

ホロニック光情報ネットワーク

Holonic Optical Information Network

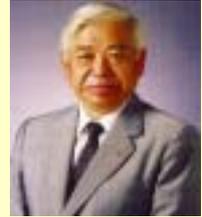
(研究プロジェクト番号：JSPS-RFTF 96R90101)

プロジェクトリーダー

寺田 浩詔 大阪大学・名誉教授

コアメンバー

神谷 武志 東京大学・名誉教授
 小関 健 上智大学理工学部・教授
 西原 浩 大阪大学大学院工学研究科・教授
 小牧 省三 大阪大学大学院工学研究科・教授
 村上 孝三 大阪大学大学院工学研究科・教授
 辻井 重男 中央大学理工学部・教授
 河西 宏之 東京工科大学工学部・教授
 広田 修 玉川大学学術研究所・教授
 坂庭 好一 東京工業大学工学部・教授
 白鳥 則郎 東北大学電気通信研究所・教授



1. 研究目的

本研究プロジェクトでは、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を狙いとしている。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に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。これによって 21 世紀の社会基盤に相応しい情報通信ネットワークの実現に寄与するとともに先端的な光技術の研究で世界をリードし、学問と産業界の活性化に貢献することを目指した。プロジェクト開始時に掲げたキーワードは光ファイバによる無限の自由空間の創出、無線と光ファイバの統合的利用技術の開拓、新しい光デバイスの創出、量子光技術への挑戦である。

2. 研究成果概要

具体的な研究目標として、第一に、光ファイバによる無限の自由空間の創出、第二に、無線アクセスと光ファイバの統合的利用技術の開拓、第三に、新しい光デバイスの創出、量子光技術への挑戦、を掲げた。

2.1 ホロニック光情報ネットワークアーキテクチャ

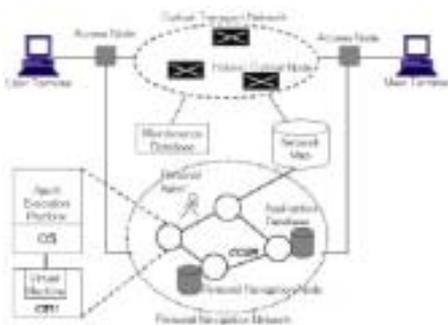


図1 ホロニックネットワークの構成

本プロジェクトにより、ホロニック光情報ネットワークの基本アーキテクチャの具体化が実現できた。その構成図を図1に示す。このネットワークは自律分散処理を基本とし、光伝送ネットワーク（OTN: Optical Transport Network）と、パーソナルナビゲーションネットワーク（PNN: Personal Navigation Network）の2つの層で構成される。これらの層は、論理的には完全に独立したものとなっている。

2.2 ホロニック光系伝達ネットワーク

光伝達系ネットワークの具体的システム構成技術として、まず、光時分割多重技術と光波長分割多重技術を融合した階層化WDM光ネットワークを提案・確立した。図2にその概念図を示す。

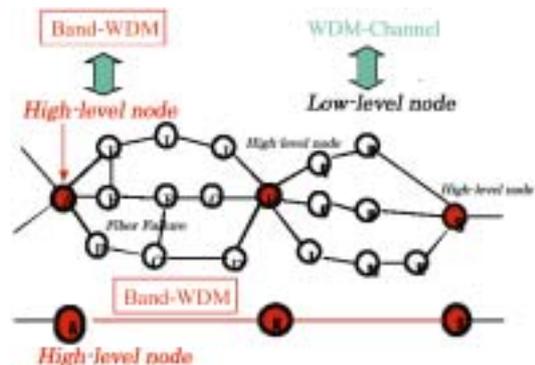


図2 階層化WDM ネットワーク

また、光符号多重技術をベースとする情報多重、分離技術およびルーティング、交換システム技術など従来の光時分割多重技術、光波長多重技術を越えて更に光技術の特性を最大限に発揮し得る技術に関しての可能性を明らかにした。

図3に、提案した多重符号化交換の信号拡散原理図を示す。本方式は、信号の符号化・復号化処理を行う符号の違いによって交換処

理を実現する方式であり、伝達系の電氣的処理を介さない全光交換の実現が可能となる。

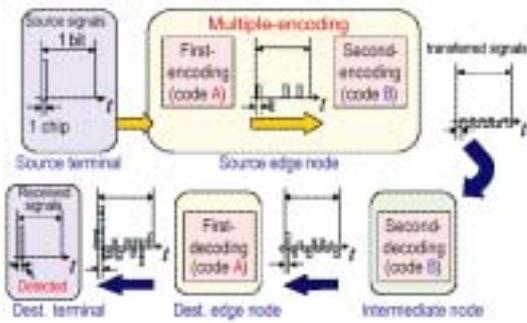


図3 多重符号化の信号拡散原理

2.2 波長変換デバイス・超高速光スイッチングデバイス

これらフォトニックネットワークを構築するためのデバイス技術に関しても、波長変換、高速スイッチングの観点から種々の研究を行い、強誘電体導波路型擬位相整合非線形光学(QPM-NLO)波長変換デバイス(図4)などの実用化へ向けた性能、特性面での種々の知見を得ることができた。

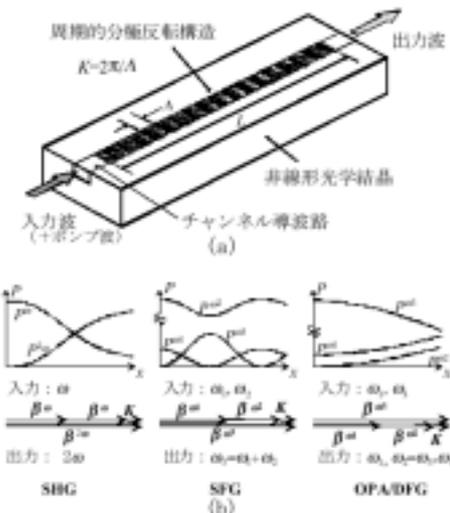


図4 QPM-NLO デバイスの基本構造と各種非線形相互作用およびQPM条件

2.3 ホロニック制御系ネットワーク

柔らかいネットワークやパーソナルナビゲーションネットワークなど、ネットワークインテリジェンスの向上のための技術に関しても研究を推進し、フォトニックネットワークとの統合ネットワーク化によりホロニック光情報ネットワークの概念の具体化を行うことができた。図5にマルチエージェントにより構成されるやわらかい非同期メッセージングシステム FAMES の構成モデルを示す。

以上の他にも、新しい公開鍵暗号や量子暗号に関するスキームや実験的検証を行い信頼性の高い情報ネットワーク構築の見通しを得た点など、様々な多面的成果が得られた。

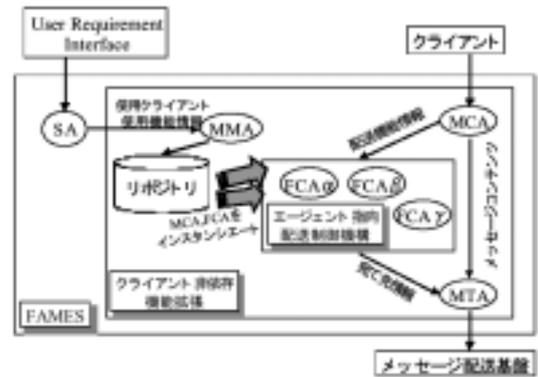


図5 FAMES の構成モデルの概略

3. 結論

本研究プロジェクトでは、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に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の構成・要素技術を確立した。さらに、本プロジェクトでは、その研究の推進にあたって、従来にない新しい特徴を工夫した。システム分野とデバイス分野の研究者の一体化体制、通信分野とコンピュータ分野の研究者の連携、新しい産学連携体制、全国分散型コラボレーション、研究成果を統合したテストベッドの構築などがこのプロジェクトの特徴である。新しい時代の研究開発の進め方として大きな成果が得られた。

主な発表論文

1. M.Fujimura, A.Shiratsuki, T.Suhara and H.Nishihara: "Wavelength conversion in LiNbO3 wave guide difference-frequency generation devices with domain-inverted gratings fabricated by voltage application," Jpn. J. Appl. Phys., Vol.37, No.6A, 1998,pp.L659-L662.
2. K. Kinoshita, T. Takine, K. Murakami, and H. Terada: "Holonic Network: A New Network Architecture for Personalized Multimedia Communications Based on Autonomous Routing," IEICE Transactions on Communications, Vol. E80-B, No.2, 1997, pp. 282-288.
3. T. Shokawa, T. Higashino, K. Kumamoto, K. Tsukamoto, and S. Komaki: "Experimental Demonstration of Interference Suppression with Optical Polarity-Reversing Correlator in DOS-CDMA Radio-on-Fibre Networks," 2nd KJJWS on MWP, Vol. 1, No. 1, 2001, pp. 55-58.
4. M.R.H.Daza, H.F.Liu, M.Tsuchiya, Y.Ogawa, and T.Kamiya: "All-Optical WDM-to-TDM Conversion with Total Capacity of 33Gb/s for WDM Network Links," IEEE J. of Sel. Topics in Quantum Electronics, Vol.3, No.5, 1997, pp.1287-1294.
5. T.Kudou, M.Iguchi, M.Masuda, T.Ozeki: "Theoretical Basis of Polarization Mode Dispersion Equalizers," IEEE/OSA, Journal of Lightwave Technology, Vol.18, No.4, 2000, pp.614-617.