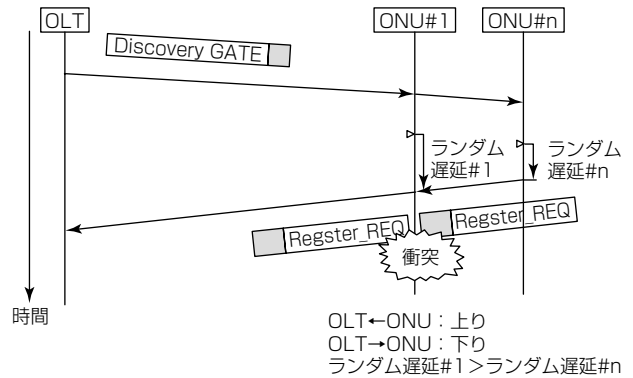


図 6. Register\_REQフレームの衝突

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

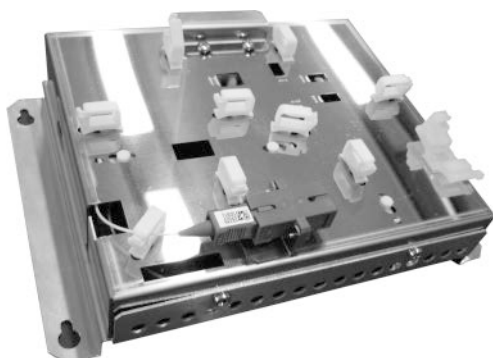


図 7. ONU

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。

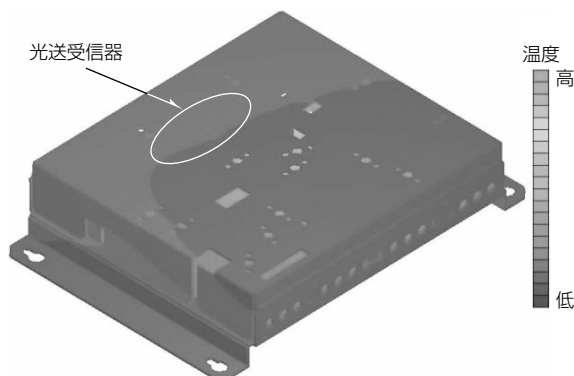


図 8. ONUの熱解析結果

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](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)