

機関番号：10101
 研究種目：基盤研究（B）
 研究期間：2008 ～ 2011
 課題番号：20300014
 研究課題名（和文） 拡張ロバスト音声認識システムの極低消費電力型 L S I 設計に関する研究
 研究課題名（英文） A Study on the LSI Design with Ultra Low-Power Consumption of Robust Speech Recognition Systems
 研究代表者
 宮永 喜一（Miyanaga Yoshikazu）
 北海道大学・大学院情報科学研究科・教授
 研究者番号：20166185

研究成果の概要（和文）：本研究では、(1)音響ゴーストキャンセラ手法の設計・ソフトウェア開発、(2)極低消費電力型実時間音声認識チップの設計・開発・実現を行った。(1)では、様々なエコー環境に対応できる新しい音声特徴量の設計と音声認識用 Hidden Markov Model (HMM) の学習手法を提案し、通常環境での十分なエコー耐性をもつ音声認識方式を実現した。(2)では、(1)で設計・開発した音声認識システムのハードウェア化を行った。その際に、消費電力が最小になるような低電圧化・低クロック周波数化・並列パイプライン化を行い、極低消費電力型実時間音声認識チップの設計・開発・試作を行った。

研究成果の概要（英文）：In this study, the following two important results have been obtained: (1) the development of acoustic ghost canceller in automatic speech recognition system, and (2) very low power consumption LSI of real time speech recognition. About (1), the new speech feature extraction and the new training method for HMM have been proposed and developed. Using these techniques, the high accuracy of speech recognition is shown under actual noisy environment. About (2), the new hardware design suitable for the method of (1) has been proposed. The proposed LSI has been designed with ultra low power consumption where lower voltage supply, lower clock rate, and parallel/pipeline processing are applied to the proposed architecture.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,800,000	540,000	2,340,000
2009年度	3,000,000	900,000	3,900,000
2010年度	5,200,000	1,560,000	6,760,000
2011年度	4,200,000	1,260,000	5,460,000
年度			
総計	14,200,000	4,260,000	18,460,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・計算機システム・ネットワーク

キーワード：回路とシステム, ハードウェア設計, 音声情報処理, 信号処理

1. 研究開始当初の背景

音声認識は様々な方式が提案され、限定的な利用に応用されてきた。しかし、その利用条件が厳しく、現時点でも有効で実用的な方式やシステムが開発されているとはいえない。特に、あらゆる環境で応用可能な、小

型で低消費な音声認識チップはほとんど開発されていない。

特に、エコー環境でのロバスト音声認識方式の開発や、実時間で動作する低消費電力型の小型認識システムなどはあまり実現されていなかった。

2. 研究の目的

本研究では、上記の近距離マイクの条件で、実用 SN 比である 10dB 以上の定常・非定常を含む種々の雑音に対する頑健性のほか、1 秒程度までのエコー環境下で、単語・フレーズ（2 秒以内の短い文）の認識率を 98% と高水準に保つ、新しい雑音・エコーロバスト音声認識システム（拡張ロバスト音声認識システム）を設計・開発する。さらにより高度な極低消費電力技術を導入し、既存の最新音声認識チップの消費電力に比べ 1/100 以下の極低消費電力を達成する音声認識チップを設計・開発する。

3. 研究の方法

本研究で提案する 2 つの方式について説明する。

①音響ゴーストキャンセラ手法の設計・ソフトウェア開発

本提案での音響エコーキャンセラは、オリジナルの音声も、そのエコー成分である音声も未知であり、観測信号からそのオリジナル音声だけを推定・抽出することを目的とする。従って、オリジナル情報のないブラインドエコーキャンセラ（ゴーストキャンセラ）とも見ることができ、複雑度が高いため、従来あまり議論されていない。ここでは、様々なエコー環境に対応できる新しい音声特徴量の設計と音声認識用 Hidden Markov Model (HMM) の学習手法を提案し、通常環境での十分なエコー耐性をもつ音声認識方式を実現した。

②極低消費電力型実時間音声認識チップの実現

音響ゴーストキャンセラとロバスト音声認識を融合したシステムは、計算複雑度が上がり、PC などで音声認識を実時間で実行するのは難しい。このシステムを、実時間で実行できるような専用 LSI を開発した。そのために、(2-1) 観測環境（雑音 SN 比、エコー環境）により、データ形式を動的に変化させ、その結果、全体の演算量を削減する新技術と、(2-2) トランジスタ回路の消費電力を極限まで下げられるサブスレッシュホールド動作とその領域での安定動作を確実にするダイナミックアーキテクチャの新技術を提案した。

4. 研究成果

本研究では、上記の①について、音響ゴーストキャンセラ手法の設計・ソフトウェア開発、②について、極低消費電力型実時間音声認識チップの設計・開発・実現を行い、当初の予定の性能を得た。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計 22 件）

(1) 吉澤 真吾, 西 一斗, 宮永 喜二, OFDM 方式コグニティブ無線における二次元動的アーキテクチャをもつパイプライン型 FFT プロセッサの設計, 電子情報通信学会論文誌, J91-D, 2008, 687-695 査読有

(2) Xin Xu, Noboru Hayasaka, Yoshikazu Miyanaga, Robust Speech Spectra Restoration against Unspecific Noise Conditions for Pitch Detection, IEICE TRANSACTION on Fundamentals of Electronics, Communications, and Computer Sciences, E91-A, 2008, 775-781, 査読有

(3) Shingo Yoshizawa, Yasushi Yamauchi, Yoshikazu Miyanaga, VLSI Implementation of a Complete Pipeline MMSE Detector for a 4×4 MIMO-OFDM Receiver, IEICE TRANSACTION on Fundamentals of Electronics, Communications, and Computer Sciences, E91-A, 2008, 1757-1762, 査読有

(4) 今井 卓, 中垣 淳, 柴田 孝次, 宮永 喜二, 音声認識のためのマルチレートシステムを用いたスペクトルサブトラクション法, 電子情報通信学会論文誌, J91-D, 2008, 2268-2279, 査読有

(5) Shingo Yoshizawa, Yoshikazu Miyanaga, Use of a Variable Wordlength Technique in an OFDM Receiver to Reduce Energy Dissipation, IEEE Transactions on Circuit and Systems-I:Regular Paper, 55, 2008, 2848-2859, 査読有

(6) Chusit Pradabpet, Shingo Yoshizawa, Yoshikazu Miyanaga, Kobchai Dejhan, New PAPR Reduction in OFDM Systems Using Cryptogram Technique and Hybrid of PTS-APPR Methods, IEICE Transactions on Fundamentals, 10, 2008, 2973-2979, 査読有

(7) Mohd Shamian, Shingo Yoshizawa, Yoshikazu Miyanaga, Ultra-Low Power and Large Scale Design of Sub-threshold Digital Circuits for Wireless Communication Systems, RISP Journal of Signal Processing, 13, 2009, 487-496, 査読有

(8) Chusit Pradabpet, Shingo Yoshizawa, Yoshikazu Miyanaga, Kobchai Dejhan, New PAPR Reduction in an OFDM System Using

Hybrid of PTS-CAPPR Methods with GA Coded Side Information Technique, IEICE Transactions on Fundamentals, E92-A, 2009, 2830-2836, 査読有

(9) Chusit Pradabpet, Shingo Yoshizawa, Yoshikazu Miyanaga, Kobchai Dejhan, New PAPR Reduction in OFDM Systems by Hybrid Algorithm of PTS and APPR Methods, International Journal of Computer & Applications, 31, 2009, 119-127, 査読有

(10) Xiaonan Shi, Shingo Yoshizawa, Yoshikazu Miyanaga, Approaching Performance and Implementation Capacity of Quasi-Cyclic Low Density Parity Check Codes with IEEE802.11n Based MIMO-OFDM System, RISP Journal of Signal Processing, 13, 2009, 423-431, 査読有

(11) Risanuri Hidayat, Kobchai Dejhan, Phichet Moungnoul, Yoshikazu Miyanaga, BER Analysis of IR-UWB Communication over Modified S-V Channel Model, RISP Journal of Signal Processing, 13, 2009, 413-421, 査読有

(12) 大貫和永, 高橋亘, 宮永喜一, ランニングスペクトルアナリシスを用いた連続音声認識用ロバスト音響モデルの構築, RISP Journal of Signal Processing, 14, 2010, 73-82, 査読有

(13) Shingo Yoshizawa, Hirokazu Ikeuchi, Yoshikazu Miyanaga, "VLSI Implementation of a Scalable Pipeline MMSE MIMO Detector for a 4x4 MIMO-OFDM Receiver," IEICE Transactions on Fundamentals, Vol.E94-A, No.1, pp.324-331, January 2011, 査読有

(14) Baiko Sai, Shingo Yoshizawa, Yoshikazu Miyanaga, "VLSI Architecture of a MMSE-MIMO Detector and a 4x4 MIMO-OFDM Transceiver with an 80-MHz Channel Bandwidth," RISP Journal of Signal Processing, Vol.15, No.1, pp.55-64, January 2011, 査読有

(15) Donekeo Lakanchanh, Shingo Yoshizawa, Suthichai Noppanakepong, Yoshikazu Miyanaga, "Blind Modulation Detection Using Compensation for Adaptive OFDM Systems", RISP Journal of Signal Processing, Vol.15, No.1, pp.65-74, January 2011, 査読有

(16) Jaeseong Kim, Shingo Yoshizawa,

Yoshikazu Miyanaga, "Optimization of Multiple Wordlength to Reduce Power Dissipation in Wireless OFDM Systems," RISP Journal of Signal Processing, Vol.15, No.3, pp.207-214, May 2011, 査読有

(17) Thi Xuan My Nguyen, Yoshikazu Miyanaga, Chaiyachet Saivichit, "Connectivity Modeling Analysis in Flight-Path Based Aviation Ad Hoc Networks", IEICE Transactions on Communications, Vol.E94-B, No.6, pp.1606-1616, June 2011, 査読有

(18) Tien Huu Vu, Supavadee Aramvith, Yoshikazu Miyanaga, "New Error Resilience Technique Using Adaptive FMO and Intra Refresh for H.264 Video Transmission", IEICE Transactions on Fundamentals, Vol.E94-A, No.8, pp.1647-1655, August 2011, 査読有

(19) Rhandley D Cajote, Supavadee Aramvith and Yoshikazu Miyanaga, "FMO-based H.264 frame layer rate control for low bit rate video transmission", EURASIP Journal on Advances in Signal Processing, Vol.2011, No.63, pp.1-11, September 2011, 査読有

(20) Jaeseong Kim, Shingo Yoshizawa, Yoshikazu Miyanaga, "Variable Wordlength Soft-Decision Viterbi Decoder for Power-Efficient Wireless LAN," Journal of Integration, the VLSI Journal, October 2011, 査読有

(21) Hisayoshi Kano, Shingo Yoshizawa, Takashi Gunji, Shougo Okamoto, Morio Tawarayama, Yoshikazu Miyanaga, "Development and Outdoor Evaluation of an Experimental Platform in an 80-MHz Bandwidth 2x2 MIMO-OFDM System in 5.2-GHz Band," IEICE Transactions on Fundamentals, Vol.E94-D, No.12, pp.2400-2408, Dec. 2011, 査読有

(22) 寺川, 藤根, 宮永, "被写体の色分布を考慮した4原色LCDの色彩設計," 電子情報通信学会論文誌 A, J94-A, 12, pp.1013-1024, 2011年12月, 査読有

以上, 22件はすべて査読付国内・国際学会のジャーナル論文。

[学会発表] (計 81 件)

(1) Yoshikazu Miyanaga, Shingo Yoshizawa, Noboru Hayasaka, Noise Robust Automatic

Speech Recognition and its Embedded System, Proceeding of The 2008 International Conference on Embedded Systems and Intelligent Technology, 198-202, Feb 27, 2008, バンコク タイ

(2) Shingo Yoshizawa, Kazuto Nishi, Yoshikazu Miyanaga, Reconfigurable Two-Dimensional Pipeline FFT Processor in OFDM Cognitive Radio Systems, Proceeding of ISCAS 2008, 1248-1251, May 18, 2008, Seattle, USA

(3) Shingo Yoshizawa, Yasushi Yamauchi, Yoshikazu Miyanaga, A Complete Pipelined MMSE Detection Architecture in a 4×4 MIMO-OFDM Receiver, Proceeding of ISCAS 2008, 2486-2489, May 18, 2008, Seattle, USA

(4) Rhandley D. Cajote, Supavadee Aramvith, Rowena Cristina L. Guevara, Yoshikazu Miyanaga, FMO Slice Group Maps Using Spatial and Temporal Indicators for H.264 Wireless Video Transmission, Proceeding of ISCAS 2008, 3566-3569, May 18, 2008, Seattle, USA

(5) Kazunaga Ohnuki, Wataru Takahashi, Shingo Yoshizawa, Yoshikazu Miyanaga, Noise Robust Speech Features for Automatic Continuous Speech Recognition using Runnung Spectrum Analysis, Proceeding of 2008 International Symposium on Communications and Information Technologies, 150-153, October 21, 2008, Vientiane, Lao

(6) Mohd Shamian Zainal, Shingo Yoshizawa, Yoshikazu Miyanaga, Evaluation of Sub-threshold Digital Circuits for Wireless Communication Systems, Asia-Pacific Signal and Information Processing Association 2009 Annual Summit and Conference (APSIPA ASC 2009), 2009年10月4, 札幌

(7) Shingo Yoshizawa, Yoshikazu Miyanaga, VLSI Implementation of a 4×4 MIMO-OFDM Transceiver with an 80-MHz Channel Bandwidth, International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS), 2009年5月24, 台北、台湾

(8) Jirabhorn Chaiwongsai, Werapon Chiracharit, Kosin Chamnongthai, Yoshikazu Miyanaga, An Architecture of

HMM-Based Isolated-Word Speech Recognition with Tone Detection Function, International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication Systems (ISPACS), 2009年2月8, バンコク、タイ

(9) Jirabhorn Chaiwongsai, Werapon Chiracharit, Kosin Chamnongthai, Yoshikazu Miyanaga, Kohji Higuchi, A Design of HMM-based Speech Recognition with AMDF-based Tone Classification Function, Proceedings of the 2009(12th) IEEJ International Analog VLSI Workshop, 2009年11月18日, Bangkok, Thailand

(10) Nutthacha Prukkanon, Kosin Chamnongthai, Yoshikazu Miyanaga, Kohji Higuchi, VT-AMDF, a Pitch Detection Algorithm, International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication Systems (ISPACS), 2009年12月7, 金沢

(11) Constantin Siriteanu, Yoshikazu Miyanaga, Steven D. Blostein, Smart Antenna Performance for Correlated Azimuth Spread and Rician K-Factor, International Symposium on Communication, Control and Signal Processing, March 3 2010, Malta

(12) Shingo Yoshizawa, Hirokazu Ikeuchi, Yoshikazu Miyanaga, Scalable Pipeline Architecture of MMSE MIMO Detector for 4×4 MIMO-OFDM Receiver, IEEE International Symposium on Circuits and Systems, May 30 2010, Paris, France

(13) Chusit Pradabpet, Shingo Yoshizawa, Yoshikazu Miyanaga, Phase Rotation Optimization in Hybrid of PTS-CAPPR Method by GA for PAPR Reduction in OFDM Systems, International Conference on Green Circuits and Systems, June 21 2010, Shanghai, China

(14) Zhang Yuxin, Yoshikazu Miyanaga, Constantin Siriteanu, New Robust Speech Recognition Using DTW in Noise, IEEE International Symposium on Communications and Information Technologies, October 26 2010, Tokyo, Japan

(15) Yoshikazu Miyanaga, Next Generation Wireless Communication Systems, Asia-Pacific Signal and Information

Processing Association 2010 Annual Summit and Conference, December 14 2010, Singapore

(16) Yiming Sun, Yoshikazu Miyanaga, “New Continuous Speech Feature Adjustment for a Noise-Robust CSR System”, Proceedings of International Symposium on Communications and Information Technologies (ISCIT 2011), pp. 309-313, October 12 2011, Hangzhou China.

(17) Zhang Yuxin, Yoshikazu Miyanaga, “An Improved Dynamic Time Warping Algorithm Employing Nonlinear Median Filtering”, Proceedings of International Symposium on Communications and Information Technologies (ISCIT 2011), pp. 439-442, October 12 2011, Hangzhou China.

(18) Kazi Obaidullah, Constantin Siriteanu, Shingo Yoshizawa, Yoshikazu Miyanaga, “Evaluation of Genetic Algorithm-Based Detection for Correlated MIMO Fading Channels”, Proceedings of International Symposium on Communications and Information Technologies (ISCIT 2011), pp. 507-511, October 12 2011, Hangzhou China.

(19) Shingo Yoshizawa, Daisuke Nakagawa, Nozomi Miyazaki, Takaya Kaji, Yoshikazu Miyanaga, “LSI Development of 8x8 Single-User MIMO-OFDM for IEEE 802.11ac WLANs”, Proceedings of International Symposium on Communications and Information Technologies (ISCIT 2011), pp. 585-588, October 12 2011, Hangzhou China.

(20) Shingo Yoshizawa, Nozomi Miyazaki, Daisuke Nakagawa, Yoshikazu Miyanaga, “A Low-Power Adaptive MIMO Detector for MIMO-OFDM WLAN Systems”, Proceedings of APSIPA Annual Summit and Conference 2011, PID 280, October 18 2011, Xian China.

(21) Constantin Siriteanu, Yoshikazu Miyanaga, “Binary Maximal-Ratio Combining”, Proceedings of APSIPA Annual Summit and Conference 2011, PID 035, October 18 2011, Xian China.

(22) Yoshikazu Miyanaga, Wataru Takahashi, Shingo Yoshizawa, “Low Power and Real Time LSI Design of Noise Robust Parallel Speech Recognition System”, Proceedings of APSIPA Annual Summit and Conference

2011, PID 328, October 18 2011, Xian China.

(23) Xiaonan Shi, Constantin Siriteanu, Shingo Yoshizawa, Yoshikazu Miyanaga, “MIMO Detection Performance for Realistic Rician Fading of Estimated Statistics”, Proceedings of APSIPA Annual Summit and Conference 2011, PID 063, October 18 2011, Xian China.

(24) Nozomi Miyazaki, Shingo Yoshizawa, Yoshikazu Miyanaga, “Low-Power Dynamic MIMO Detection for 4x4 MIMO-OFDM Receiver”, Proceedings of International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication Systems (ISPACS 2011), PID 118, December 7 2011, ChangMai, Thailand.

(25) Takaya Kaji, Shingo Yoshizawa, Yoshikazu Miyanaga, “Development of an ASIP-Based Singular Value Decomposition Processor in SVD-MIMO Systems”, Proceedings of International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication Systems (ISPACS 2011), PID 143, December 7 2011, ChangMai, Thailand.

(26) Jun Takizawa, Takaya Kaji, Takashi Gunji, Morio Tawarayama, Yoshikazu Miyanaga, “Development of Wireless Video Transmission Equipment by Cooperating Hardware and Software in Wideband MIMO-OFDM system”, Proceedings of International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication Systems (ISPACS 2011), PID 169, December 7 2011, ChangMai, Thailand.

以上、他の国際会議発表 55 件を含み、研究期間中の 81 件はすべて査読付国際会議の発表論文でありプロシーディングスとして印刷公表されている。

6. 研究組織

(1) 研究代表者

宮永喜一 (Miyanaga Yoshikazu)
北海道大学・大学院情報科学研究科・教授
研究者番号：20166185

(2) 研究分担者

吉澤 真吾 (Yoshizawa Shingo)
北海道大学・大学院情報科学研究科・助教
研究者番号：20447080