

## エコーキャンセラの設計とその応用に関する研究

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: 2008-03-31 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 安川, 博 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10297/1264">http://hdl.handle.net/10297/1264</a>

氏名・(本籍)	安 川 博 (三重県)
学位の種類	博 士 (工 学)
学位記番号	工博乙第 54 号
学位授与の日付	平成 5 年 12 月 22 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 2 項該当
学位論文題目	エコーキャンセラの設計とその応用に関する研究

論文審査委員	(委員長)				
	教授	渡 辺 健 蔵			
	教授	池 田 弘 明	教授	水 品 静 夫	
	教授	福 田 明	教授	深 林 太 計 志	

## 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、長距離電話回線の2線4線変換器で生じるエコーやオーディオテレコンファレンス域は拡声電話機等スピーカ・マイクロホン間の音響結合により生じるエコーを制御除去するエコーキャンセラについて、その設計法とそれを応用したシステムに関する研究結果をまとめたものである。主な内容は以下の通りである。

(1) 7KHzの伝送帯域を有する高品質音声通信会議システムにおけるスピーカ・マイクロホン間の音響結合により生じる会議室の音響エコーの通話品質から見た所要抑圧量について検討し、室内残響特性をパラメータとして、系の往復伝播遅延時間に対する送話者エコーの主観的評価値を求めた。これにより音響エコーに対する主観的な検知限・許容限を明らかにすると共に、エコー制御機器に対するそれらの要求値についても考察した。

(2) エコーキャンセラの構成法について、先ず、適応FIRフィルタで構成されるエコーキャンセラの適応アルゴリズムとして、相関除去形構成法と係数修正のループゲインを可変とする方式を提案し、従来方式のエコー除去特性に比較して音声信号に対する収束特性を改善出来ることを示す。更に数千タップを要する音響エコーキャンセラのハードウェア化が容易な帯域分割構成法について述べる。

(3) エコーキャンセラの設計法について考察している。先ずデジタルエコーキャンセラの演算語長制限による特性への影響について述べている学習同定アルゴリズムに基づくFIR形エコーキャンセラに注目し、演算方式、語長とエコー除去特性との関係を量子化および演算雑音を等価雑音回路モデルで表し、入力信号が正規白色の場合について、解析により陽な表式を導出した。また、フィルタタップ数、係数修正ループゲイン等の回路パラメータとエコー除去量との関連を明らかにすると共に、ループゲイ

については、最適値が存在することを示している。さらに、計算機シミュレーション結果が解析結果と良く一致していることを示し、本論文の手法がデジタルエコーキャンセラの特性把握に有効であることを明らかにしている。

更に、エコーキャンセラの所要タップ長について述べ、エコー経路特性と所要エコー消去量に対して所要タップ長が得られることを示している。

また、帯域分割形エコーキャンセラの設計法を論じ、帯域分割形エコーキャンセラの所要タップ長について述べ、エコー経路特性と所要エコー消去量に対して所要タップ長が得られることを示している。

(4) 音響エコーと室内騒音とを同時に処理する適応消去法式について考察している。まず、タンデム接続よりなるエコーキャンセラとノイズキャンセラの構成法をしめし、系を記述するシステム方程式を求め、システムのエコー消去及び雑音抑圧特性について考察し、適応制御方式について検討する。さらに、エコー消去及び雑音抑圧制御に学習同定法による適応アルゴリズムを用いた場合のシミュレーションによる検討も行っている。最後に、ハードウェアを用いて実験的に検討しその特性について考察している。

(5) 高品質音声通信会議システムで必須となる音響エコー制御装置の構成法とその特性について述べる。帯域分割形エコーキャンセラにより広帯域で長大タップなエコーキャンセラのハードウェア実現を図り、かつ相関除去形適応アルゴリズムにより、音声信号に対し従来の学習同定法に比較し、収束特性の高速化を達成した。また、線形処理（エコーキャンセラ）と非線形処理（ハーモニックプロセッサ）を併用することにより、拡声通信系のハウリングマージンを確保し、かつエコー経路特性の急激な変動に対してロバストなエコー制御系を実現している。

本論文では、上記エコー制御方式のハードウェアの構成法を示すと共に、実音響環境下での特性評価実験において得られたエコー消去特製ならびにハウリング抑圧特製について述べ、有効なエコー制御方式であることを明らかにする。

(6) 2線式双方向伝送路に適用する音声増幅器のエコーキャンセラを用いた新しい構成法を提案している。

まず、4線分離形の2線式双方向増幅器の安定動作条件および利得設定法を述べる。ついで、音声電力の検出時間窓と制御周期を可変とすることにより応答の高速化と高安定化を図ったデジタルAGC並びにエコーキャンセラのエコー消去量不足時にも準鳴音を発生せずに安定に動作する鳴音防止制御の構成法を述べ、かつその動作特性を明らかにする。最後に、自動着信転送方式への適用例について述べ、提案方式が従来のボイススイッチを用いた構成法に比較し最大利得を10dB以上増大でき着信転送における伝送品質も大きく向上できることを示す。

## 論文審査結果の要旨

本論文は電話回線や音声通信会議で発生するエコーを制御除去するためのエコーキャンセラ (EC) の設計法とその応用に関する研究成果をまとめたものであり、全8章で構成されている。

第1章では本研究の背景と目的を述べ、第2章で電話回線及び音声通信会議システムに要求される音響エコーの抑圧量を実験的に検討した結果をまとめ、これによってECの仕様を明らかにしている。第3章ではこの使用を満たすECの構成法を述べている。まず、種々の回路方式を比較検討し、安定性に関して最も優れているFIR (Finite Impulse Response) 形フィルタが最適であると結論し、このフィルタのタップ係数を求めるためのアルゴリズムとして相関除去法を提案し、従来の学習同定法よりも優れた収束特性が得られることを示している。又、所要全音声帯域をM個のサブ帯域に分割し、各サブ帯域でエコー除去を行う帯域分割型FIR構成を提案している。本構成によれば、エコー除去に必要な情報処理量は $1/M^2$ となり、ECをモジュール化できるので拡張性、柔軟性に富むシステムを構築できる。この帯域分割型ECの動作を時間領域及び周波数領域で解析し、分割数とタップ係数との関係を明らかにし、計算機シミュレーションによって解析結果の正当性を確認している。このFIR型デジタルECの設計に際して決定すべき回路パラメータは、AD変換精度、演算語長、タップ長である。第4章ではこれらのパラメータを含めたECモデルを提案し、雑音解析と動作シミュレーションによってエコー消去量、残留時間と回路パラメータとの関係を導いている。この結果を帯域分割型ECに拡張し、所要タップ長は $1/M$ 、従って、所要演算速度は $1/M$ で済むことを明らかにしている。

第5章と第6章では高品質音声通信会議システム用に機能を拡張した帯域分割ECを述べている。拡張された機能は室内騒音除去とハウリングマージンの安定化であり、前者はサブ帯域に騒音除去機能をもたせたECを、後者はハーモニックプロセッサをそれぞれ追加することによって達成している。模擬会議室の実音場で実験を行い、これらの有効性を確認している。

第7章では、ECの自動着信転送用中継器への応用と双方向音声増幅器の新しい構成を述べている。提案された増幅器はEC技術によって可能となった高速応答と高利得で高い安定性を特長としている。第8章は統括であり、本研究成果をまとめ、今後の展望を述べている。

以上述べたように、本研究成果は情報化社会にあって今後共増大する電話サービスに極めて有用である。又、ここに述べられた技術は、システム同定や各種機器の騒音除去に広く応用可能である。従って、本論文は博士 (工学) の学位を授与するに値する内容であると認める。