

## 博士学位論文要旨

様々な情報伝送システムにおいて、送信する情報に対して、全て均一な誤り訂正を施すのではなく、重要な情報により高い誤り訂正を施す不均一誤り保護 (Unequal Error Protection; UEP) の適用が望ましい場合が多い。例えば、パケット伝送において、ヘッダー部はペイロード部よりも重要度が高くなければいけない。なぜなら、送信先のアドレスを失ったパケットは最悪送信先に届かず、全情報を失う可能性があるからである。同様に、データをフレーム構造にして伝送する際のユニークワード、階層符号化が実装された地上波デジタル放送など、UEP 特性を考慮した情報伝送システムは、システム全体として高い信頼性と性能向上が期待できる。

ところで近年、携帯電話などデジタル移動通信に対する要求が高まっている。しかし、無線通信環境下では、熱雑音による影響に加えて、建物などによる反射、回折、散乱や移動体の走行に伴って、受信信号の包絡線と位相を急激に変化させるフェージングの影響が顕著となる。しかし、これまで積極的にフェージング補償が導入された UEP システムは少ない。本研究では、送信ピーク電力が低く抑えられ、電力増幅器の効率の面で有利となるシングルキャリア伝送の利用を想定し、フェージング補償として適応等化技術を検討、導入する。

以上、本論文は、フェージング補償技術として適応等化技術を採用し、UEP システムの移動通信への適用に関する一連の研究結果をまとめたもので、全編 6 章からなる。

第 1 章は緒論であり、本研究の背景、目的、意義を述べている。

第 2 章では、無線通信環境(雑音、フェージング)について概説した後、UEP システムに関する主要な従来方式(マルチレベル符号化、時分割多重化符号化変調、非セット分割の各種方式)について概観し、提案方式の指針を示している。

第 3 章では、時間領域と周波数領域において、平均二乗誤差最小化(MMSE)規範に基づくシングルキャリア伝送における適応等化技術について統一的に議論し、両領域の Wiener 解を結び関係式を導出した後、周波数領域等化の物理的な意味を指摘している[1],[4]。

第 4 章では、まず、加法性白色雑音(AWGN)環境下における提案方式を示す。提案方式では、異なる信号点を持つ符号(RING 型信号点配置)を重要度によって切り替え、符号化率とユークリッド距離によって UEP 特性を制御する。また、重要度を示す冗長情報を付加せず、最尤推定法に基づいた重要度推定アルゴリズムによって、受信側で復号処理と同時に、送信側で処理された重要度を推定するため、伝送効率の劣化を招かない。重要度が 2 の場合に焦点を当て、理論解析と計算機シミュレーションによって、その有効性を確認している[2],[6]。

第 5 章では、前章で述べた提案方式を、フェージング環境に拡張している。具体的には、フェージング補償として、時間領域ならびに周波数領域等化を導入した 2 つのシステムを提案している。1 つ目は、従来の判定帰還型適応等化器(DFE)[7]に LMS を用いて低演算量の利点を保ちつつ、かつ、欠点である収束特性を改善すべく、線形予測型プレフィルタ(AEPF)を縦続接続した適応誤差予測型 DFE(AEPF-DFE)を提案、導入したシステムである。AEPF-DFE は従来の DFE と比べ、演算量削減、最小二乗誤差レベル低減、BER 特性改善を実現している[5]。2 つ目は、提案方式が複数シンボル(ブロック)毎に重要度を切り替える特徴を活かし、周波数領域にて等化を行うシステムである[3]。両方式とも時間-周波数選択性フェージング環境下において、重要度推定誤り率、各符号におけるビット誤り率、等化効果について、提案方式の有効性を確認している。

第 6 章は結論であり、本研究で得られた成果と今後の課題について述べている。

以上要するに本論文は、次世代移動通信の発展に向け、フェージング補償として適応等化技術を導入した、不均一誤り保護特性を有する新しい情報伝送システムを提案し、その有効性及び実現可能性を明らかにした。

### ■公表論文

[1] S. Yamazaki and D. K. Asano, "Single-carrier Transmission Frequency-domain Equalization Based on a Wiener Filter for Broadband Wireless Communications", *IEEJ Transactions on Electronics, Information and Systems*, vol. 131, No. 7, pp. 1384-1392, 2011.

[2] S. Yamazaki and D. K. Asano, "A Serial Unequal Error Protection Code System using Multilevel Trellis Coded Modulation with Ring Type Signal Constellations for AWGN Channels," *IEEJ Transactions on Electrics and Electronics*, vol.5, No.6, pp. 708-716,2010.

[3] S. Yamazaki and D. K. Asano, "A Serial Unequal Error Protection Code System using MMSE-FDE for Fading Channels," *2011 The IEEE Asia Pacific Wireless Communication Symposium, Singapore, Aug.22-23, 2011.*

[4] S. Yamazaki and D. K. Asano, "Single-carrier Transmission Frequency-domain Equalization Based on a Wiener Filter," *2010 International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication Systems*, Tokyo, Japan, Oct. 26-29, 2010.

[5] S. Yamazaki and D. K. Asano, "Performance Evaluation of a Decision Feedback Equalizer with an Adaptive Error Prediction Filter," *2009 IEEE International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication Systems*, Kanazawa, Japan, Dec. 7-9, 2009.

[6] S. Yamazaki and D. K. Asano, "A Serial Unequal Error Protection Code System using Multilevel Trellis Coded Modulation with Two Ring Signal Constellations for AWGN Channels," *2009 International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication Systems*, Kanazawa, Japan, Dec. 7-9, 2009.

[7] S. Yamazaki and D. K. Asano, "A Serial Unequal Error Protection Code System Using a Decision Feedback Equalizer For Fading Channels," *12th International Symposium on Wireless Personal Multimedia Communications*, Sendai, Japan, Sep. 7-10, 2009.