

論 文 要 旨

Abstract

論 文 題 目

Title A Research on Acoustic Double-Talk Echo Canceling by Transformed Domain Correlation Algorithms and Smart Acoustic Room (SAR) System

(変換ドメイン相関アルゴリズムと SAR システムによる音響的なダブルトークエコーキャンセリングに関する研究)

Abstract: By the advent of information age, the developments of personal communication systems such as cellular phone and hand-free telephone system have become indispensable. The research of the conventional hand-free telephone aims to enhance speech quality. During operation, the far-end voice passes through the communication channel to the near-end, and it is then directed to the microphone as input. This leads to the so-called acoustic echo problem where the far-end voice is delayed when passing subsequently through the communication channel, speaker, and microphone, and then adversely feedback to the far-end origin. The acoustic echo problem exists not only in the hand-free phone but also in the teleconference and satellite communication system. Echo cancellation is required wherever a microphone picks up the signal radiated by the speaker and its room reflections. In order to improve the speech quality, a simple and effective configuration for acoustic echo cancellation is necessary.

A lot of algorithms have been presented by the researchers, such as the LMS, NLMS, RLS, FDAF algorithm, which have a good performance in the single-talk condition. But when the far-end and near-end signals are both presented, which is called double-talk condition, conventional algorithms can not work totally. In this dissertation, we focus to challenge the double-talk problem in the echo canceling. To solve the double-talk problem, usually the double-talk detecting has been implemented that stops the echo canceller from adapting its coefficients when double-talk occurs. However, in many cases, the DTD fails to detect double-talk so the achieved echo suppression is not sufficient and speech distortion and echo become apparent. And also stopping the tap adaptation is just a passive action to handle the double-talk condition and it causes lowering speed of adaptations and/or totally mislead when the echo path changed in the period of halting tap adaptation. In this thesis, to challenge double-talk condition, a class of echo canceling algorithm based on correlation function are presented, such as: Correlation function LMS (CLMS) algorithm, Extended CLMS (ECLMS) algorithm, Frequency domain ECLMS (FECLMS) algorithm, Wavelet domain ECLMS algorithm (WECLMS) algorithm, and echo canceller based on Smart Acoustic Room (SAR) system & correlation function. These correlation function based algorithms can continue the adaptations even the double-talk is presented. The simulation results show

that the echo canceller based on the SAR system & correlation function is the best algorithm, which has a satisfied convergence rate and speed compared with other correlation based algorithms and conventional LMS algorithm.

This dissertation is composed of seven chapters. The explanation of each chapter is described briefly as follows:

In chapter 1, first the background of research and the type of echo and echo canceling are described. Then purpose of the present dissertation is explained.

In chapter 2, the fundamental concepts of my research are introduced. First, the adaptive filter and Wiener filter are explained. Then the conventional algorithm such as LMS, NLMS, and FDAF algorithms are described briefly.

In chapter 3, the Correlation LMS (CLMS) and Extended CLMS algorithm are introduced. First, the double-talk condition is defined. Then, the correlation function is explained. Finally, the Correlation LMS (CLMS) and the Extended CLMS algorithm are introduced. The simulation results examined the robustness of the algorithms.

In chapter 4, the Frequency domain ECLMS algorithm (FECLMS) is proposed to reduce the computational complexity of the ECLMS algorithm. The simulation results shows that the FECLMS algorithm has almost same performance of the ECLMS algorithm, however, the computational complexity is reduced.

In chapter 5, in order to improve the convergence speed, the Wavelet domain ECLMS algorithm (WECLMS) is proposed. In this chapter, first we compare the Fast Fourier transform with the Wavelet transform, to explain why we implement the ECLMS algorithm into the Wavelet domain. Then, the WECLMS algorithm is defined. The simulation results show that the convergence speed is improved compared with other correlation function based algorithms.

In chapter 6, first the Smart Acoustic Room (SAR) system is presented for partitioning room acoustically. That is, in different places of the room, one can hear to the desired signal. This is realized by robust estimation algorithm for well control of room acoustic impulse response. Therefore, unwanted music or speech signal is canceled, while, at the same place, the desired signal (the desired music or speech) could be heard. Then we apply the SAR system base on correlation function algorithm into the echo cancellation. This is a new type of echo canceling, which cancels the signals at the microphone position locally. That is, the microphone does not receive any echo signal. It is different with the conventional echo cancellation, which cancels the echo signal in the telephone system electronically. The simulation results and experiment results show that the Smart Acoustic Room (SAR) system have a good performance and apply it to the echo canceling very success.

In chapter 7, the concluding remarks are described.

Name: Rui Chen

琉球大学大学院
理工学研究科長 殿

論文審査委員

主査 氏名	アシヤリフ モハマッド レザー	
副査 氏名	宮城 隼夫	
副査 氏名	玉城 史朗	
副査 氏名	山下 勝己	

学位 (博士) 論文審査及び最終試験の終了報告書

学位 (博士) の申請に対し、学位論文の審査及び最終試験を終了したので、下記のとおり報告します。

記

申請者	専攻名 総合知能工学 氏名 陳睿 学籍番号 038656B
指導教員	アシヤリフ モハマッド レザー
成績評価	学位論文 <input checked="" type="radio"/> 合格 <input type="radio"/> 不合格 最終試験 <input checked="" type="radio"/> 合格 <input type="radio"/> 不合格
論文題目	A Research on Acoustic Double-Talk Echo Canceling by Transformed Domain Correlation Algorithms and Smart Acoustic Room (SAR) System (変換ドメイン相関アルゴリズムと SAR システムによる音響的なダブルトークエコーキャンセリングに関する研究)
論文要旨 (2000字以内)	<p>本論文では、変換ドメイン相関アルゴリズム及びSARシステムを用いた、ダブルトークエコーキャンセリング問題に対する研究成果が示されている。本論文の目的は相関アルゴリズムに基づき、ハンドフリー電話やTV会議システムに対するダブルトーク問題を解決するための、効率的なアルゴリズムを求めることにある。</p> <p>ハンドフリー電話やTV会議システムでは、スピーカから出力された音声を、マイクが拾いエコーを生じることがある。このエコー成分により、通信音声の質が大きく劣化する場合がある。エコー成分を取り除くには、適応フィルタにより擬似エコーを作成する方法が利用されており、LMS、NLMS、RLS、FDAFなどのアルゴリズムが幅広く利用されている。これらのアルゴリズムは、シングルトーク状態では効率のよいエコーキャンセリングを実施できるが、外乱として別の信号が存在する場合(ダブルトーク状態)では、理想的なエコーキャンセリングを実施することは困難となる。従来方法はダブルトーク探知器によりダブルトーク状態を検知し、ダブルトーク信号が現れると適応フィルタの係数更新を止める手法が用いられていた。しかし、この方法は効率的な方法とは言えない。特に、ダブルトーク状態でエコー経路(インパルス応答)が変化した場合には、エコーキャンセリングを完全には実施できない。本論文では、ダブルトーク時の経路変化問題にも対処し得る新たなアルゴリズム</p>

ムを提案した。提案アルゴリズムの特徴は、従来アルゴリズムがダブルトーク時に適応フィルタの係数更新を止めるのに対して、ダブルトーク時においても、適応フィルタの係数更新を続けることができる点にある。本論文では、まず相関LMS (CLMS) と拡張相関LMS (ECLMS) アルゴリズムを紹介すると共に、シミュレーション結果より上記のアルゴリズムの有効点と問題点を検討した。CLMS アルゴリズムは、入力信号の代わりに、入力信号の相関信号を利用することにより、ダブルトーク状態においても、安定した収束値を得ることができる。しかしながら、収束値は十分な精度で得られているとは言えない。従って、CLMS アルゴリズムを改善した、拡張相関LMS アルゴリズム (ECLMS) を提案した。ECLMS アルゴリズムでは、相関信号の自己相関関数からなる行列を利用することにより、相関信号のすべての成分を推定することが可能となった。従って、シミュレーション結果では、CLMS アルゴリズムより性能が大幅に改善できるが、インパルス応答長が大きい場合には、ECLMS アルゴリズムの計算量は非常に大きくなる。ECLMS アルゴリズムの計算量を減らすために、周波数ドメイン ECLMS アルゴリズム (FECLMS) を提案した。インパルス応答長が 512 のときには、FECLMS アルゴリズムは ECLMS アルゴリズムの 1.5% の計算量で動作するが、収束の速度は十分であるとは言えない。従って、FECLMS アルゴリズムを改善したウェーブレットドメイン ECLMS (WECLMS) アルゴリズムを提案した。シミュレーション結果より、WECLMS アルゴリズムは FECLMS アルゴリズムより高速収束するが、計算量の低減化が十分であるとは言えない (ECLMS アルゴリズムの 52% 計算量を必要)。効率的なアルゴリズムを求めるために、本論文では、更に新しいシステム (Smart Acoustic Room) を提案した。SAR システムでは、部屋のインパルス応答を制御し、部屋の各点における信号を仮想的に分離するものであり、シミュレーション結果より、提案システムの有効性を示した。更に、SAR システムをダブルトークエコーキャンセリング問題に応用し、変換ドメイン相関アルゴリズムと SAR システムによる音響的なダブルトークエコーキャンセラを提案した。このアルゴリズムは、部屋のインパルス応答を制御し、マイクロホン設置場所でスピーカーから出された音声除去する。このことにより、マイクロホンは如何なるエコー信号も受信しない。シミュレーション結果より、提案アルゴリズムは、ダブルトーク状態においても、非常に有効であることが明らかとなった。また、このアルゴリズムは、周波数ドメインで実行しているから、計算量が少ないアルゴリズムであり、また、ハードウェア上の実装化が容易にできるものと推測される。

本論文は、音声通信において重要なダブルトークエコーキャンセリング問題を解決したものであり、学術的な意義は非常に大きいものといえる。また学力確認の結果、上記の者は専門的分野及び関連分野の十分な知識を有することが判明した。

以上のことより、学位論文審査員一同は、陳睿君を博士 (工学) の学位を授与するにふさわしいものとし、学位論文及び学力確認をそれぞれ合格と認める。