

論文の内容の要旨

論文題目 通信路容量に接近する符号を用いた高信頼通信システムの研究

氏名 松本 渉

有線、無線通信システムは多様かつ広範囲に拡大しつつあり、様々な媒体を通じて通信路を確保し高信頼な通信を実現することが要求されている。本論文では、高信頼通信を実現する手段として通信路容量に接近する誤り訂正符号であるターボ符号、及び低密度パリティ検査符号(LDPC符号)の適用に着目した。まず、これらの符号がそれぞれ単体で抱えている符号構成法の問題点を解決する提案を行なう。そして、主にLDPC符号の機能を拡張し、通信システム全体の情報量の期待値を理論的な通信路容量に接近させる、いわゆる“通信路容量に接近する通信システム”の実現を目指したいくつかの適用法の提案をまとめる。

各提案の概要は以下の通りである。

(1) 決定論的なターボ符号インタリーバの構成法：

多様な符号長に対応した決定論的な構成で、かつ従来問題となっていたエラーフロアの大幅な改善を実現するターボ符号インタリーバの提案を行なう。

(2) 決定論的な非正則LDPC符号の構成法：

ユークリッド幾何符号、および整数ラティス構造の符号をベースに、パリティ検査行列の次数分布の最適化を行い、任意の符号化率と任意の次数分布に対し決定論的に構成できる符号の構成法を提案する。また、その構成法による非正則LDPC符号の誤り率特性が実用的な符号長においてシャノン限界に近づく事を示す。

(3) LDPC符号によるマルチレベル符号化方式：

マルチレベル符号化変調をLDPC符号を用いて実現する。通信路容量からLDPC符号の劣化量を逆算した符号化率の補正曲線を導出し、各レベルに分配される符号化率を求め、その符号化率に適したパリティ検査行列の次数分布の最適化を行う設計手法の提案を行う。

(4) LDPC符号の拡張 sum-product 復号によるブラインド同期方式：

LDPC符号を用い、その sum-product 復号の課程において出力される各受信信号の対数尤度比と軟判定情報から位相誤差を推定しその誤差量を補正することにより、ブラインド同期を実現する方法の提案を行なう。

- (5) OFDM 変調方式及び MC-CDMA 変調方式の-halfシンボル化の提案と LDPC 符号の適用：
マルチパスに起因するフェージング補償効果の為にガードインターバルを拡張する手段として、マルチキャリア変調波形のシンボル長を半分に短縮する、halfシンボル・マルチキャリア変復調方式の提案。また、この方式をマルチキャリア CDMA に適用する方法の提案。さらに LDPC 符号の適用による本方式の性能の改善提案を行なう。
- (6) 分散トーン方式による電力線モデム通信方式の提案と LDPC 符号の適用：
周波数軸、時間軸ともに伝送路特性、雑音特性が変動する通信路において、簡易な回路構成ながら周波数、時間ダイバシティ効果を実現するマルチキャリア通信方式を応用した分散トーン方式の提案。さらに LDPC 符号の適用による本方式の性能の改善提案を行なう。
- (7) LDPC 符号を用いた量子鍵配送の為に誤り訂正技術の提案：
量子通信路により鍵情報を送信し古典通信路において誤り訂正情報を通信することにより BB84 をベースにして量子鍵配布するシステムにおいて特に量子通信路に誤りがある通信路を想定しその誤り訂正に LDPC 符号を用いる提案。本提案により誤り訂正処理のみならず誤りビットの特定、誤り率の推定、秘匿性増強のための鍵圧縮等の処理が情報量的安全性を確保しながら実現できる。

これらの提案により雑音や様々な劣化要因を伴う通信路においても、特定の条件下で復号能力を理論限界に近接させる高信頼通信システムの実現が可能となる。