



ELSEVIER

Signal Processing 80 (2000) 1629–1654

**SIGNAL  
PROCESSING**

www.elsevier.nl/locate/sigpro

# Performance analysis of the DCT-LMS adaptive filtering algorithm

Dai I. Kim\*, P. De Wilde

*Department of Electrical and Electronic Engineering, Imperial College of Science, Technology and Medicine, The University of London, Exhibition Road, London SW7 2BT, UK*

Received 19 July 1999; received in revised form 10 December 1999

## Abstract

This paper presents the convergence analysis result of the discrete cosine transform-least-mean-square (DCT-LMS) adaptive filtering algorithm which is based on a well-known interpretation of the variable stepsize algorithm. The time-varying stepsize of the DCT-LMS algorithm is implemented by the modified power estimator to redistribute the spread power after the DCT. The performance analysis is considerably simplified by the modification of a power estimator. First of all, the proposed DCT-LMS algorithm has a fast convergence rate when compared to the LMS, the normalised LMS (NLMS), the variable stepsize LMS (VSLMS) algorithm for a highly correlated input signal, whilst constraining the level of the misadjustment required by a specification. The main contribution of this paper is the statistical performance analysis in terms of the mean and mean-squared error of the weight error vector. In addition, the decorrelation property of the DCT-LMS is derived from the lower and upper bounds of the eigenvalue spread ratio,  $\lambda_{\max}/\lambda_{\min}$ . It is also shown that the shape of sidelobes affecting the decorrelation of the input signal is governed by the location of two zeros. Theoretical analysis results are validated by the Monte Carlo simulation. The proposed algorithm is also applied in the system identification and the inverse modelling for a channel equalisation in order to verify its applicability. © 2000 Elsevier Science B.V. All rights reserved.

## Zusammenfassung

In dieser Arbeit wird eine Konvergenzanalyse des "discrete cosine transform-least mean square" (DCT-LMS) adaptiven Filteralgorithmus präsentiert, welche auf einer bekannten Interpretation des Variablen Schrittgröße-Algorithmus beruht. Die zeitvariante Schrittgröße des DCT-LMS-Algorithmus wird durch den modifizierten Leistungsschätzer implementiert, um die gestreute Leistung nach der DCT umzuverteilen. Die Analyse der Leistungsfähigkeit wird durch die Modifikation eines Leistungsschätzers erheblich vereinfacht. Der vorgeschlagene DCT-LMS-Algorithmus besitzt verglichen mit dem LMS-Algorithmus, dem normierten LMS-Algorithmus (NLMS-Algorithmus) und dem LMS-Algorithmus mit variabler Schrittgröße (VSLMS-Algorithmus) eine schnelle Konvergenzrate für ein stark korreliertes Eingangssignal, wobei die durch eine Spezifikation geforderte Größe der Fehleinstellung eingeschränkt wird. Der Hauptbeitrag dieser Arbeit liegt in der statistischen Analyse der Leistungsfähigkeit hinsichtlich des Mittelwerts und des mittleren quadratischen Fehlers des Gewichts-Fehlervektors. Zusätzlich wird die Dekorrelationseigenschaft des DCT-LMS aus der unteren und oberen Schranke der Konditionszahl  $\lambda_{\max}/\lambda_{\min}$  abgeleitet. Es wird weiters gezeigt, daß die Form von Nebenmaxima, die die Dekorrelation des Eingangssignals beeinflussen, durch die Lage zweier Nullstellen

\* Corresponding author. Tel.: 44-171-594-6220; fax: 44-171-823-8125.  
E-mail address: kdi@ic.ac.uk (D.I. Kim).

bestimmt wird. Die Ergebnisse der theoretischen Analyse werden durch Monte Carlo-Simulation überprüft. Der vorgeschlagene Algorithmus wird zur Verifizierung seiner Anwendbarkeit auch auf die Systemidentifikation und inverse Modellierung im Rahmen einer Kanalverzerrung angewandt. © 2000 Elsevier Science B.V. All rights reserved.

## Résumé

Cet article présente le résultat de l'analyse de convergence de l'algorithme de filtrage adaptatif par transformation en cosinus discret et moindres carrés moyens (DCT-LMS), qui repose sur l'interprétation bien connue de l'algorithme à taille de pas variable. La taille de pas variant dans le temps de l'algorithme DCT-LMS est mise en œuvre par l'estimateur de puissance modifié pour redistribuer la puissance étalée après la DCT. L'analyse de performance est considérablement simplifiée par la modification de l'estimateur de puissance. Tout d'abord, l'algorithme DCT-LMS proposé a un taux de convergence rapide en comparaison avec les algorithmes LMS, LMS normalisé, et LMS à taille de pas variable pour un signal d'entrée hautement corrélé, tout en contraignant le niveau de mésajustement demandé par les spécifications. La principale contribution de cet article est l'analyse de performances statistique en termes de l'erreur moyenne et de l'erreur quadratique moyenne du vecteur d'erreur des poids. De plus, la propriété de décorrélation du DCT-LMS est dérivée des bornes inférieures et supérieures du rapport d'étalement des valeurs propres  $\lambda_{\max}/\lambda_{\min}$ . Nous montrons aussi que la forme des lobes latéraux affectant la décorrélation du signal d'entrée est gouvernée par la position de deux zéros. Des résultats d'analyse théorique sont validés par une simulation Monte Carlo. L'algorithme proposé est aussi appliqué en identification de systèmes et en modélisation inverse pour l'égalisation de canal afin de vérifier son applicabilité. © 2000 Elsevier Science B.V. All rights reserved.

*Keywords:* DCT-LMS adaptive filter; Eigenvalue spread ratio

---

## 1. Introduction

Adaptive filtering algorithms based on the stochastic gradient method are widely used in many applications such as system identification, noise cancellation, active noise control and communication channel equalisation. The least mean square (LMS) which belongs to the stochastic gradient-type algorithm has been the focus of much study due to its simplicity and robustness. However, it is well known that the convergence rate is seriously affected by the correlation of an input signal. To circumvent this inherent limitation, many algorithms have been implemented.

As one of popular approaches, the transform domain least-mean-square (TDLMS) adaptive filtering algorithms [3,11,18,19,21,8, pp. 208–238] have been developed to improve a slow convergence rate caused by an ill-conditioned input signal.

In 1983, Narayan [19] first introduced the TDLMS algorithm which uses the orthogonal transform matrices of the discrete Fourier transform (DFT) and the discrete cosine transform (DCT). The enhanced convergence rate when compared with the conventional LMS algorithm was verified empirically. However, focus was not placed on theoretical analysis. The performance was judged purely by computer simulation. In 1988, Florian [11] analysed the performance of the weighted normalised LMS algorithm via exponential weighted parameters. It was analysed only for the mean behaviour of weights. However, a general derivation was not obtained. In 1989, Marshall [18] investigated the convergence property through the computer simulation for several unitary transform matrices. In his work, transform domain processing was characterised by the effect of the transform on the shape of the error performance surface. In 1995, Beaufay [3] also studied analytically the behaviour of the eigenvalue spread for a first-order Markov process in the discrete Fourier transform least-mean-square (DFT-LMS) and the discrete cosine transform least-mean-square (DCT-LMS) algorithms. In most recent work (1997) [21], Parikh proposed the modified escalator structure to improve the performance of the LMS adaptive filter. The algorithm utilised the sparse structure of the correlation matrix. The sparse structure is extracted from the unitary transform matrix of the DCT to be

متن کامل مقاله

دریافت فوری ←

**ISI**Articles

مرجع مقالات تخصصی ایران

- ✓ امکان دانلود نسخه تمام متن مقالات انگلیسی
- ✓ امکان دانلود نسخه ترجمه شده مقالات
- ✓ پذیرش سفارش ترجمه تخصصی
- ✓ امکان جستجو در آرشیو جامعی از صدها موضوع و هزاران مقاله
- ✓ امکان دانلود رایگان ۲ صفحه اول هر مقاله
- ✓ امکان پرداخت اینترنتی با کلیه کارت های عضو شتاب
- ✓ دانلود فوری مقاله پس از پرداخت آنلاین
- ✓ پشتیبانی کامل خرید با بهره مندی از سیستم هوشمند رهگیری سفارشات