

ホロニック光情報ネットワーク

特集 プロジェクト研究

西原 浩*

Holonic Optical Information Network

Key Words : Optical Information Network, Holonic, Device, CDMA, Multimedia

1. はじめに

本研究プロジェクトは、日本学術振興会未来開拓学術研究推進事業の一環として、寺田浩詔大阪大学名誉教授の下、12の研究機関で平成8年から5年計画で進められている。本研究の目的は、「既存の電気通信の概念を見直し、超高速性、超広帯域性という光通信の本来の特性を最大限に生かした利用者主導の情報通信ネットワークを実現すること」にある。そのため、従来の通信方式や通信形態、さらにはサービスに拘束されず、柔軟に進化する超自律分散型(ホロニック)光情報通信ネットワークを研究することになっている。

組織は3班構成となっており、各テーマは、(1)光情報ネットワークアーキテクチャとその素子技術に関する研究(東大2名, NTT1名), (2)「セキュリティと選択的伝達を統合した情報伝達システムとその光デバイス技術に関する研究(阪大9名, 東工大2名, 東北大4名), (3)新波長変換・符号多重化の研究(上智大3名, 中央大1名, 玉川大3名, 東工科大2名, 高知工科大1名, NEC1名)となっており、研究分担者数は総勢30名である。大阪大学が拠点となっており、西原, 小牧省三教授(通信工学専攻), 村上孝三教授(情報システム工学専攻)のグループが分担している。

2. ホロニック光ネットワークとは

「ホロニック(holonic)」は聞きなれない用語だと思われるが、ホロはもともと全体を意味するギリシャ語である。ここでは、大きなネットワークが中央で制御されるのではなく、多数の小さな分散ネットワークで構成され、それらが自身で自律し、かつ全体を制御する、そういうネットワークをホロニックと呼んでおり、それを光の特長を活かして実現しようというプロジェクトである。大容量・高速の通信時代にはこのようなネットワークが要求される。

図1は、ホロニック光ネットワークの概念をイメージ的に図示したものである。このプロジェクトではいずれれテストベッドを試作することになっている。

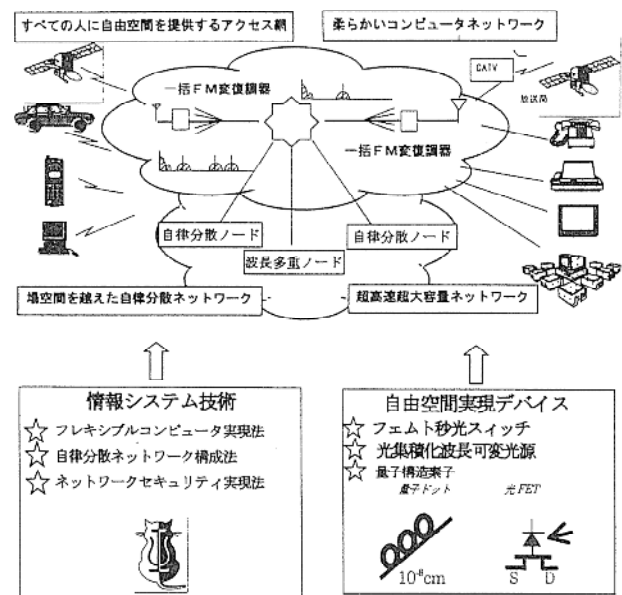


図1 ホロニック光ネットワークを説明する概念図



*Hiroshi NISHIHARA
1937年8月4日生
昭和40年大阪大学大学院工学研究科
博士課程修了
現在、大阪大学大学院・工学研究科
電子工学専攻、教授、工博、光波電
子工学
TEL 06-6879-7770
FAX 06-6879-7793
E-Mail nishihara@ele.eng.osaka-
u.ac.jp

3. 阪大の分担研究プロジェクト

分担研究課題は上述した通りであり、秘話性の高い情報伝達システムは光搬送波間の相互非干渉性を活かした光通信システムによって実現できると考えられる。

A. 光集積化波長可変光源の研究(西原グループ)

本ネットワークの実現には種々の新しい光デバイスが必要になり、西原グループでは、超高速高密度な波長多重ネットワークに利用できる光集積化波長可変源デバイスの研究を担当している。

そのようなデバイス実現に向けての基礎的検討として、図2に示すような、2次非線形光学効果である差周波数発生をめざしたLN(ニオブ酸リチウム)導波路波長変換デバイスを取り上げている。高効率な波長変換を達成するために、高い光強度を長い作用長にわたって維持できる光導波路構造を採用し、結晶の透明波長域内の任意の波長での波長変換を達

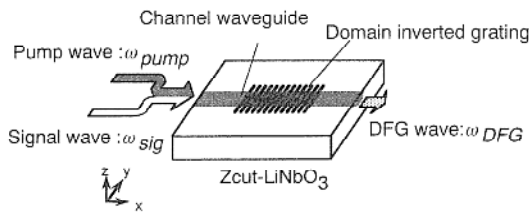


図2 LN導波路差周波発生波長変換デバイス

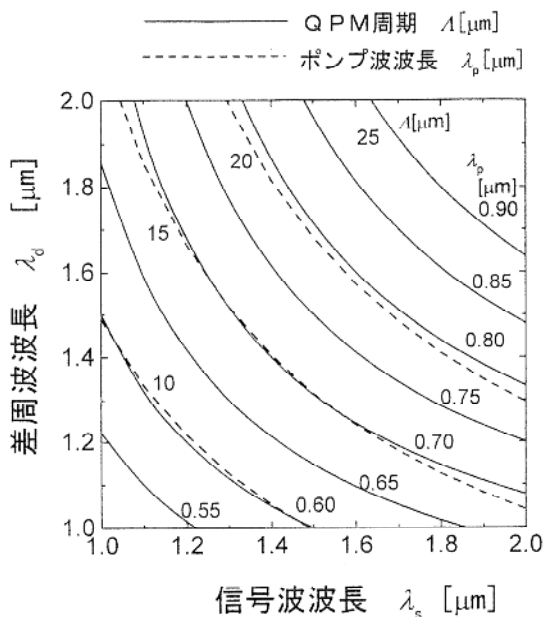


図3 波長変換の擬似位相条件

成するために、LNの強誘電分極反転グレーティングを用いた擬似位相整合技術を用いる。図3に示すように、適切な励起光波長と分極反転グレーティング周期の組み合わせにより、波長1~2μm帯での波長変換が可能となる。これまでに、波長1.54μmの光を1.67μmの光に変換できるデバイスを試作し、波長変換動作を確認した。

出力光のスペクトル特性を評価し、デバイス高効率化・安定化を試みている。また、デバイス(特に導波路)の作製条件の最適化を行っている。導波路非線形光学波長変換デバイスでは、相互作用する光の導波路内電界分布の重なりが大きい方が高効率化に有利である。相互作用する光の波長が大きく異なるような場合には、重なりを大きくすることは容易ではない。すでに我々のグループで確立されている、電界分布を考慮に入れた波長変換デバイスの性能解析手法を活用して導波路作製条件の最適化を行う。関連して、導波路作製による非線形性低減の改善が期待できる、新規の導波路作製法、気相プロトン交換法に関する実験を行い、波長変換デバイスへの適用有効性を検討する予定である。

その次のステップとして、擬似位相整合用分極反転グレーティングの周期チャーピングや複周期化などの手法を用いた、広帯域変換デバイスを検討する。また、この検討により、多波長一括波長変換などの機能も実現できると考えられる。

B. ホロニック電波ハイウェイネットワーク (小牧グループ)

各個人の要求と存在環境の多様性、社会活動や生活形態の多様性の拡大とその急速な変化が予想され、それに柔軟かつ迅速に対応できる情報通信ネットワークすなわち、ホロニックネットワークの実現が必要になっている。現在急速に進展している移動通信ネットワークについてはこの傾向が特に顕著であり、新しい需要を満たすため、1~2年毎に新しい電波形式が開発・導入され、マルチスタンダード・マルチサービスネットワークの共存の下で急速な加入者数増大が継続している。しかし、この様な各種の電波形式が実現されるごとに、新しい基地局設備やバックボーンネットワークを広範かつ早期に新設する必要が生じており、古い形式の設備の減価償却を十分に果たせないまま新規の設備投資をする必要が生じている。この過剰設備投資の費用は、やがて、それを利用する者が負担することになる。一方、今後は

マルチメディア移動通信の実現に向けて高速広帯域移動通信を実現させてゆく必要があるが、このためには逼迫している周波数の有効利用を一層高める必要が生じ、基地局から移動端末までの距離を小さくするマイクロセル方式を導入することになる。すなわち、各種の電波形式を使用したサービスを広域かつ基地局数もきめ細かく設置する必要が生じ、個々のサービスに特化したネットワークを構築するのではなく、種々のサービスを電波のままに収容可能なホロニックを構築し、それらサービス間をシームレスに接続できるようにしていく必要がある。

電波をそのままの形式で光ファイバ内に閉じ込めてルーティングする技術を電波の通る無線ハイウェイ(Radio Highway)と呼んでおり、多数の基地局で発生する各種の電波形式をそのままの形で光ファイバネットワークに閉じ込め、それぞれの電波形式に合った電波翻訳局に伝送し、復調した後、固定系ネットワーク等の異なった形式のサービスとの相互接続を行うものである。電波翻訳局としては、無線装置の形式がソフトウェア的に変化するソフトウェア無線装置を使用することも可能であり、新サービス導入に際しネットワークの更改をすることなく迅速にサービスを開始することが可能となり、高いホロニック性を有している。

ファイバ内における光信号ルーティングについては、光技術として研究が進んでいる波長多重技術以外にも時分割・符号分割・チャープ多重変換を用いた各種の構成技術を検討しており、実験的検討とし

ては、図4に示す符号分割方式の検討を進めている。従来方式では光の位相変調ならびに位相復調が必要であったが、この方式では構成の簡単な光強度のオンオフスイッチで実現可能な光強度スイッチCDMA方式(DOS-CDMA: Direct Optical Switch Code Division Multiple Access)を新しく提案している。

C. マルチメディアネットワーク(村上グループ)

マルチメディア情報通信サービスを提供する基盤として要求される高速・大容量性と高機能・柔軟性を合わせ持つ新しいネットワークアーキテクチャの研究を行っている。

インターネットや移動体通信の急速な普及に伴い、これらを支える社会インフラとして、通信、放送、情報検索、グループウェア、仮想社会、電子商取引等さまざまな機能を統合的に実現するためのネットワークの構築が急務となっている。一方、光通信やVLSI等の技術の高速化、大容量化、高機能化は着実に進展しており、これらの技術の特性を最大限に生かした情報通信ネットワークをいかに構築すべきかについて、ネットワークの役割、機能構造、新しいシステムパラダイム等の面から設コンセプトの具体化が求められている。本研究では、ネットワーク構成法に関する新しいパラダイムの実現を目指して以下のアプローチで研究を推進している。

(1) 非階層型通信網アーキテクチャ

サービス種類に応じて物理層、ネットワーク層の各種機能を柔軟に組み合わせられるように、従来の階層型構造における低位層と高位層を融合し、また縦

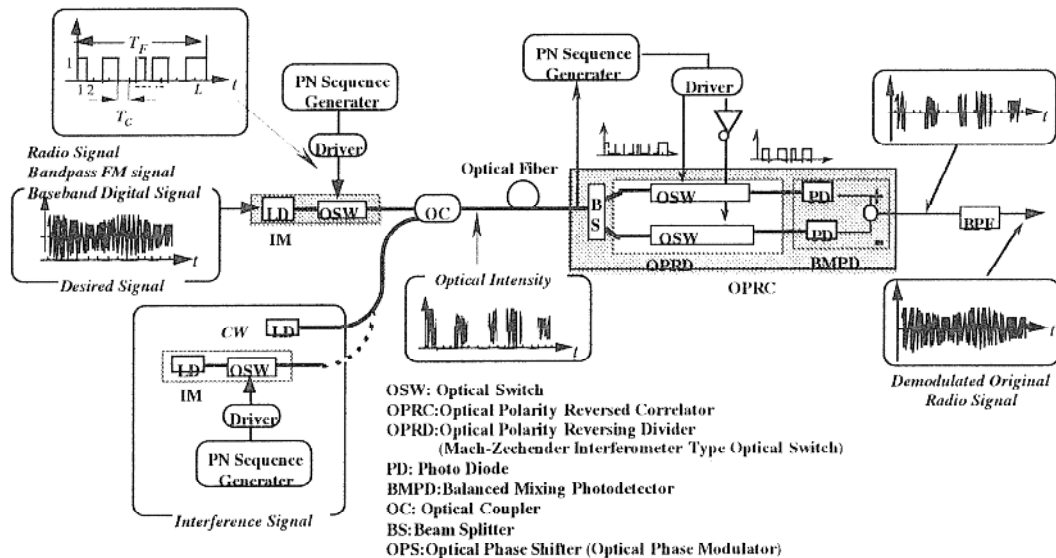


図4 光強度スイッチ型符号分割多重アクセス方式の原理図(COS-CDMA)

割り型/横割り型機能構造から脱却し、通信機能、情報処理機能、コンテンツへのアクセスを統合化する。

(2) コネクションレス型超高速通信

超高速で超大容量な通信ネットワークでは情報転送時間が極小化されるため、従来のように送信端末と受信端末をコネクションにより接続する通信形態ではなく、端末とネットワークは時間的に独立なコネクションレス型通信による接続形態が望ましい。その際の通信ノードにおける通信処理オーバーヘッドを回避するため、制御駆動原理ではなく自律制御原理によって実現を図る。このためのスイッチング技術として多様な網構成に柔軟に対応でき、高速動作可能な新しい自律ルーティング方式を開発する。

(3) パーソナルナビゲーション

情報源へのナビゲーション機能に関連する情報探索方式については、ユーザ対応のパーソナルエージェントをネットワーク内に配置し、方面探索と近隣探索を組み合わせた2段階探索方式により迅速に目的の情報に到達させる。また、ユーザから目的情報源へのルーティングは、ネットワークの状態やユーザ要求に応じて柔軟に選択できるリルート機能を持たせる。

(4) ネットワークの可視化

サービスの種類が単一で定型的な従来型ネットワークと異なり、多様なサービスが混在し輻輳も多発するような環境下では、ユーザ要求の処理の進展具合等のネットワーク状態を明示したり、ユーザへの機能選択の多様性を提供することが重要となる。本研究では、ネットワークマップという新しいシステムを導入することにより、ネットワークの可視化を可能にする。ネットワークマップの利用により、エンド・ツー・エンドのルート生成の高速化、適応化および自律ルーティングなどの多様な機能を実現する。

以上のような新しいネットワーク構成パラダイムの実現には、通信ノードや端末が相互に複雑なプロトコルを介することなく自律的に動作し、かつ全体としてネットワークとして協調動作させる超高速で大容量なネットワークが必須である。これをホロニック光ネットワークと呼び、現在までに以下に示す研究成果を得ており、今後引続いてシステムおよびデバイスの具体化を進める計画である。

(a) ホロニック光統合ネットワークの網構成の研究

図5に示すように、エンド・ツー・エンド全光型

情報伝達網および分散コンピュータ処理型パーソナルナビゲーション網の2面構成からなる事の特徴とするネットワークアーキテクチャとそのシステム構成の具体化を進めた。本システムでは、ユーザの通信要求が発生すると、まず端末からネットワークマップへのアクセスがソフトウェアプロセス移動形のモバイルエージェントによって実行され、ネットワークマップにおいて最適な経路及び代替経路が決定される。これらの経路情報をタグとして通信情報はタグ制御により全光ネットワークを高速に伝達される。

(b) 光波長スイッチング方式の研究

従来型の光時分割型多重方式や光波長分割型多重方式を融合するのに加え、新たに光符号分割型多重方式を導入することを特徴とする複合型光スイッチング方式、およびタグ情報への光符号の動的割り当てによる自律ルーティング型光符号分割多重スイッチの基本構成を考案した。また、経済性と符号間干渉等の特性評価により多重化性能およびデバイス特性を明らかにした。今後、デバイス、システム両面からの試作評価を進める予定である。

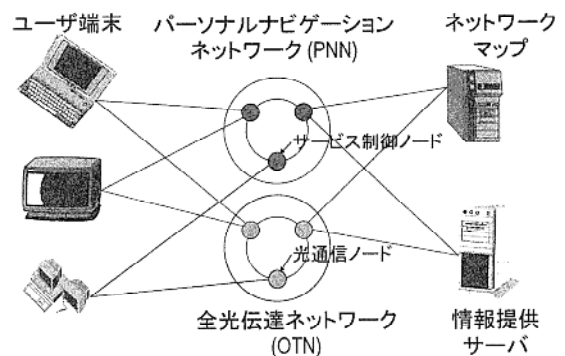


図5 ホロニックネットワーク

4. ネットワークシステムのテストベッド開発

小牧、村上グループの研究テーマであるAM/FM一括変換機能と符号多重化(CDMA)方式を用いた、ホロニック光情報ネットワークシステムのテストベッドが両グループによって開発される計画が進んでいる。西原グループのデバイスはいずれそのシステムに組み込まれることを想定している。これらのプロジェクトは、先導的研オープンセンターの一室をお借りして、進められている。