

間接散乱光バイオテレメトリの基礎的研究

学位論文内容の要旨

現在、病院内において患者の生体情報を長時間・無拘束で測定・監視するために、FM電波を使用した医療用テレメトリ装置が一般的に使用されている。しかし病院内における電子機器の増加にともない、それらの機器とテレメトリ装置の間や、テレメトリ装置相互間の電磁障害（EMI）が問題となってきた。また電波によるテレメトリ装置は、特定小電力無線局として電波法のきびしい規制を受けることから、送信電力の限界等、実用上の問題点が増加している。

これに対し本研究では、生体情報の搬送波として電波の代わりに光を用いたテレメトリの手法を考えた。光のなかでも、とくに伝送路遮断の問題の少ない間接散乱光を用いている。多元接続方式には、非同期で、比較的容易に多元接続を実現できる符号多元接続（CDMA）方式を採用した。CDMA方式の中でも、実用上多くの利点を有するスペクトル拡散（SS）方式を応用した。直接光を除外し、間接散乱光のみを用いてSS方式テレメトリを行うこの手法は、これまで報告例のないものである。そこで本手法の特性について基礎的検討を行い、その実用可能性を調べた。

SS方式は使用する符号の相互相関特性が多元接続性能に大きく影響する。シミュレーションにより、M系列およびGold系列に基づく符号について、多元接続性能を調べた。その結果、両系列ともに符号長が127チップ以上あれば、本研究の目標とする10チャンネル以上の多元接続性能を有していることがわかった。

次に本手法がもつ原理的な性能限界を調べるため、以下の解析を行った。間接散乱光を用いた伝送においては、マルチパス伝搬によるパルス信号の平滑化がデータ伝送速度制限や多元接続性能制限の大きな要因となる。そこでこの平滑化の程度を明らかにし、本手法におけるデータ伝送特性の解析を行った。まず、シミュレーションで部屋の中における光のインパルス応答を求める手法を開発し、様々な場合について解析を行った。得られたインパルス応答を用いてマルチパス伝搬の影響を受

けたSS信号を生成し、その信号の復調性能を解析した。その結果、「伝送速度の上昇につれチャンネル分離性能が向上する」というSS方式の一般特性が、間接散乱光伝送には該当せず逆の効果となることを初めて明らかにした。また、10m四方の部屋において10チャンネルの多元伝送を行った場合、伝送速度が100kbpsを超えると原理的に復調が不可能になるという限界を明らかにした。このような解析をとおり、10kbpsの伝送速度で10チャンネル程度の多元接続が要求される一般的な医用テレメトリに対し、本手法の実用可能性が確かめられた。

さらに、「干渉信号が自信号より大きくとも自信号を分離復調できる」というSS方式の一般特性が、本手法でも維持されるか否かについて検討を行った。シミュレーションにより、本手法では、信号対雑音比が-10dBでも自信号を復調することが可能であることが明らかとなった。

本手法を具体化した実験システムを製作し、本手法の実現可能性および実用性を検証した。その結果、10kbpsの速度で生体信号伝送が可能なこと、製作した最大数（3チャンネル）の同時多重伝送が可能なこと、また他チャンネル信号が自チャンネル信号より強くとも自チャンネル信号の復調が可能なことなどが確かめられた。

これらの研究をとおり、新たに提案した間接光のみのSS方式データ伝送が、医用テレメトリに応用可能であること、また従来の電波によるテレメトリと同等あるいはそれ以上の性能を期待できることが示された。今後本手法実用化のためには、利用現場における種々の実際問題への対処が不可欠ではあるが、本研究により基本的な可能性は実証されたと考えられる。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 清 水 孝 一
副 査 教 授 小 川 恭 孝
副 査 教 授 栗 城 眞 也
副 査 教 授 山 本 克 之

学 位 論 文 題 名

間接散乱光バイオテレメトリの基礎的研究

現在，病院内において患者の生体情報を長時間・無拘束で測定・監視するために，電波を使用した医療用テレメトリ装置が一般的に使用されている．しかし電磁干渉の問題から，送信電力の限界等，実用上の問題点が増加している．これに対し本論文は，生体情報の搬送波として，電波の代わりに光を用いたテレメトリの手法を提案している．特に，現在応用が進みつつある直接光や低次散乱光ではなく，室内に充満する間接散乱光を用いて生体情報を伝送する方式を本研究の特色としている．多元接続方式には，符号分割多元接続（CDMA）方式の一つであるスペクトル拡散（SS）方式を応用している．直接光を除外し，間接散乱光のみを用いてSS方式テレメトリを行うこの手法は，新たなものである．

本論文ではまず，この手法を構成する基本部分につき，実験的検討を行った．SS方式光テレメトリシステムの信号伝送部分を開発し，心電図等の伝送実験を行った．その結果，提案手法の基本的可能性が確かめられた．

次に提案手法の特性や性能限界を詳しく明らかにするため，シミュレーションによる解析を行った．まず，SS方式における符号系列について検討し，妥当な系列を選択した．次に，本手法の性能を大きく左右するマルチパス伝搬特性について調べた．シミュレーションでは，室内における光のインパルス応答を求める手法を開発し，様々な場合について解析を行った．得られたインパルス応答を用いてマルチパス伝搬の影響を受けたSS信号を生成し，その信号の復調性能を解析した．その結果，「伝送速度の上昇につれチャネル分離性能が向上する」というSS方式の一般特性が，間接散乱光伝送には該当せず逆の効果となることを初めて明らかにした．また，病院内で想定される部屋の条件に対し，信号伝送速度や多元接続数が，現在一般に使用されている医用テレメトリの性能を十分満足することが具体的に確かめられた．

さらに現在実用機でも大きな問題となっている遠近問題（他送信機が自送信機よりも受信アンテナに近い場合の問題）についても基礎的検討を行った．その結果，SS方式の特長が発揮され，信号対干渉比が -10 dBでも自信号を復調することが可能であることが明らかとなった．

以上，本論文の研究により新たに提案した間接光のみのSS方式データ伝送が，医用テレメトリに応用可能であること，また従来の電波によるテレメトリと同等あるいはそれ以上の性能を期待できることが示された．

これを要するに，著者は間接光のみによるスペクトル拡散バイオテレメトリ方式を新たに提案し，その実現可能性，すぐれた特性等を明らかにしている．これは，医用テレメトリに新たな手法を提案するものであり，医用生体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．