

パルス周波数変調による映像・音声信号の光ファイ パ伝送

メタデータ	言語: ja 出版者: 静岡大学大学院電子科学研究科 公開日: 2008-04-17 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 李, 金柱 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10297/1707

氏名・(本籍)	李 金 柱 (中 国)
学位の種類	博 士 (工 学)
学位記番号	工博甲第 86 号
学位授与の日付	平成 5 年 3 月 24 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
研究科・ 専攻の名称	電子科学研究科 電子応用工学専攻
学位論文題目	パルス周波数変調による映像・音声信号の光ファイバ伝送

論文審査委員	(委員長)
	教授 渡 邊 健 藏
	教授 水 品 静 夫 教授 池 田 弘 明
	教授 篠 原 茂 信
	助教授 浅 井 秀 樹 助教授 岩 井 俊 昭

論 文 内 容 の 要 旨

光ファイバ伝送は、広帯域であって、長距離伝送が可能であるという特徴を持っているため、広い帯域を持つ映像信号の伝送に適している。

本研究では、発光素子として LED、受光素子として PIN ホトダイオード (PIN・PD) をそれぞれ用い、伝送媒体として GI 形マルチモード式光ファイバを使用し、パルス周波数変調方式による映像・音声信号の光伝送システムを構成した。これは業務用映像・音声信号の光伝送システムの提供を目的としたものであり、本研究の範囲は当該技術の基礎を確立する事にある。従って、本学位請求論文で主として取り扱う点をまとめれば、以下のようになる。

第 1 章では、従来提案されてきた種々の映像情報光伝送方式について考察し、アナログ伝送方式は、端末構成が簡便であり、短距離伝送において経済性に優れているため、極めて魅力あるものと指摘した。アナログ伝送方式には、光源をアナログ信号で直接変調して伝送する方式とパルス搬送波を変調した後に輝度変調する 2 種類のものがある。第 1 章では、更に、パルス変調方式の一つであるパルス周波数変調方式 (以下 PFM と称す) が最も優れていることを指摘し、その理由を記述した。

第 2 章では、搬送波に使用されるパルス列の特徴から、幅一定の PFM 波、及びデューティ比が常に $1/2$ である SWFM (Square Wave Frequency Modulation) 波に分類し、それぞれについてフーリエ解析を行った。SWFM 波に変調波成分が存在しないことから、LPF によるベースバンド信号を取り出す復調方法を採用するならば、SWFM 波から幅一定の PFM 波に変換する必要性があることを

明らかにした。解析によって PFM 波に含まれる変調波成分、搬送波の高調波成分 ($f_c, 2f_c, 3f_c, \dots$)、及びその周辺の周波数成分の振幅及び周波数帯域幅を数式で表した。更に、基本変調波成分と搬送波(側帯域を含む)成分との相対パワーを計算し、搬送波の下側帯波成分が変調波成分に与える影響を定量的に取り扱った。また、パラメータ(搬送波周波数、変調波周波数、変調指数、パルス幅 τ)の変化による相対パワーの変化をコンピュータ・シミュレーションによって調べた。これらの数学的表現により、復調される信号の SNR 及び歪率の変化に数学的な根拠を与えた。本解析により変調器及び復調器をハードウェアにより構成する際、各種パラメータの選定基準を与えた。

第 3 章では、まず、第 2 章の解析結果をもとに構成したシステムの送受信器について記述した。搬送波周波数の設定及びシステムの所要 SNR を達成するための搬送波周波数偏移及び変調指数の設定に当たっては、第 2 章の解析結果を利用した。

音声信号の PFM 方式により光伝送においては、変調波と搬送波の下側帯波或いは搬送波の側帯波成分との搬送波の高調波周辺成分との重なりが復調信号に歪率を増加させるのを実験的に確認し、第 2 章の理論解析の正当性を立証した。また復調するとき、復調方式(PLL 方式或いは LPF 方式)の違いによって歪率が違うことから、この違いを生ずる原因を調べ、実験的な手段で第 2 章の搬送波の n 次高調波周辺成分の帯域幅が n 倍に広がっていることを証明した。次に、SWFM における変調指数の新しい測定法を提案し、変調指数測定器の設計・試作について記述した。

映像信号の PFM 方式による光伝送システムの変調回路の設計に当たっては、やはり第 2 章の解析結果に基づいて設計定数を決定した。映像信号は殆どベースバンドの形で他の信号と周波数多重して伝送されるので、復調回路の設計において、ベースバンド復調器として遅延形復調器と DPFM 復調器とを取り上げ、これらについて検討した。遅延形復調器と DPFM 復調器とから復調される変調波信号のパワーの計算から、遅延形復調よりも DPFM 復調器の方が優れていることを明らかにした。

音声信号及び映像信号について、変復調回路を議論した上で構成した光伝送システムの性能を測定し、業務用として十分使用できる良好な性能が得られることを実験的に確認した。

更に、音声信号の PFM 伝送において、光負帰還方式による変復調器の非直線性の補償方式を提案し、実験を行い、音声信号歪率が改善できることを確認した。

第 4 章では、第 3 章に記述した簡易な変復調回路を組み合わせ、FDM、TDM の多重技術を利用し、映像信号と FM 音声信号、映像信号と PCM 音声の FSK 信号、映像信号と狭帯域 PSK データの周波数多重した信号の PFM 方式による光伝送システムを構成した。更に、光合分波による波長多重方式を用い、上記した周波数多重システムを拡張した。更に、光信号の双方向伝送及び分岐にも言及し、伝送される信号の多様化、双方向化及び多対象化を実現した。

第 5 章では、本研究の内容に基づいて開発した医療用映像・音声信号の光伝送装置及び中波大電力放送所の監視用映像・音声信号の光伝送装置について記述した。低コストで高品質の光伝送システムと言える、十分使用に耐えられるだけの性能を備えたシステムを提供できたので、このようなシステムの、他の分野への拡張にも期待できることを強調した。

第 6 章では、本研究の学術的な成果を要約し、技術的な展開を論じた。

論文審査結果の要旨

本論文は、パルス周波数変調 (PFM) 方式による映像・音声信号の光伝送について記述したものである。

本論文では、最初に一般的な PFM、及びその特殊例としての SWFM (Square-Wave Frequency Modulation) 方式についてフーリエ解析を行い、基本変調波成分と搬送波 (側帯波を含む) 成分との相対電力を計算して、搬送波の下側帯波成分が変調波成分に与える影響を定量的に取り扱った。また、復調される信号の SN 比及び歪率の劣化を数値的に把握し、変調器及び復調器をハードウェアにより構成する際の各種パラメータの選定基準を与えた。

次に、発光素子として LED、受光素子として PIN ホトダイオード (PIN・PD) を用い、伝送媒体として GI 形マルチモードファイバを使用し、パルス周波数変調を利用して映像・音声信号の基本伝送システムを構築した。システム構成時に必要な搬送波周波数、周波数偏位、及び変調指数は、解析結果に基づいて設定した。また、SWFM においては、周波数偏位、及び変調指数を測定する必要があるため、新しい変調指数の測定を提案し、測定器を試作して、具体的に変調器の変調指数を測定した。

音声信号の PFM 光伝送システムにおいては、変調波と搬送波の下側帯波、或いは搬送波の側帯波成分と搬送波の高調波周辺成分との重なりが、復調信号の歪率を増加させることを実験的に確認し、解析の正当性を立証した。更に、光負帰還方式による変復調器の非直線補償方式を提案し、実験的に歪率が改善できることを確認した。

映像信号の PFM 伝送システムにおいては、音声信号と同様に解析結果に基づいて変調回路の設計定数を決定した。復調においては、ベースバンド復調器として遅延形復調器と DPFM (Double PFM) 形復調器とを取り上げ、変調波信号の電力の計算から、後者が前者より優れていることを明らかにした。

基本伝送システムの試作に引き続き、変復調回路を組み合わせ、FDM、TDM、WDM 等の多重技術を利用して、多チャンネル映像・音声信号の光伝送システムを構成した。更に、本研究では多重伝送に関して光信号の双方向伝送及び分岐にも言及し、伝送信号の多様化、及び双方向化を実現した。

本研究では、上記研究に基づき、医療現場に使われる多チャンネル映像・音声信号光伝送装置、及び中波大電力ラジオ送信所の監視に使用される映像・音声信号の光多重伝送装置を試作し、実用化試験を実施して、原信号を忠実に伝送できることを確認した。

以上の研究成果は、パルス周波数変調による映像・音声信号の光ファイバ伝送に関する分野において、その技術の発展に資する重要な内容を含むものであり、本論文は博士 (工学) の学位を授与するにふさわしい内容であると認定する。