



解 説



光ファイバー回線を利用した 10Gb/s キャンパス間ネットワークの構築

福田 豊¹

戸田 哲也²

中村 豊³

概要

九州工業大学は、歴史的経緯と機能分担に伴って、3つのキャンパスを擁しています。工学部キャンパスは、本学発祥の北九州市戸畑地区に位置し、情報工学部キャンパスは飯塚市川津地区に、生命体工学研究科(独立研究科)は北九州学術研究都市の中核として北九州市若松地区に位置しています。本部のある戸畑地区から若松地区までは約20Km、飯塚地区までは約40Km離れており、研究・教育面においてこれらのキャンパス間で有機的に連携していくためには、通信基盤として高速なネットワーク回線が必要不可欠です。本稿では、情報科学センターが中心となって実施した光ファイバー回線を利用した10Gb/s キャンパス間ネットワークの構築について報告します。

1 はじめに

九州工業大学は、歴史的経緯と機能分担に伴って、3つのキャンパスを擁しています。工学部キャンパスは、本学発祥の北九州市戸畑地区に位置し、情報工学部キャンパスは飯塚市川津地区に、生命体工学研究科(独立研究科)は北九州学術研究都市の中核として北九州市若松地区に位置しています。本部のある戸畑キャンパスから若松キャンパスまでの距離は約20 Km、飯塚キャンパスまでは約40 Kmです。このように離れたキャンパス間について、九州工業大学では戸畑・飯塚キャンパス間は広域イーサネットサービス(100Mb/s)を、戸畑・若松キャンパス間はATM(Asynchronous Transfer Mode)網(10Mb/s)を利用して、キャンパス間ネットワークを運用してきました。

しかしながら、近年はブロードバンド技術の普及により、キャンパス間ネットワーク接続についても技術的な選択肢が広がっています。特に対外接続線環境は大きく変化しており、広域イーサネットサービスや光ファイバーの心線貸しサービスなど、利用状況に応じた幅広い選択が可能になっています。さらに、各サービスについて近年では複数の事業者から選択することができ、その低価格化も進んでいます。一方で、これまで対外接続線として多く利用され、九工大でも導入してきたISDN(Integrated Services Digital Network)やATM網については、機器自体の価格や、その保守コストが割高であるこ

¹情報科学センター 助手 fukuda@isc.kyutech.ac.jp

²情報科学センター 技術職員 toda@isc.kyutech.ac.jp

³情報科学センター 助教授 yutaka-n@isc.kyutech.ac.jp

となどから、より安価で高速なギガビットイーサネットへ移行が進んでいます。このような技術的な背景から、九工大のキャンパス間ネットワークの再整備について検討する必要性が認識されるようになりました。

さらには、各キャンパス間が研究・教育面において有機的に連携していくためには、その連携を支える高速なネットワーク基盤の導入が必要不可欠です。キャンパス間ネットワークのこれまでの主な用途であった内線電話や遠隔会議、事務局間のデータ通信に加えて、高精細な画像品質が求められる遠隔講義や、大量のデータ処理を必要とする共同研究を進めていくためには、既存のネットワークでは力不足であり、少なくともギガビットクラスの通信速度を持つキャンパス間ネットワークが必要です。

以上のような現状を鑑み、情報科学センターでは次のような九州工業大学キャンパス間ネットワークの整備案をまとめ、導入を行いました。

- ファイバー心線貸しを利用したネットワーク接続コストの低減と高速化、および ATM 網の撤去
- キャンパス間ネットワークに 10Gb/s イーサネット (802.3ae) の採用

本稿では、この光ファイバーを利用した 10Gb/s キャンパス間ネットワークの整備について報告します。

2 10Gb/s イーサネット (802.3ae)

10Gb/s イーサネットは、2002 年 6 月に標準化され [1]、近年では機器の低価格化により、ネットワーク幹線での利用が進んでいます。最初に標準化された 10Gb/s イーサネットは、10GBASE-S、10GBASE-L、10GBASE-E、10GBASE-LX4 の 4 種類の光インターフェースを規格化しています。LX4 以外の 3 つの規格には、LAN 用の 10GBASE-R ファミリーと、WAN 用の 10GBASE-W ファミリーの 2 系統があります。今回検討したのは、LAN 用の 10GBASE-R ファミリーの、10GBASE-LR と 10GBASE-ER です。以下それぞれの特徴について簡単に述べます。

10GBASE-LR はシングルモード光ファイバー専用の光インターフェースで、タイプ名称の L は "Long Wavelength" の略です。到達距離は 10Km、光伝送損失の最大値は 6.2dB で、建屋内やキャンパス内のバックボーンとして利用されています。

10GBASE-ER も 10GBASE-LR と同様シングルモード光ファイバー専用の光インターフェースです。タイプ名称の E は "Extra Long Wavelength" の略で、その到達距離は 30Km、光伝送損失の最大値は 11.4dB です。敷設条件の良い光ファイバーでは、40 Km まで到達距離を伸ばすことが可能です。また、ER が用いる波長では光アンプを利用することができるため、分散補償を行えばさらに距離を伸ばすこともできます。このように長距離伝送が可能であるため、都市間などのメトロエリアネットワークとして利用されています。

3 検討事項

九州工業大学の対外線ネットワークである SINET への接続地点は戸畑であるため、キャンパス間ネットワークは戸畑キャンパスを中心として若松・飯塚両キャンパスをそれぞれ結ぶものとしました。戸畑

から各キャンパスに向けての接続については2つの案を検討しました．本節ではその2つについて述べます．

3.1 導入案 1

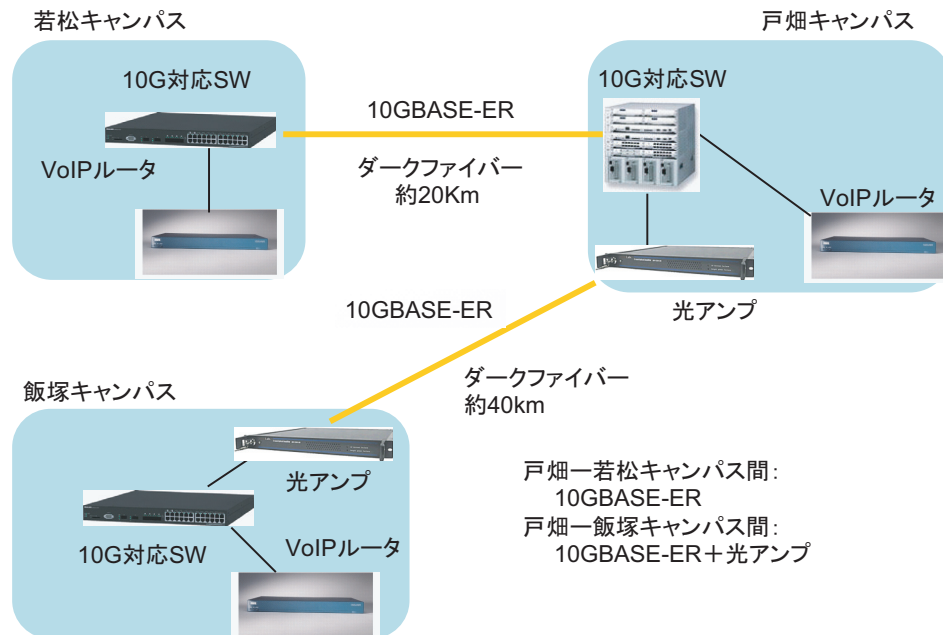


図 1: キャンパス間接続案 1

1つめの案としては、戸畑と両キャンパス間を光ファイバー（心線貸し）で結び、戸畑・若松キャンパス間は10GBASE-ERで、戸畑・飯塚キャンパス間は10GBASE-ERと光アンプで接続するものを検討しました。接続形態を図1に示します。戸畑・若松間の距離は約20Kmであるため、その接続には最大40Kmまで対応している10GBASE-ERの導入を検討しました。一方戸畑・飯塚間については、距離が40Km以上離れているため、そのままERを導入することは難しいと予想されました。そこで10GBASE-ERに加えて両端に光アンプを設置し分散を補償することで、通信を確保することを検討しました。

3.2 導入案 2

もう1つの案としては、戸畑・若松キャンパス間は案1と同じし、戸畑・飯塚キャンパス間を10GBASE-LRとWDMで接続するものを検討しました。接続形態を図2に示します。案1とは異なり、案2では長距離接続に実績があるWDMを戸畑・飯塚間に検討しました。また、それに併せて10GBASEの規格をLRとしました。

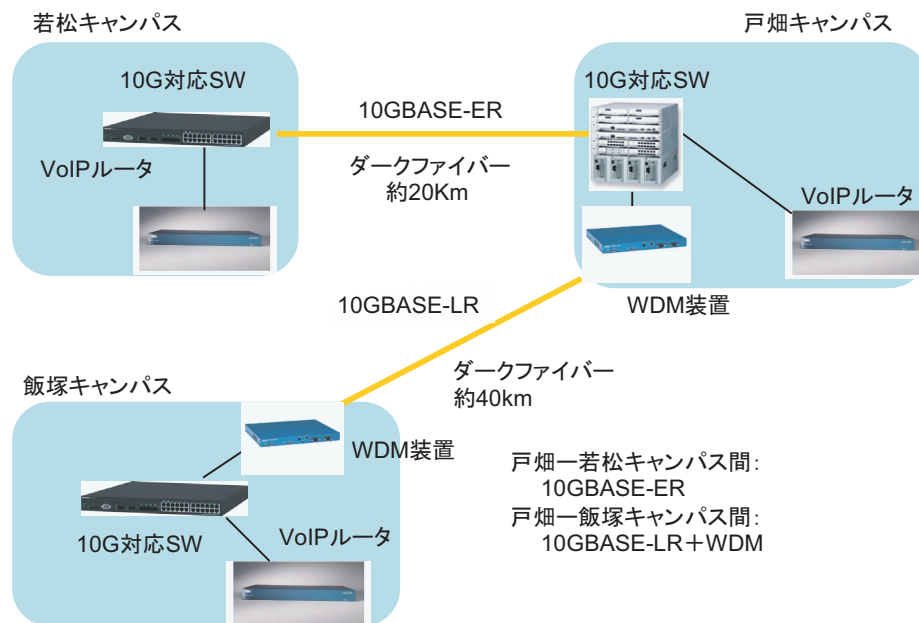


図 2: キャンパス間接続案 2

4 導入

上記の導入案を検討するにあたり、光ファイバー心線貸しを行っている事業者に、各キャンパス間の光ファイバー状況について事前調査を依頼しました。

まず、戸畑・若松間については、光ファイバーのケーブル長は 25.8 Km であり、伝送ロス想定値は 9.0dB であったため、10GBASE-ER を導入可能であることがわかりました。一方で、戸畑・飯塚間の光ファイバーのケーブル長は 58.5Km、伝送ロス想定値は 20.5dB であったため、10GBASE-ER をそのまま導入しても通信できないことがわかりました。敷設されているダークファイバーが通常のシングルモードファイバーの場合、光の分散は 40Km を超えると大きくなるため、受信側のインタフェースでエラーが発生する可能性が高くなります。それに対して、分散シフトファイバーという高機能のダークファイバーが敷設されていれば、この問題は生じませんが、戸畑・飯塚間に敷設されているファイバーは通常のシングルモード光ファイバーとのことでした。よって今回の 40Km を超える戸畑・飯塚間では、光分散によるエラーが発生する可能性が高いことがわかりました。以上の点から、今回の導入では案 2 を採用することにしました。

実際の導入については、内線電話の新たな回線への置き換えについて慎重に対応を行いました。ネットワーク回線が変わるため、両端に設置する内線電話用のスイッチや PBX (Private Branch eXchange) で調整を行ってハウリング対策を十分に実施し、問題が無いことを確認してから、回線の切り替えを行いました。また緊急事態に備えて、新たなキャンパス間ネットワークの導入後もこれまで使ってきた回線の契約を 3ヶ月間維持し、万が一のためのバックアップ回線としました。幸いなことに、バックアップ回線が必要となる事態は生じませんでした。以上のような対策の結果、移行作業は特に問題なく終了することができました。

5 今後の課題

10Gb/s イーサネットを利用したキャンパス間ネットワークの運用に関する今後の課題としては、以下の点が上げられます。

5.1 セキュリティの確保と計測体制の確立

キャンパス間が 10Gb/s と超高速ネットワークで接続されたため、キャンパス内で蔓延したウィルスその他キャンパスへの伝染や、高速な回線を利用した DoS(Denied of Service) 攻撃などが予想されます。よってこれらの問題を検知して他キャンパスへのウィルスの伝搬を未然に防いだり、攻撃を遮断するようなセキュリティ対策が必要となります。また、それらの対策を可能にするトラフィック計測体制を確立していく必要もあります。現在情報科学センターでは、sFlow[2] を利用したネットワーク計測体制についての検討を進めているところです。

5.2 10Gb/s イーサネットの利用

10Gb/s という大容量のネットワーク通信基盤をどのように利用していくかも今後の課題です。高速通信を必要とするアプリケーションとしては、ハイビジョンを利用した遠隔授業や、大容量のデータを扱うグリッドコンピューティングなどがあります。また、大容量の通信基盤があることを前提とした、情報通信機器の集約化についても検討していく必要があります。例えば、情報科学センターで各キャンパスに設置しているネットワーク機器を必要に応じて 1 箇所にとめて、導入・運用コストを低減することが考えられます。

5.3 バックアップ回線の準備

キャンパス間ネットワークは、戸畑をハブとして飯塚、若松キャンパスと接続しているため、中継経路で事故等によって回線障害が発生すると、そのキャンパスと戸畑キャンパス間の接続性は失われてしまいます。そこで、若松と飯塚キャンパス間にバックアップ回線を準備することで、戸畑キャンパスと各キャンパス間の経路で障害が発生しても、迂回経路によって戸畑キャンパスまでの接続性を確保することができるようになります。例えば、戸畑・若松間で障害が発生してネットワーク接続性が無くなったとしても、若松・飯塚間にバックアップ回線があれば、若松から飯塚を経由して戸畑や外部ネットワークと通信を行うことができます。現在はバックアップ回線の導入効果や運用コストも含めて検討を行っています。

6 まとめ

本稿では光ファイバー心線貸しを利用した、10Gb/s イーサネットによるキャンパス間ネットワークの構築について、導入案の検討から、今後の課題までについて報告しました。導入案としては戸畑と両キャンパス間を心線貸しの光ファイバーで結び、戸畑・若松キャンパス間を 10GBASE-ER で、戸畑・

飯塚キャンパス間を (1)10GBASE-ER と光アンプで接続するもの, (2) 10GBASE-LR と WDM で接続するもの, の2つを検討しました。検討に当たり各キャンパス間の光ファイバー状況について事前調査したところ, 戸畑・飯塚間の光ファイバーのケーブル長は 58.5Km, その伝送ロス想定値は 20.5dB であり, (1) 案の 10GBASE-ER はそのまま導入しても通信できないことがわかりました。そのため, 今回の導入では (2) 案を採用し導入を進めました。導入後の今後の課題としては, 10Gb/s という超高速ネットワークにおけるセキュリティの確保とそのための計測体制の確立, およびその利用方法を検討する必要があります。また, ネットワーク回線障害に備えたバックアップ回線の導入も今後の検討事項です。以上の課題を考慮しながら, 情報科学センターでは, この通信基盤を最大限生かすことができるような戦略的な情報機器の配置や利用などを検討していく予定です。

参考文献

- [1] IEEE Standard 802.3ae, Media Access Control (MAC) Parameters, Physical Layers, and Management Parameters for 10 Gb/s Operation, June, 2002.
<http://grouper.ieee.org/groups/802/3/ae/>
- [2] P. Phaai, " InMon Corporation 's sFlow: A Method for Monitoring Traffic in Switched and Routed Networks, " RFC3176, September, 2001.