

10G-EPON を用いた多チャンネル 8K 放送信号のフィールド伝送実験 Field Transmission Experiment of Multi-Channel 8K-Broadcast Signals over 10-Gigabit Ethernet Passive Optical Network

大石 将之[†]
Masayuki Oishi

齊藤 亜木[†]
Agi Saitoh

堀内 幸夫[†]
Yukio Horiuchi

河村 侑輝[‡]
Yuki Kawamura

袴田 佳孝[‡]
Yoshitaka Hakamada

青木 秀一[‡]
Shuichi Aoki

1. はじめに

8K スーパーハイビジョン放送は、2018 年に衛星を利用した実用化が計画されているが[1]、多チャンネル化や Video on Demand (VoD) など多様なサービスを提供するには、大容量の配信システムが求められる。Ethernet Passive Optical Network (EPON) [2]は、1 Gbit/s の帯域を複数の加入者で共用することで Fiber-to-the-Home (FTTH) サービスを経済的に提供するシステムであり、IP 多チャンネル放送サービスにも用いられている。EPON の後継技術で、10 Gbit/s の帯域を有する 10G-EPON[3]は、8K 放送の配信システムとして有望と考えられるが、10G-EPON による 8K 放送信号の多チャンネル同時伝送はこれまで実証されていない。

本稿では、KDDI が開発した 10 Gbit/s 対称型 10G-EPON [4]を用いた多チャンネル 8K 放送信号のフィールド伝送実験に成功したので報告する。

2. 10G-EPON システム

2.1 システム概要

図 1 に 10G-EPON システム概要を示す。局側光終端装置 (OLT: Optical Line Terminal) は、1 つの 10G-EPON ポートで 64 台以上の加入者側端末 (ONU: Optical Network Unit) を收容可能である。OLT は、Logical-Link Identifier (LLID) と呼ばれる論理リンクを ONU 毎に個別に割り当て、各 ONU と LLID 単位で通信する。

下り方向は Time Division Multiplexing (TDM) 方式に基づき、OLT が送信した連続光信号が全 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、上り方向は、各 ONU からの上りパルス光信号の衝突を回避するため、OLT が各 ONU の送信タイミングを MPCP (Multi-Point Control Protocol) と呼ばれるプロトコルで制御し、Time Division Multiple Access (TDMA) 通信を行う (図 1(b))。そのため、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、最大で数 ms になる。また 10G-EPON では、OLT-ONU 間の光ロスパジェットを確保するため、Forward Error Correction (FEC) が必須である。当該 FEC のオーバーヘッドによって、利用可能な通信帯域は理論上 8.7 Gbit/s 程度となる。

2.2 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。

(1) 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

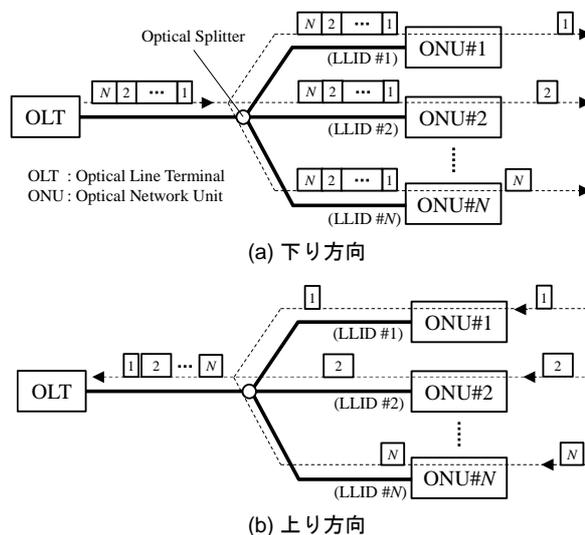


図 1 10G-EPON システム

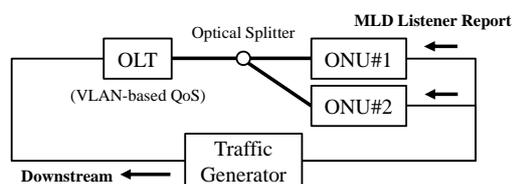


図 2 優先制御実験構成

表 1 下りトラフィック条件

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

を一斉転送する Multicast 転送機能を有している。OLT-ONU 間の Multicast フレーム転送には、他の 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信号を転送する際にも多量の LLID を使う必要がなく、放送信号を効率的に配信できる。

(2) Multicast Listener Discovery (MLD) snooping 機能

OLT は、IPv6 Multicast Server-Client 間の MLD 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。当該機能を利用することで、不要な Multicast フレーム転送を OLT で抑止し、10G-EPON 通信帯域を効率的に利用できる。

(3) 優先制御機能

OLT は、様々なフレーム条件 (VLAN-ID, CoS, IPv4 ToS, IPv6 Traffic Class 等) を識別子として、Multicast 放送信号を優先制御可能である。

[†] KDDI 株式会社, KDDI Corporation

[‡] NHK 放送技術研究所, NHK Science and Technology Research Laboratories

表 2 優先制御実験結果

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	Client #1	1,000	1,000	0
	Client #2	1,000	1,000	0

図 2 に Multicast 優先制御実験構成を示す。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 および CoS: 5) を優先的に転送する設定とした。表 2 の優先制御実験結果に示すとおり、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していることが確認できる。

3. 10G-EPON による 8K 放送信号フィールド伝送

3.1 実験構成

フィールド敷設された光ファイバを介して、10 Gbit/s 対称型 10G-EPON を用いた多チャンネル 8K 放送信号の伝送実験を行った。図 3 に実験構成を示す。KDDI 局舎 (新宿区) に OLT、NHK 技研 (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 長の単一モードファイバ (SMF) で接続した。また、ONU #1, #2 の配下に、8K 放送サーバおよび 8K デコーダ (DEC) をそれぞれ設置し、8K 放送信号を OLT で L2 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 Tagged、ONU 配下が Untagged 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、他の VLAN-ID を設定した 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。

8K 放送サーバでは、11 チャンネル分の MPEG Media Transport (MMT) [5]方式による 8K 放送信号を生成した。MMT 方式による 8K 信号の通信帯域が 1 チャンネルあたり約 100 Mbit/s であることから、合計約 1.1 Gbit/s の通信帯域となる。図 3 に示すとおり、OLT で折り返し転送された 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。

3.2 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 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。表 4 の実験結果に示すとおり、11 チャンネル分の 8K 放送信号を 24 時間連続受信時、10G-EPON 区間のフレームロスはないことを確認した。

図 4 は、NHK 技研で撮影した 8K 放送信号伝送デモ写真である。以上の結果から、10 Gbit/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確認した。

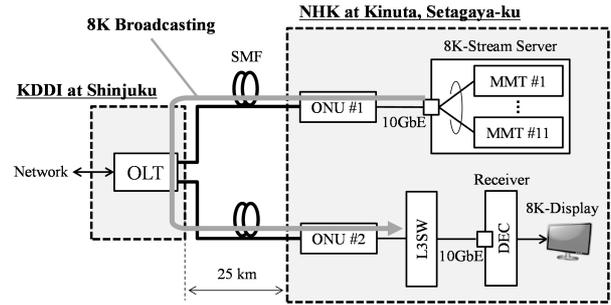


図 3 10G-EPON 多チャンネル 8K 放送信号伝送構成

表 3 IPv6 MLD snooping group テーブル

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 4 8K 多チャンネル放送伝送実験結果

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



図 4 8K 放送信号伝送デモ写真

4. おわりに

本稿では、フィールド敷設された 25 km 光ファイバを使用した 10 Gbit/s 対称型 10G-EPON による多チャンネル 8K 放送信号伝送実験を行い、8K 放送配信における 10G-EPON システムの可能性を示した。8K 放送の展開に向け、大容量データを高品質に転送可能な 10G-EPON システムをベースとする FTTH の普及が期待される。

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,” 信学ソダ, AI-3-1 (2015).
- [2] IEEE Std. 802.3-2004 (2004).
- [3] IEEE Std. 802.3-2012 (2012).
- [4] KDDI 株式会社ニュースリリース [Online]. Available: <http://news.kddi.com/kddi/corporate/newsrelease/2015/10/16/1407.html> (2015).
- [5] ISO/IEC 23008-1:2014: Information Technology – High efficiency coding and media delivery in heterogeneous environments – Part 1: MPEG media transport (2014).