

Enhancement of Ultra-high Speed Transmission Terminal Equipment

(超高速伝送端局装置の高度化に関する研究)

学位論文内容の要旨

電気通信技術は20世紀における2つの偉大な発明、すなわち光ファイバと集積回路によって光電気通信へと大きな変革を遂げた。特に、長距離大容量の伝送システムの開発は国内長距離あるいは国際電話料金を大きく低廉化するに貢献している。これまで電話を中心としてきた通信需要であったが、近年、電子メール、インターネット、動画配信などをはじめとするコンピュータ間通信の需要が急速に成長しつつある。多彩な情報サービスを提供するための社会基盤として大容量通信ネットワークはその重要性を増すものと考えられ、より経済的な伝送路を提供することは将来の情報社会を支えるための急務であるといえる。ネットワーク装置の同期化を契機として世界的に統一されたインタフェースをもつデジタル階梯が導入され、それに準拠した156 Mbit/s (STM-1)、600 Mbit/s (STM-4)、2.5 Gbit/s (STM-16)容量の光中継伝送システムが開発されてきた。今後予想される需要増加に迅速に対応すべく、さらに容量が大きく経済的な伝送システムが求められていた。

本論文は超高速光伝送多重化端局中継装置の設計技術の一層の高度化に資する様々な方面からの研究結果についてまとめたものである。

第1章では序論として、長距離大容量光通信の要素技術とネットワーク構成の歴史を概説し、多重化端局装置の基本機能である多重化の概念と伝送路符号について整理し、本研究の目的について説明している。

第2章では世界最高速(開発完了時点)である10 Gbit/s光伝送多重化端局装置の方式設計について述べている。世界的に統一された同期網における伝送路インタフェースを拡張したSTM-64(Synchronous Transfer Module - 64)が波長多重やビット多重システムに比べて有利であるとともに実現可能であることを理論的に示すとともに、10 Gbit/s階梯においてバイト多重を可能とする回路構成を

提案し、さらに試作回路を用いた基本動作の確認結果について述べている。

第3章では第2章で述べたSTM-64符号を構成するためのギガビットクラスの集積回路の機能設計とその試作結果について述べている。

第4章では疑似同期網における主要伝送路符号であるmB1C符号の挿入ビットである補符号ビットの振幅を監視制御信号（デジタル）で変調することによる主信号重畳監視制御信号転送方法について、設計から試作回路による実証実験の結果について述べている。

第5章では陸上光伝送ではこれまでほとんど注目されてこなかった誤り訂正符号の導入を提案するものである。同軸伝送に比べて波形劣化が小さく、主として信号振幅の回復を目的として配備される光中継器には光信号を直接増幅する線形増幅中継器が有効であり、電気増幅再生中継器に比べて経済性に優れることは明らかであった。しかし、線形アナログ増幅器に宿命的な雑音累積による誤り発生のためその利用は制限されていた。本研究はSTM-64フレームの未定義領域に収容可能な高効率のハミング符号を提案する。現実のSTMフレームに最適化を図ることにより、1バイト誤りまでの訂正を可能にしつつ誤り訂正符号導入の如何によらず、それ以外のフレーム部分の互換性を維持している。これにより、経済的な線形中継器をより広範囲に導入することを可能となったといえる。

第6章は伝送装置が伝送路に対して自動的に送信波長を最適化することにより、設計条件を大幅に緩和し、動作マージンを拡大することを目的として、単一波長のみを用いて位相基準信号を必要としない波長分散測定法の提案とその実現可能性を実証する実験結果について述べている。プローブ光を位相変調し、受信端における強度変調の相対振幅を求めることにより分散値が求められる。本論文では光源の線幅に対する要求、非線形光学効果による誤差などを理論的に求めるとともに、300 kmのファイバ（3種類）による実証実験の結果について述べている。

第7章では、本研究によって提案しその実現性が実証された超高速光伝送多重化端局の高度化についての結果を総括している。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 大 塚 喜 弘
副 査 教 授 大 場 良 次
副 査 教 授 山 下 幹 雄
副 査 教 授 伊 藤 精 彦

学 位 論 文 題 名

Enhancement of Ultra-high Speed Transmission Terminal Equipment

(超高速伝送端局装置の高度化に関する研究)

多彩な情報サービスを提供する大容量通信ネットワークの構築は将来の情報社会を支える社会基盤として重要な位置を占めている。ネットワーク装置の同期化を契機として、これまで世界的に統一されたインターフェースをもつデジタル階梯が導入され、それに準拠した156 Mbit/s(STM-1)、600 Mbit/s(STM-4)、2.5 Gbit/s(STM-16)容量の光中継伝送システムが開発されてきた。さらに、インターネットを中心として急速な増加が予想されるデジタル通信需要に対応するためには大容量で経済的な伝送システムが求められている。

本論文は超高速光伝送多重化端局中継装置の設計技術の一層の高度化に資するための研究結果についてまとめたものである。

第1章では序論として、長距離大容量光通信の要素技術とネットワーク構成の歴史を概説し、多重化端局装置の基本機能である多重化の概念と伝送路符号について整理するとともに、本研究の目的について述べている。

第2章では、世界最高速(開発完了時点)である10 Gbit/s光伝送多重化端局装置の方式設計について述べている。世界的に統一された同期デジタル階梯網における伝送路インターフェースを拡張したSTM-64(Synchronous Transport Module-64)が波長多重やビット多重システムに比べて有利であり、実現可能なことを理論的に示すとともに、10 Gbit/s階梯において、バイト多重を可能とする回路構成を提案している。さらにそれを実証するために、試作回路を用いた動作確認実験の結果について述べている。

第3章では、第2章で述べたSTM-64符号を構成するためのギガビットクラスの集積回路の機能設計とその試作結果について述べている。バイト多重信号されたSTM-64伝送路(ビットレート 10 Gbit/s)のシリアルデータを8分の1の速度まで並列化することにより、

バイト単位の処理が可能となり回路構成の簡単化を実現している。

第4章では、疑似同期網における主要伝送路mB1C符号の挿入ビットである補符号ビットの振幅を監視制御信号（デジタル）で変調することによる主信号重畳監視制御信号転送方法について、設計から試作回路による実証実験について述べている。

第5章では、陸上光伝送では前例のない誤り訂正符号の導入を提案している。STM-64フレームの未定義領域に収容可能な高効率のハミング符号の導入を提案するとともに、1バイト誤りまでの訂正を可能にし、かつ、誤り訂正符号導入のいかんによらず、それ以外のフレーム部分の互換性を維持しつつ、経済的な線形中継器をより広範囲に導入することが可能となったことを述べている。

第6章では、伝送装置が伝送路に対して自動的に送信波長を最適化することにより、設計条件を大幅に緩和するとともに、動作マージンを拡大することを目的として、単一波長のみを用いて、位相基準信号を必要としない波長分散測定法の提案とその実現可能性を実証する実験について述べている。プローブ光を位相変調し、受信端における強度変調の相対振幅を求めることにより分散値が求められる。本論文では光源の線幅に対する要求、および非線形光学効果による誤差などを理論的に求めるとともに、300 kmのファイバ（3種類）による実証実験の結果について述べている。

第7章では、本研究によって提案し、その実現性が実証された超高速光伝送多重化端局の高度化について総括し結論を述べている。

これを要するに、著者は、将来の超高速光多重化端局中継装置を経済的に実現するための高度化技術に関する新知見を得たものであり、通信工学および光工学の進歩に寄与するところ大なるものがある。

よって、著者は北海道大学博士（工学）の学位を授与される資格あるものと認める。