

GE-PON を利用したキャンパスネットワークの構築と運用

大川康治[†] 遠藤聡志[†] 谷口祐治[†]
久保田恵子[†] 庄司博光[†] 岸本克巳^{††}

琉球大学では、平成 22 年 3 月に千原キャンパスと上原キャンパスで新たな学内 LAN を構築した。この学内 LAN は各キャンパスそれぞれに設置する光集線装置と各研究室(1600 カ所)をシングルモード光ファイバで直接接続するネットワークである。本稿では、GE-PON で隣接 ONU との通信ができない仕様の解決方法、およびスイッチネットワークと比較した運用時の課題解決について述べる。

Construction and operation of the campus network using a GE-PON

Yasuharu Okawa[†] Endo Satoshi[†] Taniguchi Yuji[†]
Kubota Keiko[†] Syouji Hiromitsu[†] Katsumi Kishimoto^{††}

In University of the Ryukyus, We have constructed a new campus LAN based on GE-PON technology in Senbaru and Uehara campus at March,2010.The new network system consist of one optical-line terminal unit on each campus and network connection from the terminal unit to each desktop PC by single mode optical fiber.In this paper, we describe problems & solutions about implementation of LAN by GE-PON.

1. はじめに

学内 LAN は教育研究に必須の学術基盤となっている。琉球大学(以下、「本学」とする)では、平成 13 年 9 月に構築したアカデミックネットワーク(ギガビットネットワーク)の老朽化に伴い次世代のネットワーク構築を検討することとなった。埼玉大学のキャンパスネットワークの FTTL(Fiber To The Laboratory) [1]を参考に、平成 21 年 6 月に基本設計を光直収型ネットワークに決定した。本学では、千原キャンパス、上原キャンパスの両キャンパスを合わせて 126 万 m²の広大な敷地面積があり、光ファイバの敷設コストなどを考慮し 1 研究室 1 芯光ファイバの GE-PON (Gigabit Ethernet-Passive Optical Network) を利用したキャンパスネットワークを導入した。本稿では、GE-PON を利用したキャンパスネットワークの構築ならびに運用における問題とその解決方法を述べ、今後の課題について報告する。

2. GE-PON 導入の経緯

本学は、これまで幹線をループ状に配置し、ビルコアスイッチ以下をツリー状に多段設置したネットワークを運用してきた(図 1)。構築当時まだ高価だった光ファイバを最適な距離で敷設し、かつ機材の接続距離内で構築するには、ループ構成が最適だった。しかし、機器の老朽化に伴い以下の障害などが多発し、今回のネットワークの再構築に至った。フロア単位で設置している多数のフロアスイッチの

故障や障害の対応、フロアスイッチから先の配線が不明、末端でのネットワークループによる障害、さらに接続している機器が不明などトラブルの要因を解消することが必要要件とされていた。

2.1 光ファイバ直収型ネットワーク

光ファイバ直収型ネットワークには埼玉大学や群馬大学 [2]のキャンパスネットワークで使用された 100Base-FX や 1000BASE-SX/LX などのメディアコンバータ(図 2 上)を利用する方法のほかに、本稿で扱う 1000BASE-PX の GE-PON システムがある(図 2 下)。大きな違いは、前者が光の配線が 1 対 1 接続であるのに対し、GE-PON システムは 1 対多で接続する方式を採用している点である。GE-PON システムでは、1 本の光ファイバを分岐することで、集約する側のポートを削減することができる。

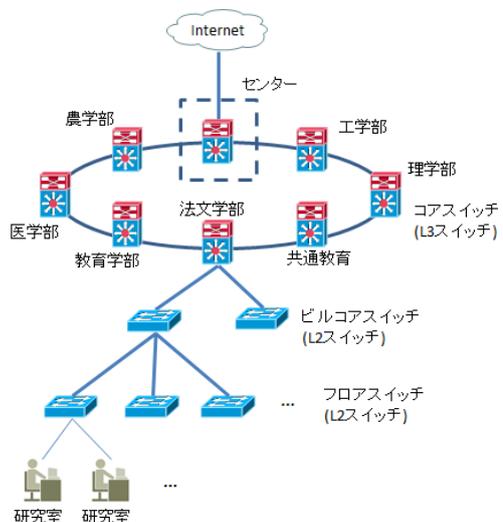


図 1 これまでのキャンパスネットワーク

[†] 琉球大学
University of the Ryukyus
^{††} 三井情報(株)
Mitsui Knowledge Industry Co., LTD

2.2 GE-PON システム

GE-PON システムは電気通信事業者がギガビットの FTTH サービスを実現する為の技術である。これまでさまざまな PON システムがあったが、GE-PON システムが 2004 年 IEEE802.3ah にて標準化された。

GE-PON システムは光集線装置としての OLT(Optical Line Terminal), 末端の研究室に設置する ONU(Optical Network Unit) とその間を接続する光ファイバがあり、光ファイバを分岐する光スプリッタで構成される。

OLT は、複数の ONU からの光信号を識別し電気信号に変換し上位ネットワークと相互に通信を可能にする。ONU は、研究室のネットワークからの電気信号を光信号に変換し、OLT との相互通信を可能にする。光ファイバを分岐する光スプリッタは、スイッチのように多数の部品で構成されていないので故障が少なく、また電源が必要ない為、停電の影響を受けない。

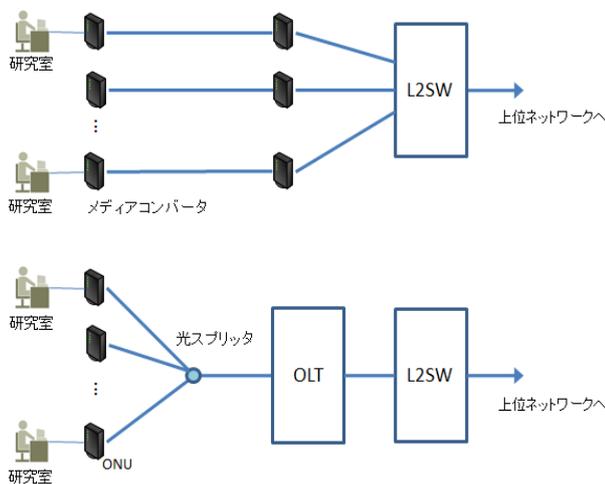


図 2 メディアコンバータ (上)
GE-PON システム (下)

2.3 キャンパスネットワーク適用への課題

前述のとおり、GE-PON システムは電気通信事業者が FTTH を実現する為に標準化されたものであり、事業者と加入者を光ファイバで結ぶための仕様で、利用者間の直接通信ができない。そのため、キャンパスネットワークで利用するには、光スプリッタで分配された先にある ONU 同士が通信ができないという仕様の問題を解決する必要がある(図 3)。このままキャンパスネットワークに導入すると、異なる ONU に接続された研究室のパソコンから隣の研究室のサーバにアクセスできないなどの問題が生じる。また、GE-PON システムでは、タグ VLAN の利用を想定してない為、既存のネットワークで利用している研究室のタグ VLAN 機能がついているスイッチが使えない。解決するにあたり、本学では既存の接続機器や将来接続される機器が利用できるような可能な限り標準化されている技術を利用す

ることとした。それにより、機器調達時には多くのメーカーが参入できるようになる。

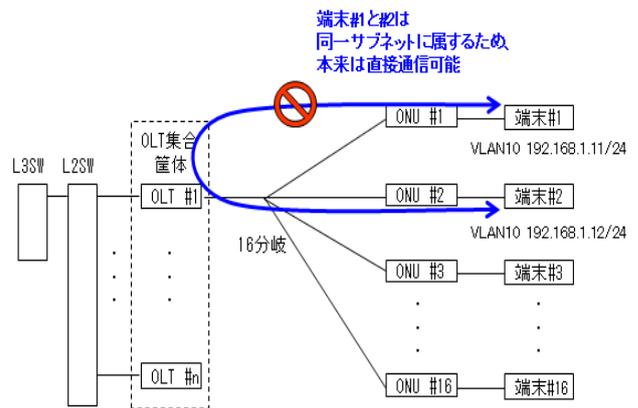


図 3 同一光スプリッタ内の端末の通信

3. GE-PON ネットワークの設計

3.1 隣接 ONU 間の通信

ここでいう隣接 ONU との通信とは、同じ光スプリッタで分配された配下の ONU 同士の通信である。これを実現するには、いくつかの方法がある。

- (1) 同じサーバを使用する研究グループでは、同一の光スプリッタから分配しない方法
- (2) ルータの Proxy ARP 機能を使う方法
- (3) タグ VLAN を利用した方法

(1) については、最大 16 台の異なる OLT に分散する方法がある。大学内での部屋の割当は固定的ではない為 OLT 間の配線の移動が発生する。そうすると OLT に余裕を持った設計が必要となり現実的ではない。(2) については、ルータの Proxy ARP 機能を有効にすると同一セグメントの端末同士でもルータを経由した通信となり高性能なルータを導入する必要があり 5~10 倍の費用増となる。さらに通常通信できないはずの端末同士が通信できるなど、トラブル発生時の対応が難しくなる。(3) については、タグ VLAN (図 4) の解除に必要なスイッチが必要となるが、これまでのスイッチネットワークの L2-VLAN 運用と構築の経験をそのまま活かすことができる。よって本システムでは、(3) の方式を採用した。

3.2 タグ VLAN スイッチ

本学では、研究室で複数の VLAN を利用しておりタグ VLAN 機能が付いたスイッチを設置している部屋が 100 部屋もある。そのような部屋では、ポートベース VLAN 機能を使用し複数の VLAN を用途別に利用している。3.1 節(3)のネットワークに接続しても、既にタグ VLAN を利用している為そのままではネットワークに収容出来ない。次にその解決方法を述べる。

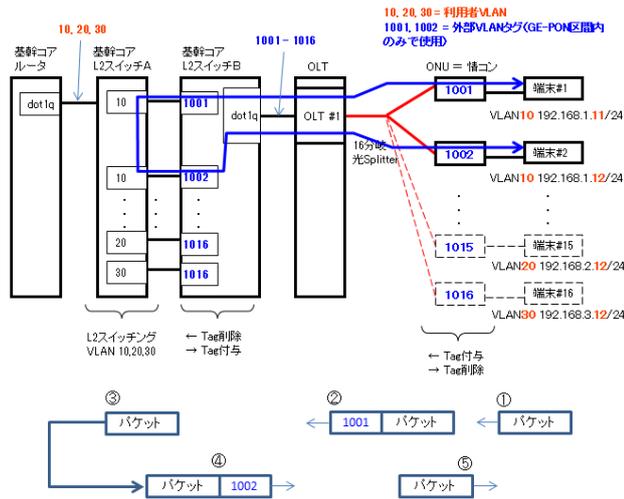


図 4 タグ VLAN を利用した方法

3.3 ダブルタグ VLAN

タグ VLAN スイッチを利用できるように、通信事業者の WAN など利用されているダブルタグ VLAN 機能を利用し解決した。このダブルタグ VLAN は、タグ VLAN を拡張し、図 5 のようにタグ VLAN を入れ子構造にして利用することでタグ VLAN スイッチを使えるようになる。

同じ VLAN に所属する端末#1 から端末#2 への通信は、

以下のような順となる。

- Step1. VLAN10 に属する端末#1 から端末#2 へ向かうパケット (図 5 の①) を送出。
- Step2. 研究室内の L2 スイッチから送出時に VLAN タグ 10 が付加される (図 5 の②)。
- Step3. ONU が VLAN タグ 1001 をさらに付加し (図 5 の③) 上流へ送る。VLAN タグ 10 と 1001 の入れ子構造のパケットとなる。
- Step4. OLT の上流のスイッチ B にて ONU が付加した VLAN タグ 1001 を外し、スイッチ A に送る(図 5 の④)。
- Step5. スイッチ A は、スイッチ B の宛先ポート (VLAN1002 のポート VLAN)へパケットを送る。
- Step6. スイッチ B にて、VLAN タグ 1002 が付加され (図 5 の⑤) 入れ子となったパケットを下流へ送る。
- Step7. OLT を経由し届いたパケットは、VLAN タグ 1002 が外され L2 スイッチに送る (図 5 の⑥)。
- Step8. 研究室内の L2 スイッチが VLAN タグ 10 を外し端末#2 へパケットが届く。

異なる VLAN に所属する端末#15 へは、Step4 と Step5 の間で基幹コアルータへパケットが転送され VLAN 間ルーティングされて、以降は Step5 と同様な順で端末#15 へ到達する。

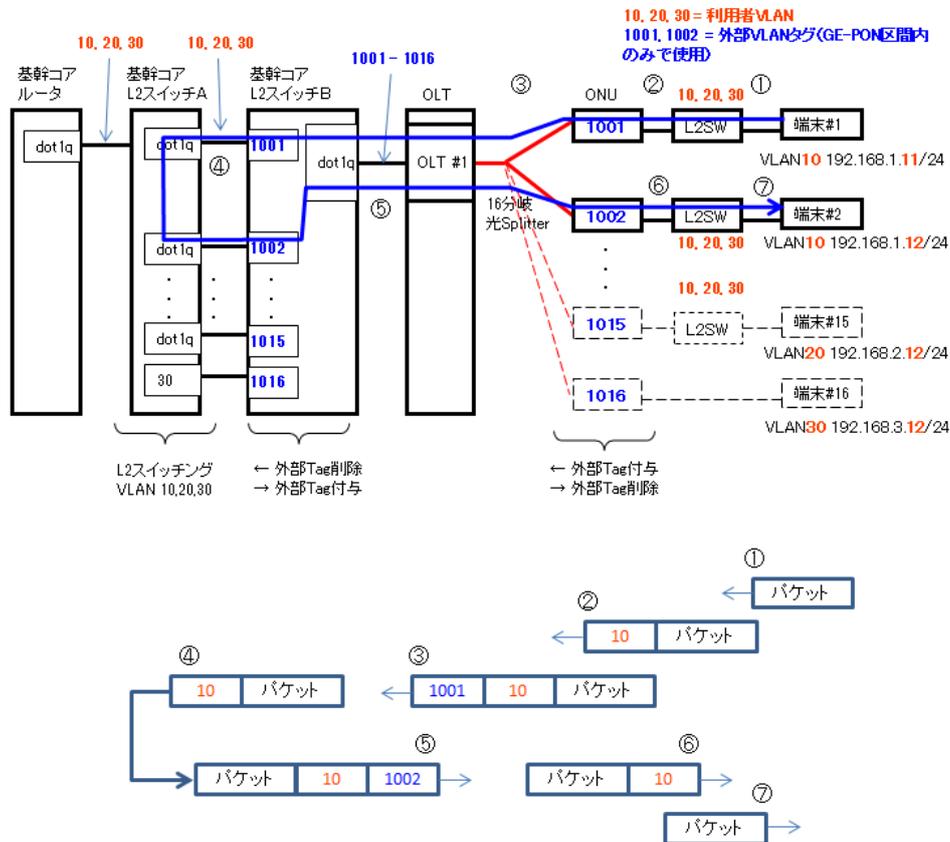


図 5 ダブルタグ VLAN を利用した方法



図 6 OLT 集合装置



図 8 設置した ONU



図 7 光コンセント

機器	キャンパス	台数
基幹コアルータ	千原	2
L2 スイッチ A	千原	6
	上原	2
L2 スイッチ B	千原	6
	上原	2
OLT ユニット	千原	6
	上原	2

表 1. 各キャンパスの機器の台数

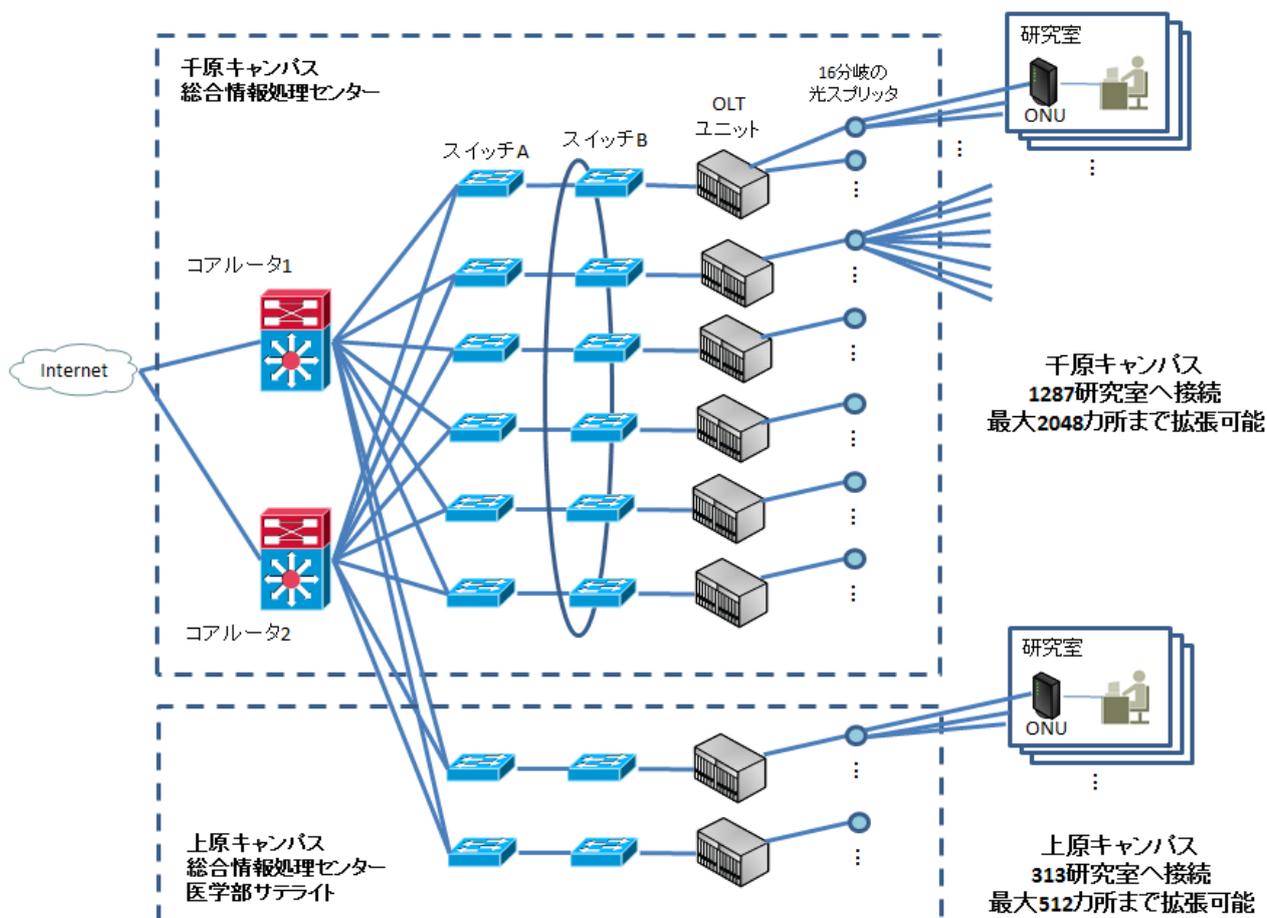


図 9 キャンパスネットワーク全体構成図

タグ VLAN スイッチが無い研究室は 3.1 節 (3) の方法で、タグ VLAN スイッチが有る研究室はダブルタグ VLAN で、隣接 ONU との通信問題とタグ VLAN スイッチの収容問題を解決することができた。

4. GE-PON ネットワークの構築と運用

隣接 ONU との通信問題 (3.1 節)とタグ VLAN スイッチ収容問題 (3.3 節) の 2 つの課題を解決したことで、本学で 1600 カ所の研究室を収容する GE-PON を利用したキャンパスネットワークの導入を行うことができた。

4.1 GE-PON を利用したキャンパスネットワークの構築

千原キャンパスでは、総合情報処理センターの OLT (図 6) から光ファイバを各研究室に引き、光コンセント (図 7) と ONU (図 8) を設置した。上原キャンパスでも総合情報処理センター医学部サテライト室から同様に設置した。千原キャンパス 1287 カ所、上原キャンパス 313 カ所、将来の増加をそれぞれ 100 カ所見込んで設計した。千原キャンパスに、基幹コアルータを 2 台、L2 スイッチ A を 6 台、L2 スイッチ B を 6 台、OLT16 枚を収容できる OLT ユニット 6 台とした。上原キャンパスに、L2 スイッチ A を 2 台、L2 スイッチ B を 2 台、OLT16 枚を収容できる OLT ユニット 2 台とした (表 1)。

キャンパス間は、既設の光ファイバを利用して接続した。全体の構成を図 9 に示す。スイッチ B をリング状に接続し、一番外側のタグ VLAN (図 5 の 1000 番台の VLAN) が同一の通信をスイッチ A を経由せずに通信できるように工夫した。

4.2 GE-PON システムの運用

今回導入した GE-PON システムでは、光直収型ネットワークとなり機器が集中化された為、ネットワークの障害の切り分け時間が大幅に短縮された。また本学では、台風による停電や水による被害で途中にある機器が停止し、その先のネットワークと通信できなくなることがあったが、それが今回のネットワークでは解消された。

一方、これまでのスイッチネットワークとは違い、研究室に新規のネットワークを敷設する時の手順が多くなった。これまでのスイッチネットワークでは、研究室に新規のネットワークを引く場合、UTP を敷設しフロアスイッチの空きポートに接続し設定すると接続できていた。しかし、GE-PON システムではまず光ファイバを敷設し、どのスプリッタへ接続するか検討を行い接続する。また、ONU の設定および OLT 設定など事前設計の後に、ONU を設置して接続が可能となる。この点に関しては、厳密な管理をすることと自由な接続ができることのトレードオフであり、スイッチネットワークでも厳密な管理を行えば、同等の労力

が必要であるとも思われる。

5. おわりに

本稿では、GE-PON システムをキャンパスネットワークで利用する為の課題とその解決方法、そして実際の構築と運用について報告した。

GE-PON システムは標準化されたものではあるが、他メーカーとのシステム相互接続はまだできない。システム相互接続については、IEEE1904.1(SIPON)での標準化が進んでいる。また、スイッチネットワークと同様に 10Gbps への広帯域化(IEEE802.3av)が始まっており今後の発展が見込まれる。

今回のキャンパスネットワーク構築では、1600 カ所へ光ファイバの敷設を行った。光ファイバが安価になったとはいえ多大な費用がかかったが、光ファイバは長い期間利用可能で、耐用年数の長い重要なインフラストラクチャを構築できた。

さらなる発展として、IP 電話やキャンパス内放送の導入が考えられる。線路の途中で電力を必要とせず電話システムにおける停電のリスクが減るため IP 電話にも最適なインフラストラクチャである。

これらの関連技術に着目しつつ、大学運営に必要なネットワークの構築運用を行っていきたい。

謝辞

今回のキャンパスネットワークの構築では、光ファイバの敷設に施設運営部担当者、財務部担当者ならびに学内の関係者の多大なる協力があって、運用することが可能となりした。ご協力頂いた皆様に、謹んで感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 田邊俊治,小川康一,吉浦紀晃,伊藤和人,重原孝臣,前川仁,光直収ネットワークによるキャンパスネットワークの管理運用, 日本ソフトウェア科学会 第 9 回インターネットテクノロジーワークショップ,インターネットテクノロジー研究会, 2008
- 2) 上田浩, 井田寿朗, 青木正文, 齋藤貴英, 酒井秀晃, 伊比正行, 高橋仁, 船田博, 矢島正勝, 久米原栄,キャンパス内光直収ネットワークの構築と運用, 学術情報処理研究 No. 14, pp.56-63(2010)