

論文内容の要旨

博士論文題目 偏波直交性を用いた高速直交周波数多重
デジタル変調方式に関する研究

氏名 須増 淳

(論文内容の要旨)

直交周波数多重 (OFDM: Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 伝送は複数の狭帯域サブチャネルを直交する周波数により周波数多重し、伝送を行うことにより、マルチパス伝送路において高速デジタル伝送を行う方式である。現在、OFDMは移動通信、次世代地上波デジタルテレビ放送における伝送方式として実用化検討が進められている。しかし、OFDMでは、サブチャネル数の増加につれて隣接サブチャネル間隔が狭くなるため、ランダム FM 雑音や周波数オフセットによる隣接サブチャネル干渉 (ICI: Inter-Channel Interference) が大きくなり、伝送特性が劣化する。

そこで、OFDMの周波数利用効率を保ったまま ICI を減少させるために、隣接するサブチャネルを直交する2つの偏波で別々に伝送する偏波直交性を用いた直交周波数多重 (OPFDM: Orthogonal Polarization and Frequency Division Multiplexing) 変調方式を提案する。OPFDM変調方式では、OFDMにおいて隣接するサブチャネルを垂直偏波と水平偏波に交互に配置することにより、周波数利用効率を低下させることなく隣接サブチャネルのスペクトルメインローブのオーバーラップを避けることができ、その結果、周波数オフセットやランダム FM 雑音により生じる ICI の影響を低減することが可能となる。

さらに、OPFDM変調信号のシンボル波形の特徴を用いて周波数オフセットを推定して補償する半シンボル遅延相関を使用した周波数同期 (HSD-OPFDM: Orthogonal Polarization and Frequency Division Multiplexing using Half Symbol Delay Frequency Offset Compensation Scheme) 方式を提案する。この方式は、OPFDM変調信号のシンボル波形の前半部と後半部の波形が対称となっている特徴を利用し、この情報を OFDM での周波数オフセット推定に適用する方式であり、OPFDM変調信号のシンボルの前半と後半の波形の位相変動を比較することにより、特別なトレーニング系列を付加することなく、周波数オフセットを推定して補償する。この方式を用いると、シンボル長の全範囲での補償が可能となるので、少数のシンボルで補償を行う場合においても、従来の OFDM に用いられる補償方式と比べ高精度に補償を行うことができる。さらに、提案方式が多数のシンボルを必要としないため、周波数オフセットに対する追従性の高速化が可能になる。

本論文では、提案方式である OPFDM、及び HSD-OPFDM の伝送特性を理論解析、及び計算機シミュレーションによって求め、従来の OFDM と比較し、その有効性を示す。

氏名	須増 淳
----	------

(論文審査結果の要旨)

平成 10 年 12 月 22 日に開催した公聴会の結果を参考に平成 11 年 2 月 16 日に本博士論文の審査を行なった。以下のとおり、本博士論文は、提案者が独立した研究者として、研究活動を続けていくための十分な素養を備えていることを示すものと認める。

須増 淳は、本博士論文において、高速無線デジタル伝送のための直交周波数多重 (OFDM) 方式の問題点を解決する新しい方式を提案し、提案方式が伝送特性を向上させることができる結果を得た。OFDM は、多数の低速サブチャネルを直交条件を満たす最小間隔で周波数配置することにより、マルチパスフェージングに対して耐性を持ちながらも高速伝送を行なうことができ、さらに、周波数利用効率も高い伝送方式である。しかし、OFDM は周波数軸上におけるサブチャネル間隔が狭いため、ドップラー等の伝搬路の時間変動や送受信機間の局部発信周波数のずれによる周波数オフセットによって隣接サブチャネル間干渉 (ICI) が発生し、伝送特性が劣化する問題点がある。

OFDM の周波数利用効率を保ったままで ICI を減少させるために、隣接するサブチャネルを直交する 2 つの偏波で別々に伝送する偏波直交性を用いた直交周波数多重 (OPFDM) 変調方式を提案した。提案 OPFDM では、それぞれの偏波におけるサブチャネル間隔は従来 OFDM の 2 倍となるため、ICI を低減させることができる。理論解析と計算機シミュレーションにより、ドップラー周波数が存在し且つ偏波間の直交性が完全でない伝搬路環境においても、提案 OPFDM を用いた場合は従来 OFDM の場合より伝送特性が改善されることを明らかにした。

さらに、OPFDM 変調信号のシンボル波形の特徴を用いて周波数オフセットを推定して補償する半シンボル遅延相関を使用した周波数同期 (HSD-OPFDM) 方式を提案した。この方式は、OPFDM 変調信号のシンボル波形の前半部と後半部の波形が対称となっている特徴を利用し、この情報を OFDM での周波数オフセット推定に適用する方式であり、OPFDM 変調信号のシンボルの前半と後半の波形の位相変動を比較することにより、特別なトレーニング系列を付加することなく、周波数オフセットを推定して補償する。この方式を用いると、シンボル長の全範囲での補償が可能となるので、少数のシンボルで補償を行う場合においても、従来の OFDM に用いられる補償方式と比べ高精度に補償を行うことができる。さらに、提案方式が多数のシンボルを必要としないため、周波数オフセットに対する追従性の高速化が可能になる。計算機シミュレーションの結果により、提案 HSD-OPFDM 方式が加法性白色ガウス雑音 (AWGN) 環境においてほぼ完全に周波数オフセットを補償できることを示した。

従来の OFDM における伝送特性を改善するべく提案された上記の方式は、独創的かつ実用的であり、本研究が情報通信および放送の分野において極めて高い貢献があると評価する。