

氏 名	いわまつ たかのり 岩松 隆則
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	博 甲 第 635 号
学位授与の日付	平成 24 年 3 月 26 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
研究科・専 攻	工芸科学研究科 設計工学専攻
学 位 論 文 題 目	OFDM 通信方式における多重波干渉除去と伝搬路推定の信号処理技術に関する研究
審 査 委 員	(主査)教授 若杉耕一郎 教授 中森伸行 教授 稲葉宏幸 准教授 梅原大祐

論文内容の要旨

地上波デジタル放送や移動無線通信で問題となるマルチパスフェージングに対処するため、OFDM 通信方式が利用される。OFDM 方式ではパイロットサブキャリアを多数挿入して伝搬路推定を行うため、フェージングが発生しても高品質通信が可能である。また、OFDM シンボルの先頭にガード区間を付加することで、ガード区間を越えないマルチパス環境であれば、遅延波干渉を受けずに復号できる特長がある。

本論文は、1) 伝搬路推定に用いるパイロットサブキャリア挿入により OFDM シンボルの伝送情報レートが制限される問題、2) マルチパス環境においてガード区間を越える長遅延波が発生すると、シンボル間干渉が発生して受信特性が著しく劣化する問題を取り上げている。

申請論文は、6 章から構成されている。第 1 章は、研究の背景・目的を述べている。

第 2 章は、OFDM 方式とマルチパス等化器やマルチアンテナ技術など基本技術について概説する。

第 3 章は、伝搬路推定において判定帰還伝搬路推定を利用することでパイロットサブキャリア数を削減する方式を提案する。さらに高速フェージング変動でも追従可能なように、周波数方向に伝搬路推定値の補間を行い、時間方向には予測を用いた判定帰還伝搬路推定法を適用する手法を提案する。また、遅延プロファイル抽出の雑音除去に新たな手順の提案を行い、シンボル多値化に耐えうる特性向上を実現する。

第 4 章は、地形や伝搬路異常あるいは SFN 干渉などによりガード区間を超える長遅延波に対する対策を検討し、このためにアダプティブアレイアンテナとマルチパス等化器を併用する 3 方式を提案する。それぞれの提案方式と従来方式に関してシミュレーションにより特性比較を行い、3 提案方式の長所・短所および有効性を明確にする。

第 5 章は、前章の成果を基にガード区間を超える長遅延波対策として、基準となる既知信号を用い、時間領域で制御を行う時間領域帰還型等化器併用アダプティブアレイアンテナ方式を提案する。アダプティブアレイアンテナの基準信号として FFT に前置されるマルチパス等化器の出力を用い、またマルチパス等化器の TAP 係数演算には OFDM のガード区間の信号を参照信号として用い、任意方向からの複数長遅延マルチパス、あるいは先行波と遅延波の遅

延時間が等しい特殊な条件でも良好な特性を示す方式である。

第 6 章では、全体の総括を述べている。

論文審査の結果の要旨

本論文は地上波デジタル放送でも利用される OFDM 通信方式において、伝搬路推定に用いられるパイロットサブキャリア挿入による伝送情報レートの劣化とガード区間を越える長遅延マルチパスによるシンボル間干渉の問題を取り組んでいる。

伝搬路推定のパイロットサブキャリア数を削減するために、判定帰還伝搬路推定方式を提案し、さらに時間方向には予測を用いた判定帰還伝搬路推定を用い、周波数方向には伝搬路推定値の補間を行い、良好な性能を実現した。また、遅延プロファイル抽出でも推定雑音軽減の新たな手順を提案した。その結果、高速フェージングと多値シンボルという厳しい条件下で、性能劣化を 1 dB 以内に押さえた上で、従来方式に対してパイロットサブキャリア数を 6.7% にまで削減できる技術を確立した。これにより高レート伝送が実現できる。

マルチパスによる遅延波対策として、従来はマルチパス等化器が主流であった。近年、アダプティブアレイアンテナ (AAA と略記する) の高速制御が可能となったので、AAA もマルチパスによる遅延波対策に重要な技術となった。OFDM 方式の基本演算である FFT 処理の前処理・後処理として等化器を用いる前置等化器併用 AAA 方式・合成波帰還型前置等化器併用 AAA 方式・後置等化器併用 AAA 方式の 3 方式を提案し、性能評価を実施した。前置等化器併用 AAA 方式は希望波と干渉波の到来方向が近接していても良好な特性を示すこと、合成波帰還型前置等化器併用 AAA 方式は干渉波の到来角に全く依存せず優れた特性を有すること、後置等化器併用 AAA 方式は経済性に優れることを明らかにした。

さらに、前置等化器併用 AAA 方式を発展させ、基準となる既知信号を用いずに時間領域のみで制御を行う時間領域帰還型等化器併用 AAA 方式を提案している。AAA 基準信号として FFT に前置された等化器出力を用いることで、任意方向からの複数長遅延マルチパス、あるいは先行波と遅延波の遅延時間が等しい特殊なマルチパスでも良好な特性が実現できることを示した。これらの成果により、長遅延マルチパスによる OFDM 方式の性能劣化は大きく改善され、国内のみならず南米地域などの地上波デジタル放送へのマルチパス対策としても今後の実用化が大きく期待される。

本論文の基礎となる学術論文は、査読制度の確立した以下の国際会議ならびに学術論文誌に掲載されており、申請者は全て筆頭著者である。

1. T. Iwamatsu, T. Kobayashi, and K. Wakasugi, "An OFDM channel estimation based on a simultaneous use of linear interpolation and feedback channel estimation," International Conference on Communications and Electronics 2010 (ICCE2010), pp.258–261, Nha Trang, Vietnam, Aug. 2010.
2. T. Iwamatsu, M. Umeda, and K. Wakasugi, "Configurations and performance evaluations for a long-delay multipath interference based on the combinational use of an adaptive array antenna and multipath equalizers," International Conference on Advanced

Technologies for Communications 2011 (ATC2011), pp.239–243, Da Nang, Vietnam, Aug. 2011.

3. 岩松隆則, 梅田雅敬, 若杉耕一郎, “OFDM 通信におけるアダプティブアレイアンテナとマルチパス等化器を併用した長遅延マルチパス対策の一考察,” 信学論 (B), vol.J95, no.3, pp.493–496, Mar. 2012.