

# 柔軟なサービス提供に向けた将来の光アクセス技術

おおたか あきひろ

大高 明浩

NTTアクセスサービスシステム研究所 プロジェクトマネージャ

これまで光アクセスは、より高速で安定したインターネットアクセスの用途で広まってきました。一方、変化しつつある今後の市場に対応するためには、単純な高速化に向けた技術開発だけでは解決できない課題がみえてきました。次世代の光アクセスに向けてはリソースを柔軟に利用するという考え方をを用いる必要があると考えています。本稿では、その概要とそれを実現するためにNTTアクセスサービスシステム研究所で取り組んでいる技術の例を紹介します。なお、本特集は2014年10月17日に開催された「つくばフォーラム2014」ワークショップでの講演を基に構成したものです。



## 次世代の光アクセスの課題

光アクセスは主にインターネットのブロードバンドアクセス用途で広まってきました。50 Mbit/sのPON (Passive Optical Network) で開始されたFTTH (Fiber To The Home) サービスは、B (Broadband) -PONを経て、現在はGE (Gigabit Ethernet) -PONシステムにより最大1 Gbit/sのサービスが提供されています。総務省の統計によると、日本のインターネットトラフィックは固定回線利用が約2.9 Tbit/s (2014年5月)、移動通信利用が約620 Mbit/s (2014年6月) となっており<sup>(1), (2)</sup>、それぞれ年率30%、50%程度の増加となっています。このように、トラフィックはますます増加する傾向があるものの、最近では光回線数の増加に鈍化傾向がみえてきているなど、環境が変化しつつあります。このような状況で、将来に向けて光アクセスには何が必要となるのでしょうか？ 固定回線、移動通信向け光回線のそれぞれについて状況を考えてみます。

### ■固定回線

固定回線のユーザ当りのトラフィック量の経年変化を図1に示します<sup>(1), (3), (4)</sup>。平均的には回線当り数100 kbit/s程度のトラフィック利用しかなく、1 Gbit/sの回線であれば1日に10秒程度の通信量しかないことを示しています。また、上位1%のヘビーユーザにとっても平均速度は数Mbit/s程度であり、アクセスで提供している速

度に遠く及ばない状況です。さらに、トラフィック増加の傾きをみると、トラフィック増よりも技術の進歩による速度増のほうが早いことが分かります。ここで考えるべきは、このような議論は平均値の議論であって、まれに発生する事象をカバーしていないということです。PONなどの1つのアクセスシステムにおいて帯域をシェアするユーザ数の規模では、必ずしも統計多

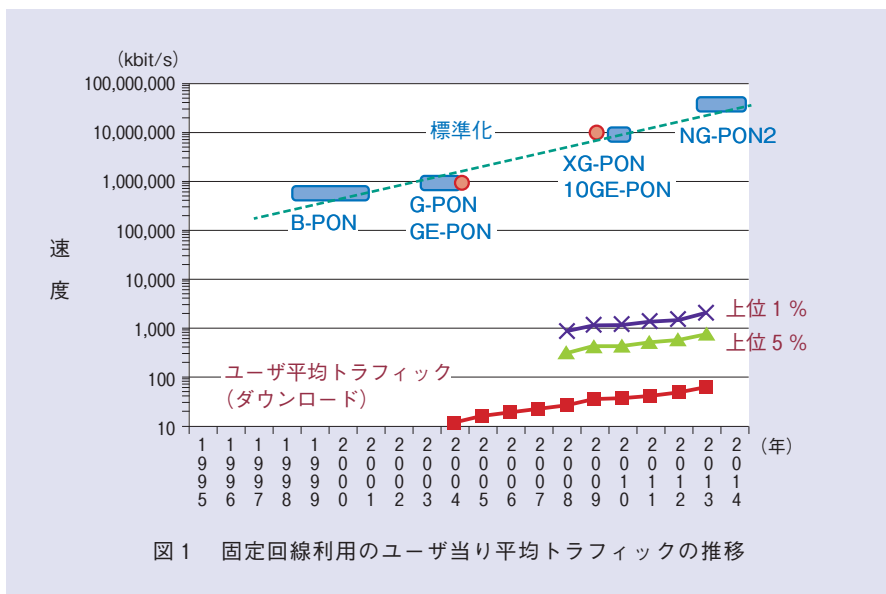


図1 固定回線利用のユーザ当り平均トラフィックの推移

重効果が期待できません。このため、アクセスにおいてはまれに発生する事象を考慮したうえでサービスを問題なく提供可能かどうか、1つの重要なポイントとなります。例えばIPでの映像サービスでは、コンテンツの帯域とサービス上の同時視聴可能チャンネル数の全ユーザの合計値がアクセスの総帯域以下になっていれば、全契約者が最大限まで視聴したとしても必ずサービス提供が可能になります。一方、このためには、平均的な利用量からみた帯域よりも大きな容量がアクセスシステムには必要となってしまう、無駄にリソースを抱えている状況になります。今後の光コラボレーションモデルにおいては、特定の用途や帯域そのものをコラボレーション先の事業者へ保障するなどのビジネスモデルが進展すると考えており、このような無駄が生じることなく効率的にリソースを割り当てるのが経済的な光アクセスの提供に向けて必要となります。

■移動通信向け光回線

移動通信の基地局は光回線でネットワークと結ばれていますが、この回線のトラフィックは利用者の増加と利用者当りの通信量増加の相乗効果でトラフィックが増えている状況です。現状では、光回線速度のほうが無線速度よりも大きいため無線区間が帯域のボトルネックとなっている状況です。

移動通信のトラフィック量を基地局数で割って算出した基地局当りのトラフィック量の推移を図2に示します<sup>(2)~(5)</sup>。固定回線と同様に平均的に

は光回線速度に十分な余裕がある状況です。一方で、光回線には無線の速度以上の速度が要求されます。今後、第5世代移動通信に向けて10 Gbit/s超の無線速度の実現が検討されており、光回線には現状広く提供している1 Gbit/s以上の速度が要求されます。

また、モバイル技術の進展により、光の速度面での拡張だけではなく、ますます光を利用する方向になると考え

ています。モバイルの容量の拡大は無線伝送速度の向上に加え、小セル化、セルの密度の向上、周波数バンドの拡大などにより実現される方向です。この際、より多くの光回線が必要となります(図3)。

さらに、モバイルに関する特有の課題もあります。モバイルネットワークは基地局とコア網をつなぐバックホールと、基地局と張出基地局を結ぶフロ

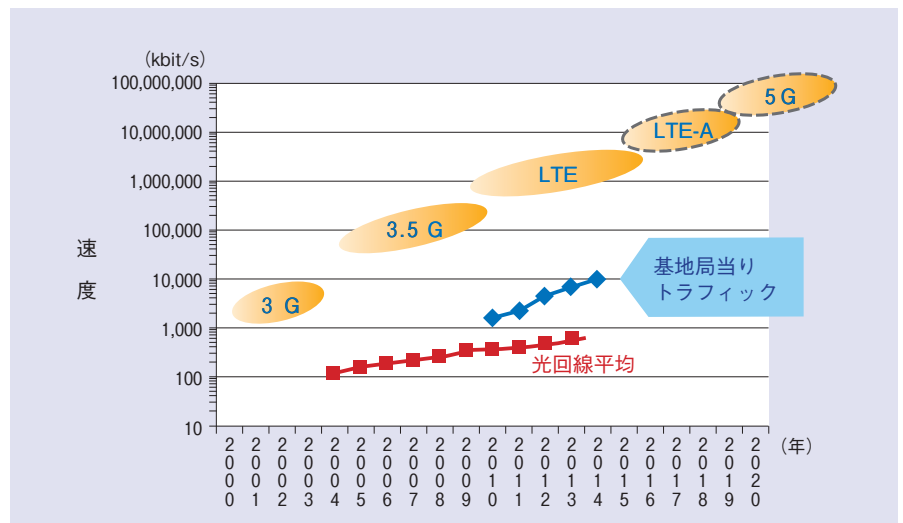


図2 基地局当り平均トラフィックの推移

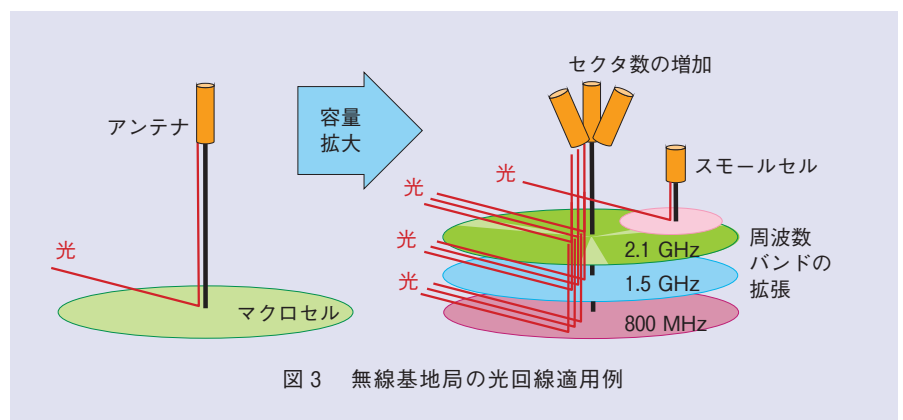


図3 無線基地局の光回線適用例

ントホールに分類されます(図4)。バックホールはトラフィック量に応じた速度を持つ高速で高信頼のネットワークです。一方、フロントホールは、電波のエリアが重なる複数の張出基地局の間の協調処理を基地局内部で容易に実現するためのC-RAN(Centralized-Radio Access Network)構成で用いられます。この構成では、張出基地局で高周波処理のみを行い、ベースバンド信号処理などは基地局で行うため、フロントホール部分は無線の電波波形をデジタル化したCPRI(Common Public Radio Interface)信号が利用されます。CPRIはユーザ通信の有無にかかわらず固定レートであり、無線伝送速度の約16倍の速度が必要となります。例えば、150 Mbit/sのLTE(Long Term Evolution)であれば2.4 Gbit/sの光伝送速度が必要となります。この方式をそのまま採用すると、第5世代移動通信で10 Gbit/s超の無線を実現するには、張出基地局当たり160 Gbit/sの光アクセスが必要となり、現実的ではありません。

このように、移動通信に関しては、主にフロントホールについて、ユーザ通信の有無にかかわらずリソースを消費し、かつ、必要帯域が非常に大きいという点が、将来のより高速な移動通信の実現に向けた課題となります。

**次世代の光アクセスを実現する技術**

前述のような課題を解決するために、過去のトレンドどおりに単純に高速化を実現するというやり方では限界

があると考えています。ここでは、別のアプローチとしてNTTアクセスサービスシステム研究所で取り組んでいるいくつかの技術を紹介します。

**■WDM/TDM-PON**

WDM/TDM-PONは、波長多重

(WDM: Wavelength Division Multiplexing) 技術により、時間分割多重(TDM: Time Division Multiplexing) PONを同一のファイバ上に複数重ねるシステムです(図5)。現在、ITU-TにてNG-PON2(Next Gener-

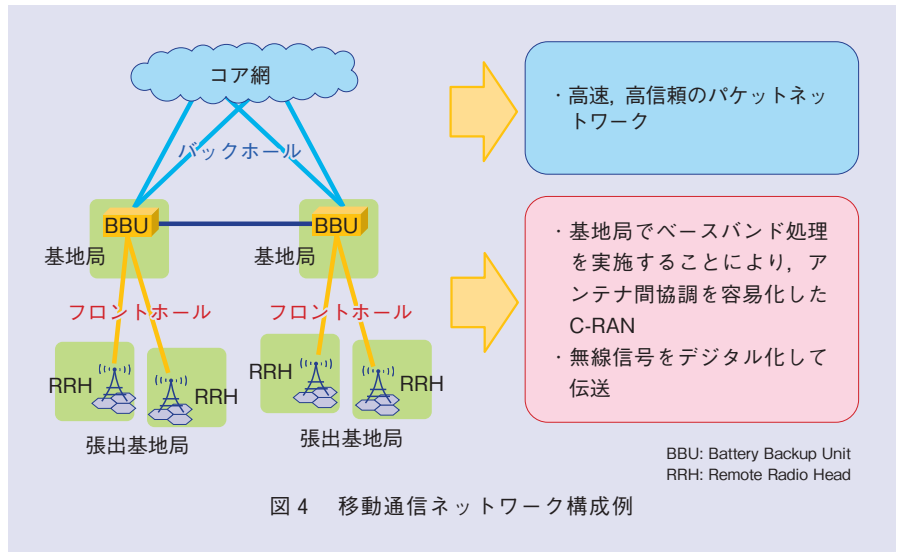


図4 移動通信ネットワーク構成例

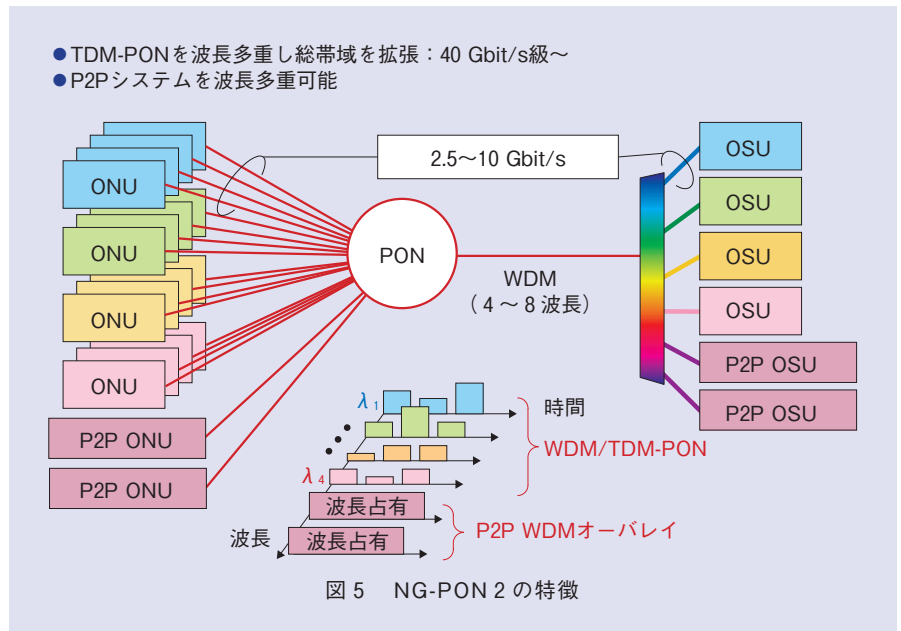


図5 NG-PON2の特徴

ation-PON2) として10 Gbit/s級PONの次のシステムとして標準化が進んでいます<sup>(6)</sup>。典型的な10 Gbit/sのPONを4システム多重した40 Gbit/s級PONであり、さらにモバイル通信への適用を考慮して、ポイント・ツー・ポイント (P2P) の通信システムも波長多重することが可能な方式になっています。

このWDM/TDM-PONは10 Gbit/sのPONを4システム1本のファイバに多重することにより総帯域を4倍にしていますが、単なる40 Gbit/s級PONシステムではありません。イーサネットなどの歴史においては、シリアル伝送での高速化が困難である初期の標準化において比較的低速な通信を波長多重することにより目標速度を実現する手法がとられてきました。しかしこれらは、技術の進歩によりシリアル的高速伝送に置き換わっていく過渡的な技術でした。

一方、WDM/TDM-PONにおいて波長多重は単なる高速化へのつなぎの技術ではありません。40 Gbit/sのシリアル通信と、10 Gbit/sの4波長多重は、波長を柔軟に利用可能という点で異なっています。ここで、波長の柔軟性の利用の利点を説明します。

WDM/TDM-PONにおける波長の柔軟性は、光回線終端装置 (ONU: Optical Network Unit) が通信に使う波長を設定可能であるという機能で実現します。この機能により、図5に示したような波長ごとに異なるONUを準備する必要がなくなり、ONUの管

理上のメリットが発生します。さらに、ONUの波長を動的に変更可能であることから、信頼性の向上や柔軟な帯域割り当てが可能となります。

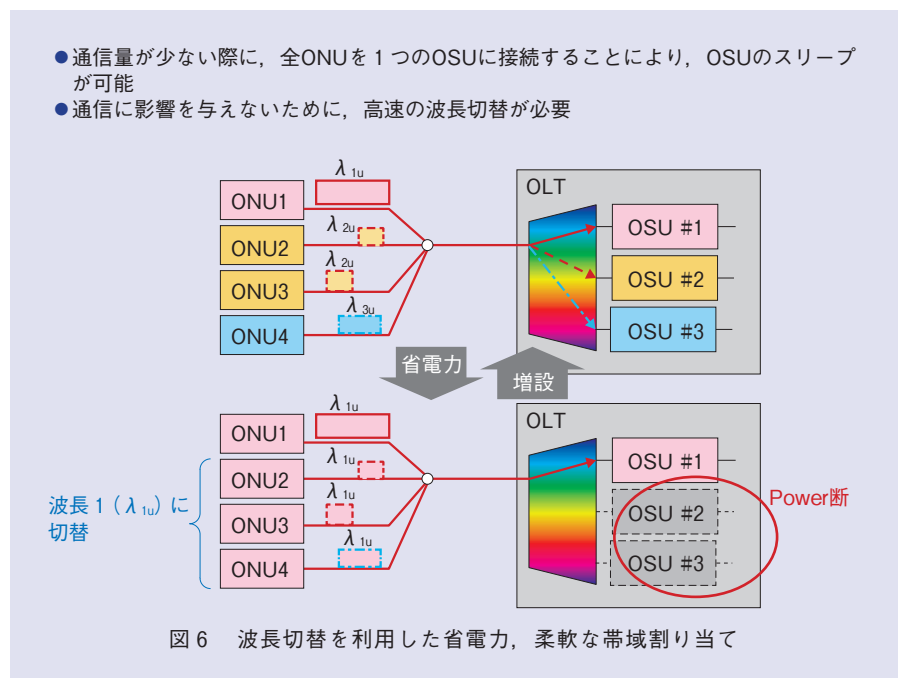
信頼性の向上は、通信中の光加入者ユニット (OSU: Optical Subscriber Unit) が故障した際に、ONUの波長を切り替えることにより、別のOSUを利用して通信を継続可能であることで実現します<sup>(7)</sup>。

また、トラフィック量が少ない際に、全ONUを1つのOSUに接続することにより、ほかのOSUのスリープによる省電力化が可能となります (図6)。逆に、あらかじめトラフィック量が少ないことが分かっていたら、初めはOSU1つでサービスを開始し、トラフィック量の増加にしたがって順次OSUを増設するといった設備の柔軟

な構築にも利用可能です。さらに、ONUとOSUの接続関係を動的に変更可能であることから、帯域を確保する必要のあるユーザのONUをリソースを勘案して適切なOSUに随時接続替えする運用も可能になると考えています。

このように、現状ではトラフィック量が少ないにもかかわらず最大容量で設備を構築しなければならない状況を、波長多重の技術を利用して回避できます。

NTTアクセスサービスシステム研究所では、このような考えのもと、WDM/TDM-PONの研究開発を推進するほか、その成果を持ってITU-TにおけるNG-PON2の標準化に貢献しています。



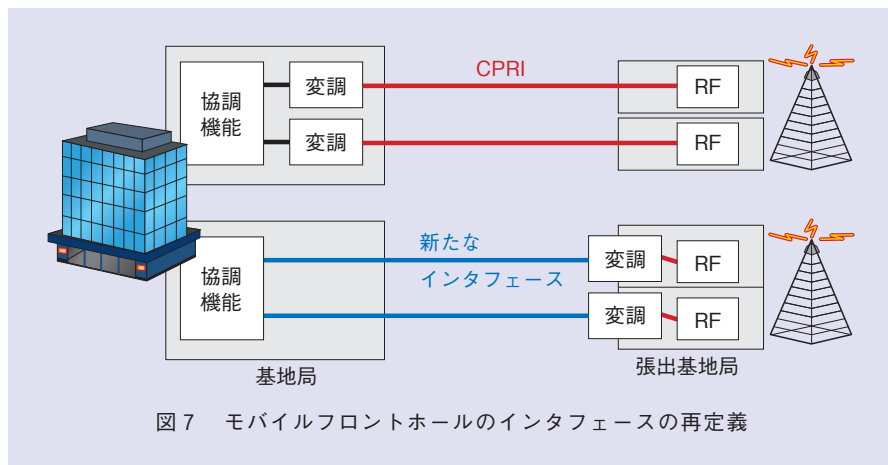


図7 モバイルフロントホールのインターフェースの再定義

### ■圧縮技術と再定義技術

モバイルについては、主にフロントホールの速度を下げる技術開発に取り組んでいます。ここでは圧縮技術とインターフェースの再定義技術について紹介します。

前述のとおり、現状のフロントホールは電波波形の情報を伝送しているために、ユーザトラフィックの有無にかかわらず固定速度の光伝送が必要となります。NTTアクセスサービスシステム研究所では、無線基地局と光アクセスシステムがユーザ通信状況の情報をやり取りすることで、無線波形のサンプリングの情報量を落とし、数分の1のデータ量まで圧縮可能な技術を開発しました<sup>(8)</sup>。

また、現状のフロントホールの構成では、張出基地局間の連携を基地局内で処理するために、張出基地局に機能をなるべく持たせず高周波処理のみを行う構成となっています。NTTアクセスサービスシステム研究所ではこの機能配分を見直し、張出基地局に適切

に機能を配分することにより、張出基地局間の連携を実現しつつ、フロントホールの帯域を削減する新たなインターフェース定義が可能であることを示しました<sup>(9)</sup>(図7)。

これらの技術により、通信しているときのみ、通信量に応じた帯域を消費する仕組みをつくり、従来は無駄に確保していた光アクセスの帯域を柔軟に割り当てることが可能になると考えています。

### 今後の展開

次世代の光アクセスに向けては、従来のように単純に速度を向上するだけでは解決できない課題があると考えており、ここで紹介したような、必要なところに必要なリソースを割り当てるといった考え方を基本としてさまざまな研究開発を行っています。将来は、ビジネスアワーにはホームからビジネス街へ、夕食時にはモバイルからホームへと柔軟に帯域などのリソースをやりくりできるようになるかもしれませ

ん。このような、効率的な通信社会を目指して日々取り組みを行っています。

### ■参考文献

- (1) [http://www.soumu.go.jp/main\\_content/000316564.pdf](http://www.soumu.go.jp/main_content/000316564.pdf)
- (2) <http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/field/tsuushin06.html>
- (3) <http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/field/tsuushin01.html>
- (4) 長：“ブロードバンドトラフィックレポート,” Internet Infrastructure Review, Vol.20, p.32-37, 2013.
- (5) <http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/field/denpa02.html>
- (6) ITU-T Recommendation G.989.1: “40-Gigabit-capable passive optical networks (NG-PON2): General requirements,” 2013.
- (7) S. Kaneko, T. Yoshida, S. Kimura, N. Yoshimoto, and H. Kimura: “Agile OLT-Protection Method Based on Backup Wavelength and Discovery Process for Resilient WDM/TDM-PON,” in Proc. ECOC 2014, Tu.1.2.4., Cannes, France, Sept. 2014.
- (8) N. Shibata, S. Kuwano, J. Terada, and N. Yoshimoto: “Dynamic Compression Method Using Wireless Resource Allocation for Digitized Radio over TDM-PON System,” Proc. OFC 2014, Tu3F.4, Los Angeles, U.S.A., March 2014.
- (9) 宮本・桑野・寺田・木村: “PONを適用した将来モバイルフロントホールの光伝送容量に関する一検討,” 信学技報, Vol.114, No.119, CS2014-18, pp.7-12, 2014.

### ◆問い合わせ先

NTTアクセスサービスシステム研究所  
光アクセス基盤プロジェクト  
TEL 046-859-4920  
FAX 046-859-5513  
E-mail shibata.tomoko@lab.ntt.co.jp