

FTTH による 8K 放送配信

— 多チャンネル 8K 放送配信を可能とする 10G-EPON システム —



大石将之 (KDDI (株))

背景

8K スーパーハイビジョン放送 (以下, 8K 放送) は, 超高精細な映像を配信する次世代の放送技術として研究開発が進められており, 2018 年に衛星を利用した実用化が計画されている¹⁾. 伝送方式として, IP パケットベースの MMT (MPEG Media Transport) 方式²⁾ が用いられており, 1 チャンネルあたり約 100 Mbit/s の通信帯域を要する.

IP パケットベースの放送配信システムとして, 1Gbit/s の光通信帯域を複数の加入者で共用する EPON (Ethernet Passive Optical Network)³⁾ システムが普及している. しかしながら, 今後の 8K 放送では, 多チャンネル化や VoD (Video on Demand) など多様なサービスへの対応が期待されるため, 1Gbit/s の光通信帯域では不十分となり, より大容量な配信システムが求められる.

EPON の後継技術で, 10Gbit/s の光通信帯域を有する 10G-EPON⁴⁾ は, 8K 放送の配信システムとして有望である. KDDI では, 上り/下り 10Gbit/s 対称型の 10G-EPON システムを開発し⁵⁾, 本システムを用いて 8K 放送信号の多チャンネル同時伝送を実証している.

本稿では, 開発した 10Gbit/s 対称型の 10G-EPON システムの概要と, 本システムを用いた多チャンネル 8K 放送信号のフィールド伝送について述べる.

10G-EPON システム

システム概要

図-1 に 10G-EPON システム概要を示す. 本システムは, 10Gbit/s の光通信帯域を有する Point-to-Multipoint 型の光アクセス伝送システムである. 局側光終端装置 (OLT: Optical Line Terminal) は, 複数の 10G-EPON ポートを持ち (たとえば 16 ポート), 1 つの 10G-EPON ポートで最大 64 台以上の加入者側端末 (ONU: Optical Network Unit) を収容できる. OLT は, LLID (Logical-Link Identifier) と呼ばれる論理リンクを ONU ごとに個別に割り当て, 各 ONU と LLID 単位で通信する.

OLT から ONU に向かう下り方向は, TDM (Time Division Multiplexing) 方式に基づき, OLT が送信

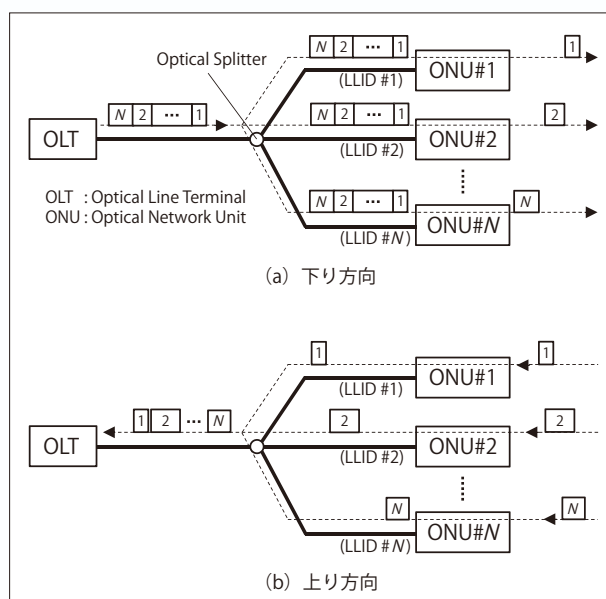


図-1 10G-EPON システム

した連続的な光信号が全 ONU へ転送され、ONU は自身宛てのフレームのみを取り出す (図-1 (a)). 一方、上り方向では、ONU は間欠的な光信号 (バースト信号) を送信する (図-1 (b)). OLT は、各 ONU からの上りバースト光信号の衝突を回避するため、各 ONU の送信開始タイミングおよび送信時間を MPCP (Multi-Point Control Protocol) と呼ばれるプロトコルで制御することで、TDMA (Time Division Multiple Access) 方式による上り通信を行う。

図-2 に 10G-EPON 上り通信制御シーケンスを示す。説明を簡単にするため、ONU 2 台の例を示している。図-2 を用いて、MPCP による上り通信制御の流れを説明する。OLT は、2 台の ONU に対して上りデータ送信量を GATE フレームで問い合わせ、各 ONU は、REPORT フレームによりバッファに蓄積した上りデータ送信量を OLT に申告する。OLT は、各 ONU の申告量から割り当て可能な通信帯域を計算し、GATE フレームで送信開始タイミングおよび送信時間を各 ONU に指示する。各 ONU は、OLT の指示に従い、上りデータを送信するとともに、次の送信量を REPORT フレームで申告する。このような動作であるため、下り方向に比べて上り方向のフレーム転送遅延は大きく、下り方向がマイクロ秒オーダーであるのに対し、上り方向は最大で数ミリ秒になる。

また 10G-EPON では、OLT—ONU 間で許容可能な最大光損失 (ロスバジェット) を十分に確保するため、IEEE 標準規格にて、前方誤り訂正 (FEC: Forward Error Correction) の適用が必須となっている。当該 FEC のオーバーヘッドにより、利用可能な通信帯域は理論上 8.7Gbit/s 程度となる。

✧ 放送信号配信に関する機能

10G-EPON システムは、放送信号配信に特化した以下の機能を有している。

Multicast 転送機能

OLT は、複数の視聴者 (ONU) に対して IP 放送パケットを一斉転送する Multicast 転送機能を有している。OLT—ONU 間の Multicast フレーム転

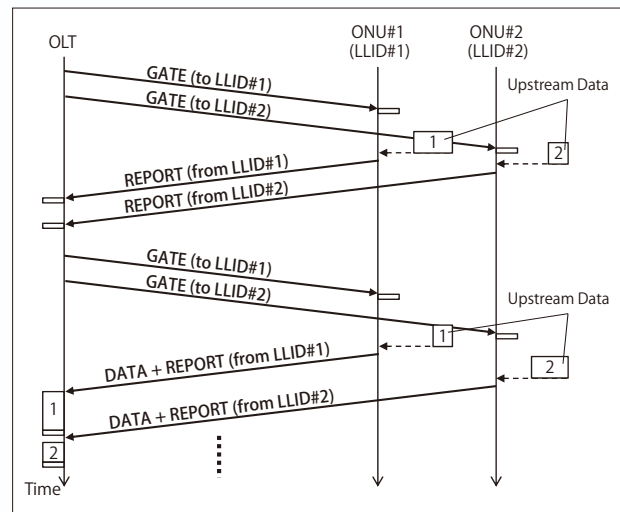


図-2 10G-EPON 上り通信制御シーケンス

送には、ほかの Unicast 通信とは別の“Broadcast LLID”が使用される。これにより、多チャンネルの放送を配信する際にも多量の LLID を使う必要がなく、放送信号を効率的に転送できる。

MLD snooping 機能

OLT は、IPv6 Multicast Server—Client 間の MLD (Multicast Listener Discovery) メッセージ (MLD Listener Report/Done 等) を監視して、Multicast 転送動作を制御する MLD snooping 機能を有している。当該機能を利用して、受信者のいるポートにのみ Multicast 転送を行うことで、不要な Multicast フレーム転送を OLT で抑止し、10G-EPON の通信帯域を効率的に利用できる。なお OLT は、IPv4 Multicast 向けの同様の機能である IGMP (Internet Group Management Protocol) snooping 機能もサポートしている。

優先制御機能

OLT は、VLAN-ID、CoS (Class of Service)、IPv4 ToS (Type of Service)、IPv6 TC (Traffic Class) などのさまざまなフレーム条件を識別子として、Multicast 放送信号を優先制御できる。

図-3 に Multicast 優先制御検証構成を示す。OLT 配下に 2 台の ONU#1、#2 を接続し、Traffic Generator から表-1 に示す条件にて下り Unicast および Multicast トラフィックを同時に印加した。OLT は、Multicast VLAN (VLAN-ID: 100 およ

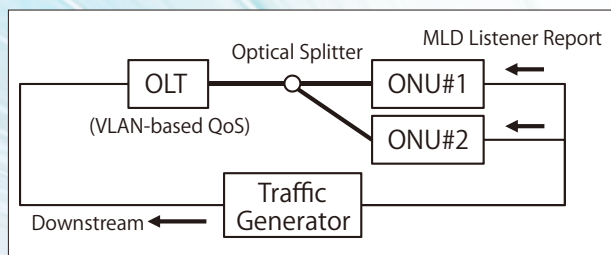


図-3 優先制御検証構成

Traffic	VLAN-ID	CoS	Rate
Unicast	200	0	4.5Gbps for ONU#1 4.5Gbps for ONU#2
Multicast	100	5	100Mbps × 10channel for ONU #1 and #2

表-1 下りトラフィック条件

Traffic	Rx Port	Tx L1 Rate (Mbps)	Rx L1 Rate (Mbps)	Frame Loss Ratio (%)
Unicast	ONU #1	4,500	3,750	16.7
	ONU #2	4,500	3,750	16.7
Multicast	ONU #1	1,000	1,000	0
	ONU #2	1,000	1,000	0

表-2 優先制御検証結果

び CoS : 5) のフレームを優先的に転送する設定とした。表-2 に示すとおり、Unicast フレームには、ONU #1 および #2 においてそれぞれ均等にロス (16.7%) が発生した一方で、Multicast フレームにはロスが発生せず、優先制御機能が良好に動作することを確認した。

10G-EPON による多チャンネル 8K 放送配信

実験構成

フィールド敷設された光ファイバを介して、開発した 10Gbit/s 対称型 10G-EPON による多チャンネル 8K 放送信号の伝送実験を行った。図-4 に実験構成を示す。KDDI 局舎（東京都新宿区）に OLT、NHK 放送技術研究所（技研、東京都世田谷区）に 2 台の ONU #1, #2 をそれぞれ設置し、その間を 25 km 長のフィールド敷設された単一モード光ファイバ (SMF : Single-Mode Fiber) で接続した。また、ONU #1, #2 の配下に、8K 放送サーバおよび

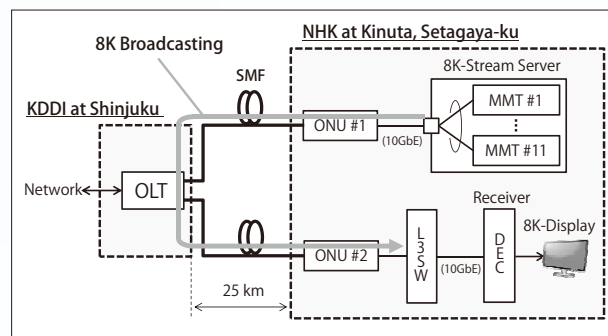


図-4 10G-EPON 多チャンネル 8K 放送信号伝送構成

VLAN	Group Address	Port	MAC Address	Uptime (hh:mm:ss)
100	FF1E::1	10G-EPON #1	33:33:00:00:00:01	24:17:54
100	FF1E::2	10G-EPON #1	33:33:00:00:00:02	24:17:54
100	FF1E::3	10G-EPON #1	33:33:00:00:00:03	24:17:54
100	FF1E::4	10G-EPON #1	33:33:00:00:00:04	24:17:54
100	FF1E::5	10G-EPON #1	33:33:00:00:00:05	24:17:54
100	FF1E::6	10G-EPON #1	33:33:00:00:00:06	24:17:54
100	FF1E::7	10G-EPON #1	33:33:00:00:00:07	24:17:54
100	FF1E::8	10G-EPON #1	33:33:00:00:00:08	24:17:54
100	FF1E::9	10G-EPON #1	33:33:00:00:00:09	24:17:54
100	FF1E::A	10G-EPON #1	33:33:00:00:00:0A	24:17:54
100	FF1E::B	10G-EPON #1	33:33:00:00:00:0B	24:17:54

表-3 IPv6 MLD snooping group テーブル

び 8K デコーダ (DEC) をそれぞれ設置し、8K 放送信号を OLT でレイヤ 2 折返し配信する構成とした。VLAN 動作は、ONU にて Multicast VLAN-ID (100) を付与・削除し、10G-EPON 伝送区間が VLAN タグ付き、ONU 配下が VLAN タグなしとなるように設定した。OLT は、当該 VLAN-ID : 100 をもとに 8K 放送信号を折返し転送するので、ほかの VLAN-ID が割り当てられている OLT 上位のネットワーク側ポートや 10G-EPON ポートのトラフィック転送には一切影響を与えない構成となっている。

一方、8K 放送サーバでは、11 チャンネル分の MMT 方式による 8K 放送信号を生成した。MMT ベースの 8K 信号の通信帯域が 1 チャンネルあたり約 100Mbit/s であることから、合計約 1.1Gbit/s の通信帯域となる。図-4 に示すとおり、OLT で折返し転送された 8K 放送信号を DEC によりデコード後、8K ディスプレイにて視聴した。

実験結果

表-3 に 8K 放送信号伝送時の OLT における IPv6 MLD snooping group テーブルを示す。8K

Tx Port	Rx Port	Tx Multicast Frame	Rx Multicast Frame	Multicast Frame Loss
ONU #1	ONU #2	6,516,023,158	6,516,023,158	0

表-4 8K 多チャンネル放送配信統計情報

放送信号を 24 時間連続受信後も、11 チャンネル (FF1E::1 ~ B) 分のエントリが VLAN-ID : 100 で正しくテーブル表示されていることを確認した。また、表-4 の統計情報に示すとおり、11 チャンネル分の 8K 放送信号を 24 時間連続受信時、10G-EPON 区間でフレームロスは発生しなかったことから、10G-EPON により多チャンネル 8K 放送を高品質に配信できることを示した。

図-5 は、NHK 技研で撮影した 8K 放送信号伝送のデモ写真である。11 チャンネルの 8K 放送信号から 1 チャンネル分を選択してディスプレイにて視聴し、映像に乱れが生じることなく、良好に受信できていることを確認した。以上の結果から、10Gbit/s 対称型 10G-EPON によって多チャンネル 8K 放送信号を伝送可能であることを示した。なお、本成果は、2016 年 5 月に開催された NHK 技研の一般公開で動態展示された。



図-5 8K 放送信号伝送デモ写真

8K 放送の本格展開に向けては、多チャンネル化や VoD などの多様なサービスへの対応が想定され、大容量放送コンテンツを高品質に提供可能な配信システムが必須となる。10G-EPON による FTTH が、8K 放送の本格展開を支える配信システムとして広く普及することを期待したい。

参考文献

- 1) 青木秀一：MMT による 8K スーパーハイビジョン衛星放送システムの開発，2015 年電子情報通信学会ソサイエティ大会，AI-3-1 (2015)。
- 2) ISO/IEC 23008-1:2014 : Information Technology-High Efficiency Coding and Media Delivery in Heterogeneous Environments-Part 1: MPEG Media Transport (2014)。
- 3) IEEE Std. 802.3-2004 (2004)。
- 4) IEEE Std. 802.3-2012 (2012)。
- 5) KDDI (株) ニュースリリース [Online], Available, <http://news.kddi.com/kddi/corporate/newsrelease/2015/10/16/1407.html> (2015)。

(2016 年 10 月 31 日受付)

8K 放送の本格展開に向けて

開発した 10Gbit/s 対称型の 10G-EPON システム概要と、本システムを用いた多チャンネル 8K 放送配信について述べた。フィールド敷設されたファイバを用いた伝送実験により、8K 放送配信に対する 10G-EPON システムの適用可能性を示した。

大石将之 ■ ms-ooishi@kddi.com

2006 年東工大・工・電気電子卒業。2008 年同大学院理工学研究科修士課程修了。同年 KDDI (株) 入社。以来、高速光アクセス伝送技術、マイクロ波フォトニクス技術の研究開発に従事。2012 年国際会議 COIN Young Engineer Award, 2014 年電子情報通信学会 (IEICE) 学術奨励賞, 2016 年 IEICE 論文賞, 国際会議 OECC Best Paper Award 各受賞。博士 (工学)。IEICE 会員。

