

学 位 論 文 題 名

A Study on Very High Speed and Low Power Wireless Communication Systems

(超高速低消費電力無線通信システムの設計に関する研究)

学位論文内容の要旨

近年まで進められた大量生産時代が終焉し、情報化及び多様化の社会となり、ネットワーク上での人と人、機器と機器間的高速通信は、より重要な技術課題となってきた。その中の無線通信では、より大容量のデータ通信とモバイル通信にも対応できる小型化・低消費電力化が望まれている。

本学位論文では、無線通信ネットワークの新しい技術に関して検討し、その有効性について述べた。特に通信路符号化、情報源符号化、時間・空間・周波数資源の同時利用技術についての研究を行うと共に、現在のネットワーク環境に適した最適な通信方式と高速で低消費電力な無線通信システムの実現手段を開発した。シミュレーション評価及び半導体 LSI の試作も含めて、実用化を念頭にした研究である。

本論文での目的は、5GHz 周波数を利用するワイヤレス通信の通信速度、性能、伝送距離及び低消費電力に関する新技術を実現することである。そのため、理論的な新方式の提案、コンピュータシミュレーションによる評価と実ハードウェア実装や LSI チップ試作での確認を行った。

本論文の構成は、以下のようになっている。

第一章では、ディジタル無線通信の研究動向と本研究の概要について述べている。ここでは、従来から行われてきたディジタル無線通信技術の総括を行い、その中での問題点を明らかにしている。第二章では、ディジタル適応ノイズキャンセラーの研究について説明している。この章では、直交周波数分割多重方式 (Orthogonal Frequency-Division Multiplexing。以下 OFDM と称する) の概要について述べ、OFDM システムに適したノイズ除去技術と設計手法の提案を行い、その有効性を示している。第三章では、OFDM 信号のガードインターバル長の設計について述べている。マルチパスフェージング環境に適用できる OFDM システムを設計するために、ガードインターバルを導入することが一般的であるが、時間長の長いガードインターバルを利用すると、システム全体のスループットが下がる。ここでは有効なガードインターバル長で、同時にシステムのスループットをあまり低下させない最適なガードインターバルの設計を提案し、マルチパスやノイズに強い OFDM システムに適した信号フォーマットを提案する。

第四章では、高速 SISO-OFDM, MIMO-OFDM 無線送受信システムの設計・試作について述べている。ここでは、スループットが数百 Mbps を超える、高速無線システムの基本構成について考え、従来の方式に比べ数倍高速なシステムの提案・開発を行った。第五章では、MMSE-MIMO Detector 及び 4x4MIMO-OFDM システムについて述べ、高速化に伴う回路規模の削減や、低消費電力化の

新しい技術を提案し、その実装について説明した。第六章では、1.2Gbps 高速無線送信、受信技術の研究について言及し、1Gbps のスループットを超えるシステムの設計と、802.11a/n バックコンパチビリティを有するデータフォーマットの提案、さまざまな雑音環境下における実効伝送容量の検討、提案システムの LSI 化を行った。第七章では、次世代 OFDM 信号フォーマットについて述べ、OFDM で問題となっている、Peak to Average Power Ratio (PAPR) 特性の改善と伝送効率を上げるデータフォーマットの提案を行った。

第八章においては、4K デジタルシネマを用いた無線通信システムについて説明し、上記のシステムを利用した、画像通信システムの構築を行った。実アプリケーションの実装と評価を行い、その有効性を確認した。

無線 LAN の世界標準規格を考える IEEE802.11 委員会では、802.11n の次の規格である 802.11ac において、1Gbps を超える標準規格が考えられている。それに対して、本研究は、情報理論とデジタル信号処理技術を利用して、802.11n, 802.11ac の規格を超えた通信速度が達成できるアルゴリズムを提案し、そのハードウェアの小型化、低消費電力化実現を行った。そして従来規格方式のバック・コンパチビリティも両立させた新しい MIMO-OFDM 方式の研究、そのシステム開発、設計を行い、同時に通信データパケットのフレーム構成を提案した。これらは、IEEE802.11 委員会の国際規格の動向に対応した研究である。

本研究の着想点は、802.11n 国際規格に準拠しながら、信号処理、符号理論、情報通信など最先端技術を導入することによって、常に国際規格を一步先リードすることである。それにより開発した最先端技術の有効性を常に高く維持している。

これらにより、本論文では、従来の無線通信が実現している通信スループットをはるかに超える数 Gbps の無線通信速度を実現する新しい MIMO-OFDM システムを設計・開発した。さらにそのフィールド実験や画像通信に応用することで、実用化に対応するシステム構築を行った。同時に、極低消費電力型の LSI システムとして設計実現し、その有効性を示した。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 宮 永 喜 一

副 査 教 授 野 島 俊 雄

副 査 教 授 小 柴 正 則

副 査 教 授 小 川 恭 孝

学 位 論 文 題 名

A Study on Very High Speed and Low Power Wireless Communication Systems

(超高速低消費電力無線通信システムの設計に関する研究)

近年まで進められた大量生産時代が終焉し、情報化及び多様化の社会となり、ネットワーク上での人と人、機器と機器間の高速通信は、より重要な技術課題となってきている。その中の無線通信では、より大容量のデータ通信とモバイル通信にも対応できる小型化・低消費電力化が望まれている。

本学位論文では、無線通信ネットワークの新しい技術に関して検討し、その有効性について述べている。特に通信路符号化、情報源符号化、時間・空間・周波数資源の同時利用技術についての研究を行うと共に、現在のネットワーク環境に適した最適な通信方式と高速で低消費電力な無線通信システムの実現手段を開発した。シミュレーション評価及び半導体 LSI の試作も含めて、実用化を念頭にした研究である。

本論文での目的は、5GHz 周波数を利用するワイヤレス通信の通信速度、性能、伝送距離及び低消費電力に関する新技術を実現することである。そのため、理論的な新方式の提案、コンピュータシミュレーションによる評価と実ハードウェア実装や LSI チップ試作での確認を行った。

本論文の構成は、以下のようになっている。

第一章では、デジタル無線通信の研究動向と本研究の概要について述べている。ここでは、従来から行われてきたデジタル無線通信技術の総括を行い、その中での問題点を明らかにしている。

第二章では、デジタル適応ノイズキャンセラーの研究について説明している。この章では、直交周波数分割多重方式 (Orthogonal Frequency-Division Multiplexing。以下 OFDM と称する) の概要について述べ、OFDM システムに適したノイズ除去技術と設計手法の提案を行い、その有効性を示している。第三章では、OFDM 信号のガードインターバル長の設計について述べている。マルチパスフェージング環境に適用できる OFDM システムを設計するために、ガードインターバルを導入することが一般的であるが、時間長の長いガードインターバルを利用すると、システム全体のスループットが下がる。ここでは有効なガードインターバル長で、同時にシステムのスループットをあまり低下させない最適なガードインターバルの設計を提案し、マルチパスやノイズに強い OFDM システムに適した信号フォーマットを提案している。

第四章では、高速 SISO-OFDM、MIMO-OFDM 無線送受信システムの設計・試作について述べて

いる。ここでは、スループットが数百 Mbps を超える、高速無線システムの基本構成について考え、従来の方式に比べ数倍高速なシステムの提案・開発を行った。第五章では、MMSE-MIMO Detector 及び 4x4MIMO-OFDM システムについて述べ、高速化に伴う回路規模の削減や、低消費電力化の新しい技術を提案し、その実装について説明した。第六章では、1.2Gbps 高速無線送信、受信技術の研究について言及し、1Gbps のスループットを超えるシステムの設計と、802.11a/n バックコンパチビリティを有するデータフォーマットの提案、さまざまな雑音環境下における実効伝送容量の検討、提案システムの LSI 化を行った。第七章では、次世代 OFDM 信号フォーマットについて述べ、OFDM で問題となっている、Peak to Average Power Ratio (PAPR) 特性の改善と伝送効率を上げるデータフォーマットの提案を行った。

第八章においては、4K デジタルシネマを用いた無線通信システムについて説明し、上記のシステムを利用した、画像通信システムの構築を行った。実アプリケーションの実装と評価を行い、その有効性を確認した。

無線 LAN の世界標準規格を考える IEEE802.11 委員会では、802.11n の次の規格である 802.11ac において、1Gbps を超える標準規格が考えられている。それに対して、本研究は、情報理論とデジタル信号処理技術を利用して、802.11n、802.11ac の規格を超えた通信速度が達成できるアルゴリズムを提案し、そのハードウェアの小型化、低消費電力化実現を行った。そして従来規格方式のバック・コンパチビリティも両立させた新しい MIMO-OFDM 方式の研究、そのシステム開発、設計を行い。同時に通信データパケットのフレーム構成を提案した。これらは、IEEE802.11 委員会の国際規格の動向に対応した研究である。

本研究の着想点は、802.11n 国際規格に準拠しながら、信号処理、符号理論、情報通信など最先端技術を導入することによって、常に国際規格を一步先リードすることである。それにより開発した最先端技術の有効性を常に高く維持している。

以上のことより、本論文では、従来の無線通信が実現している通信スループットをはるかに超える数 Gbps の無線通信速度を実現する新しい MIMO-OFDM システムを設計・開発した。さらにそのフィールド実験や画像通信に応用することで、実用化に対応するシステム構築を行った。同時に、極低消費電力型の LSI システムとして設計実現し、その有効性を示した。これにより超高速かつ低消費電力の無線通信システムに関する研究開発において、十分な成果を上げている。

これを要するに、筆者は、無線通信システムの高速化及び低消費電力化問題について、新たな方式の提案とそのアーキテクチャ実現を行い、その有効性を示した。これにより、超高速かつ低消費電力の無線通信システム技術に関する多くの有益な知見を得ており、工学の分野に貢献するところ大なるものがある。

よって筆者は、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。