

次世代光ホームバックボーンネットワーク構成

小口 喜美夫*¹, 島崎 翔太*², 埜 大*³

Photonic Home Backbone Network for the Next Generation Convergence Home Network

Kimio OGUCHI*¹, Shota SHIMAZAKI*², and Dai HANAWA*³

ABSTRACT : This paper first introduces the general physical network configurations with some features. It then evaluates the network feasibility of the double star (DS) configuration by the path loss evaluation method. The remaining path loss that is the permitted loss value for the given link is discussed by considering several actual device characteristics. It is clarified that the DS is feasible, however, the system with larger number of splitting port might also be feasible when the splitter has lower excess loss or the network is relatively small. With some experimental results that were recently obtained by the authors and others, the network is feasible, however, requires further researches to advance device characteristics.

Keywords : Home network, Photonic network, Star configuration

(Received Sept. 21, 2012)

1. 序論

1.1 研究背景

先進国を中心として近年高齢化の進展が著しい。わが国では65歳以上の高齢者が2012年には全人口の23%を超え、今後さらに増加していく傾向である。また、地球温暖化、エネルギー問題、等、私たちを取り巻く環境に関わるさまざまな問題が発生してきている。一方、技術開発の進展は近年めざましく、特にデジタル化・ブロードバンド化やユビキタス化技術により新たな生活スタイルを形成しつつある。典型例は、FTTH (Fiber To The Home) アクセスサービスの進展であり、2012年3月末には国内において2200万加入を超え、世界でも稀なブロードバンド環境が実現している¹⁾。

1.2 研究目的

このような状況を鑑み、筆者らは、情報通信技術 (ICT: Information and Communication Technologies) を利用した人と環境に優しい空間づくりを目的とし研究開発を進め

ている。なかでも、様々なセンサと情報通信技術を利用、ブロードバンド・ユビキタス技術の活用、安心・安全・便利・快適な空間・環境 (省エネ/省電力など) の形成、といった観点から活動を進めている。

本稿では、主に家庭内のネットワークに着目し、人と環境に優しい空間を形成するために必要な次世代光ホームバックボーンネットワークの実現に関し、その課題を明らかとし、特にスター形態のネットワーク実現性について検討する。

2. 研究課題

次世代光ホームバックボーンネットワークの実現に関し、その主な課題は下記のように考えられる²⁾。ここでは、ネットワークを利用するアプリケーション等については除いた。

- アーキテクチャ、機能配備法
- 物理的形態
 - ・伝送媒体
 - ・トポロジー
 - ・敷設法
 - ・パスロス設計

*¹ : 理工学部情報科学科教授 (oguchi@st.seikei.ac.jp)

*² : 理工学研究科情報科学コース修士学生

*³ : 理工学部情報科学科助教

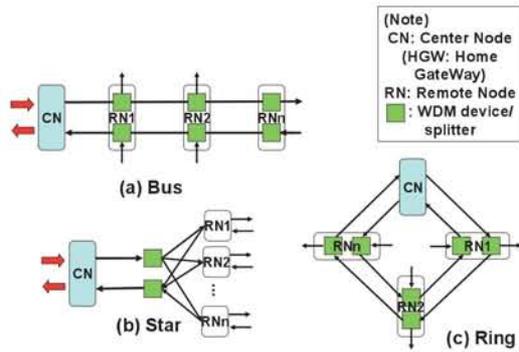


図1 一般的なネットワーク構成

—QoS (Quality of Service)実現法 (トラフィックマネジメントを含む)

特に本稿では物理形態に着目し、検討を行った。

3. スター構成

3.1 構成の特長

ネットワーク構成は一般的に、図1に示すように、バス、スター、リングがある。ここで各ノードは2ファイバにより接続、片方向WDM (Wavelength Division Multiplexing) 伝送、受動型デバイスを前提として構成した。

バス構成 (図1(a)) は、複数のRN (Remote Node) がカスケード状に構成され、簡易ではあるが、詳細なパワバジェットの見直しが必要であり、光ネットワークでの構成に課題が多い。一方、リング構成 (図1(c)) は、総配線長が最も短かく、リンク/ノード障害に対し信頼性が高い。ただし、ノード構成が複雑になり制御法やハードウェア構成に課題がある。

スター構成 (図1(b)) の特長には以下があげられる。ここでは有利な点については+記号、また、検討が必要な点については-記号を付した。

- + 最も一般的な受動型光ネットワーク (PON: Passive Optical Network)
- + WDMデバイスは単に特定の光波長を対応するポートに出力 (例 AWG: Arrayed Waveguide Grating)
- + 複数のRNへ同時に光信号分配が可能
- + リンク障害への信頼性が高い
- + パワバジェットより実現性の可能性の高い構成
- 上り方向に対する同期必要

3.2 これまでの検討例

ホームネットワークへの光技術の適用検討はこれまで十分になされていない。その主な理由は、従来はネット

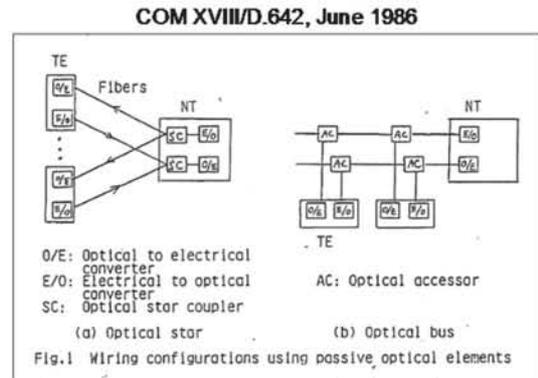


図2 これまでの光ホームバックボーンネットワーク検討例

ワーク接続を想定した端末類の数があまりなかったこと、また、それらの情報量もあまり多くはなかったことから、一元的にブロードバンド環境を構築する必要がなかったことによる。しかしながら、昨今のさまざまな状況の変化から、その必要性が認識され始めた。

これまでの検討で初期の代表的な例を図2に示す³⁾。

本案は、国際電気通信連合(CCITT SG XVIII, 現在のITU-T SG13/15)にブロードバンドネットワークにおいて必要なネットワーク例として提案された。ここでは、光ファイバとして典型的なマルチモードガラスファイバ (MMF: Multi Mode optical Fiber, 50/125 μm) を用い、ネットワーク装置 (NT: Network Terminal, 現在のFTTH網で使用されているONU: Optical Network Unitに相当) と端末装置 (TE: Terminal Equipment) を接続している。当時、端末類の多くはISDN(Integrated Service Digital Network) 用を想定し、情報速度が数100 kbit/sから1.5 Mbit/s程度であったため、本提案は将来構成の候補として位置付けられた。

現在、ITU-T SG15 において勧告G.9960 (G.hn: home networking)⁴⁾ として検討が進展している。これまでは、P2P(Point to Point)接続、今後は、P2MP(Point to multi-Point)接続の検討が進展する予定である。

3.3 パスロス設計

2 地点間での光信号伝送が可能かどうかの基本は、受信系の最少受光電力が所定の値を満足するかどうかをまず確認することが必要となる。そこで、ここではHW (Home GateWay) の出力光パワとRNの受光電力の差をパスロス (L_{path})^{5, 6, 7)} とし、以下の検討を行った。言い換えると、パスロスは系を構成するすべての光エンティティの損失の総和を意味する。

$$L_{path} = L_{fib} + L_{ben} + L_{wdm} + L_{con} + L_{sys} \quad (\text{式1})$$

- L_{fib} : ファイバ損失(km 長あたり損失とファイバ長, l_f の積)
- L_{ben} : ファイバベンディング損失 (壁内のダクトへの敷設等)
- L_{wdm} : WDM デバイス損失, さらに本損失は, mux/demux 損失(L_{mux}), アドドロップポート損失(L_{ad}), 通過ポート損失(L_{thr}), ループバック損失 (L_{lop})に分類
- L_{con} : 接続損失 (コネクタ/スプライス)
- L_{sys} : システムマージン

ここで, 検討をより簡易にするため上記の式(1)を変形し許容損失値 (LR) を導く。許容損失値とは, リンクに許容される損失値で, ファイバ損失とファイバベンディング損失を含む。

$$LR = L_{path} - L_{br} - L_{con} - M_{sys} \quad (\text{式2})$$

ここで, L_{br} は分岐デバイス損失 (スプリッタ, または, WDMデバイス)で, さらに理論的分岐損失と過剰損失 (L_{ex})を含む。他は, 上記と同様である。

数値計算のため以下の数値を用いた。それぞれの値は, 現状の市販デバイスや最近の研究結果から示される値を使用した。

- 分岐数(波長数): 2, 4 or 8
- トータルパスロス (L_{path}): 25.0, 20.0, または 15.0

dB

- 全接続損失 (L_{con}): 3.0, 5.0, or 7.0 dB
- システムマージン (M_{sys}): 2.0 dB
- 分岐/WDMデバイスの過剰損失 (L_{ex}): 0 - 5.0 dB

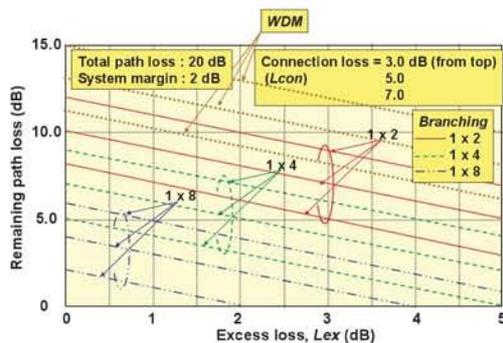


図3 スプリッタの過剰損失値と許容損失値の関係(トータルパスロス20 dB, システムマージン2dBの場合)

3.4 検討結果

式(2)と各項に対し上記数値を用いて算出した結果を示す。図3は, 横軸がスプリッタ/WDMデバイスの過剰損失, 縦軸が許容損失値 (LR)であり, トータルパスロス (L_{path}) 20.0 dB, システムマージン 2dBの場合を示した。ここでは, 分岐デバイスとして1x2, 1x4, 1x8 スプリッタを用いた。

図より明らかなように, 全体的にWDMデバイス使用では, スプリッタ利用時より大きな許容損失値 (LR)となる。これは, WDM デバイスは波長を分離もしくは合流させる機能を有し, 光パワの分配をしていない。一方, スプリッタは入力光パワを各ポートに分配するため損失が生ずる。

スプリッタでは, ポート数が多くなるほど分岐損失が大きくなり残損失値が減少する。

また, トータルパスロス (L_{path})は, 送受信器の性能に依存し, また, 高速化により減少する。

トータルパスロス (L_{path}) 25.0 dB, システムマージン 2dB, 過剰損失 3 dBの場合を例として以下に結果を示す。

WDMデバイス, 1x2, 1x4, 1x8 スプリッタに対する残損失値 (LR) は, L_{con} が5 dBの場合に, それぞれ15, 12, 9, 6 dBとなることが分かる。これらの値は, 損失が 10 dB/kmのファイバを用いた場合, ファイバ長としてそれぞれ1500, 1200, 900, 600 mが可能であり, ネットワークとしての実現性が高い。

また, もし接続損失(L_{con})が7 dBの場合, ファイバ長はそれぞれ1300, 1000, 700, 400 mに減少する。

トータルパスロスが20, 15 dBと減少した場合, 当然残損失値が減少し, ファイバ長が短くなることは明らかである。また, 受信系構成の高性能化によりトータルパスロスの増加も可能となる⁸⁾。

日本の一戸建て家屋の場合, 平均の最大ケーブル長(エンドーエンド距離)は30 m以内^{9,10)}, また, 欧州のアパート形式の住宅でも300 m以内であることがこれまでの検討で明らかとされている。したがって, 上記結果である程度の領域はカバー可能であることが分かる。

ここで, スプリッタに関する性能から評価する。筆者らが行った1x2および1x4 スプリッタの実験¹¹⁾により, 1x2 スプリッタでは, 過剰損失として3 dBを見込めば十分であった。また, 1x4 スプリッタでは, 5 dB以上が必要であった。さらに, 文献¹²⁾では, 1x8 スプリッタの過剰損失は4 dBを見込んでいる。

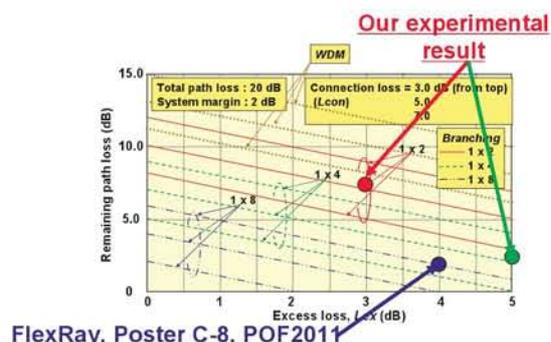


図4 スプリッタ実験結果と許容損失値

図3上にこれらの値を追記したものを図4に再度示す。これらから、スター構成に対して、以下の結果が得られる。

- 1x2 構成は実現可能性が高い
- 1x4 構成は実現可能性があるが、適用領域が比較的狭い
- 1x8 構成はさらなる詳細検討が必要

4. まとめ

次世代光ホームバックボーンネットワークの実現に関し、その課題を明らかとし、特にスター形態のネットワーク実現性について検討した。

受動型光ネットワークは信頼性が高く、低消費電力であり、かつ低遅延であることから魅力的なネットワーク構成であることが認識されている。中でも、スター状ネットワーク構成について本稿では検討を加え、以下の結論を得た。

スター構成は実現の可能性の高い構成である。しかしながら、もし、ポート数が増加した場合には、低過剰損失なスプリッタが必要とされるか、ネットワーク規模(距離)が小さくなる。スプリッタの代わりにWDMデバイスが使用された場合には、ネットワーク規模の拡大が可能となる。

今後、実際のネットワークを構築するためのさらなる検討を行う予定である。

参考文献

- 1) 総務省, "ブロードバンドサービス等の契約数(平成24年3月末)"
<http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/new/index.html>.
- 2) K. Oguchi, K. Tojo, T. Okodo, Y. Tsuchida, T. Yamaguchi, and T. Murooka: "Next generation home

networking and relevant technologies", Proc. of SPIE, Vol.5626, pp.163-168, Feb., 2005.

- 3) NTT (K. Oguchi): "Proposed study framework for fiber-optic broadband user-network interface", CCITT Study Group XVIII COM XVIII/D.642, June, 1986.
- 4) ITU-T Recommendation G.9960 (ex G. hn), 2011.12.
- 5) K. Oguchi, S. Terada, Y. Kakishima, S. Yamakawa and D. Hanawa: "Application of WDM technologies in home network environment", Proc. of POF2009, Paper 96, Sydney, Australia, Sept. 9 - 11, 2009.
- 6) K. Oguchi, T. Sakai, D. Hanawa: "WDM feasibility in a home backbone network", Proc. POF2010, Datacom & Networks 4-3, Yokohama, Oct. 19-21, 2010.
- 7) K. Oguchi, T. Sakai, and D. Hanawa: "WDMpassive network design for small wavelength-count in local area/home applications", Telecommunication Systems, Online FirstTM, 17 June, 2011.
- 8) K-H. Kim, S-C. Jo, C. W. Park, and S-H. Park: "Development of Gbps data transmission system for PMMA-based GI plastic optical fibers", Proc. of POF2010, Yokohama, Oct. 2010.
- 9) K. Oguchi, T. Okodo, K. Tojo, and K. Okada: "Physical network configuration of next generation home network", OFCNFOEC2006, JThB95, Anaheim, March, 2006.
- 10) Ministry of Internal Affairs and Communications: "Survey results of Japanese houses and lands", <http://www.stat.go.jp/data/jyutaku/2003/index.htm>.
- 11) S. Shimazaki, T. Sakai, D. Hanawa, and K. Oguchi: "Measured loss characteristics of multi-mode 1 X N splitter", Proc. of POF2011, Bilbao, Sept., 2011.
- 12) M. Bloos, S. Hittmeyer, and H. Poisel: "Flexray on passive optical star topology", Proc. of POF2011, C8, Bilbao, Sept. 2011.