

# FMC(Fixed Mobile Convergence)を考慮したブロードバンド ワイヤレスシステムの高品質化および高効率化に関する研究

吉 岡 博\*

## Research of Advanced Techniques for Broadband Wireless Systems Employing Fixed Mobile Convergence

by Hiroshi YOSHIOKA

本論文では、市場に普及している固定系通信サービスと移動系無線通信サービスとを状況に応じて切り替え、より付加価値の高いサービスを生み出すFMC (Fixed Mobile Convergence) を実現するための要素技術について提案・検討を行った。

FMCにおいては、固定系ネットワークから移動系ネットワークまで、効率的にデータを送信する必要がある。無線LAN、ITSなどにおいて、移動中に大容量コンテンツを受信する場合、移動によってアクセスポイントや基地局を切り替えて通信する必要が生じ、送信データの流れをどのように制御するかが重要となる。特にITSにおいては、高速な移動環境においてもデータ送信の高効率化を実現しなければならない。またFMCにおいては、ユーザの状態に応じて通信サービスを切り替えたり、移動先において別の通信サービスに切り替える場合、シームレスに通信を継続するために切り替え後の受信信号の変調方式を自動的に識別する必要がある。したがって、変調信号の自動識別技術が必須となる。さらに、FMCの導入・普及を促進するためには、基盤となる固定系インフラの普及率を向上させる必要がある。固定系インフラ（光ファイバ）の普及率は都市部と山間地域（過疎地域）とで格差が生じており、山間

地域（過疎地域）に対し、どのようにブロードバンドサービスを提供しデジタルデバイドを解消するかが課題となっている。

最初に、ITSにおいて導入されているスポット通信システムで用いる移動端末の移動に追従した高効率なデータ伝送技術を提案した。提案技術においては、移動端末からゾーン制御局へ送信される移動速度の情報をもとに、ゾーン制御局が各スポットでの移動端末の滞在時間を予測し、移動端末が各スポットで受信可能と考えられるデータのみを各無線基地局へ送信する。さらに、移動端末の速度変化に対応するため、移動端末が今後通信を行うと考えられる無線基地局へ前もってデータを送信せず、移動端末が通信を終えた無線基地局から、移動端末のデータ受信状況の情報を受け取り、その受信状況にあわせて次の無線基地局へデータを送信する。またゾーン制御局は、移動端末の速度変化に対応できるよう、分割データにマージンを付加して送信する。本提案技術の妥当性を計算機シミュレーションによって確認し、提案技術を用いることによって無線基地局とゾーン制御局の間のアクセスリンクを流れるデータ量を大きく削減することが可能となった。また、データ送信におけるQoSを評価するための重要な指標

---

\*新潟大学大学院自然科学研究科大学院生

現在 NTT 東日本-新潟 企画部 企画担当  
[新潟大学博士（工学）平成21年3月23日授与]

である移動端末のデータ受信時間について考察し、データ受信時間の増加率に対して必要なマージンの量を求めた。その結果、データ受信時間の増加を最小限に抑えたうえで、アクセスリンクにかかる負荷を大きく削減できることがわかった。さらに、より現実的な通信環境を想定し、スポット長およびスポット間隔長が変化する場合について提案技術の効果を検証した。そして、スポット長およびスポット間隔長が変化する場合の送信データ量の特性は、スポット長およびスポット間隔長の平均値を用いて計算可能であるということがわかった。本提案技術により、スポット通信システムを使用したITSネットワークにおけるデータ送信の高効率化を図ることが可能となり、回線負荷の軽減によるネットワーク資源の有効活用に貢献できる。

次に、システム間ハンドオーバーを実現するために、現在までに導入されているデジタル無線通信システムにおいて採用されている基本的な変調方式の自動識別技術を検討した。FSK 信号、PSK 信号、QAM 信号等のデジタル変調方式を対象とし、その識別性能を向上するための技術に関して提案した。識別処理技術としてパターン認識技術の一つである最近傍決定法を適用することを提案した。また、プロトタイプ配置方法を工夫し、ガウス雑音が印加されたプロトタイプを特徴空間に追加する技術と、低C/N 時への応用について検討し、提案技術の有効性を示した。シミュレーション結果から、受信信号のC/Nが10dB, 20dB, 30dBのいずれの場合においても、63から148ほどの現実的な範囲の観測シンボル数で、従来得られなかった高い識別率を得ることができた。また、フェージング環境においても有効に機能する特徴量抽出技術を提案した。観測される全シンボルタイミングにおいて、規定値以上の振幅値を持つシンボルタイミングでの位相情報・振幅情報を識別に用いる技術を提案し、全観測シンボルを計算対象とする従来提案と比較して特性が向上することが確認できた。また提案技術では、シンボル選択の閾値を平均受信レベルとし、観測シンボル数490以上で99.99%以上の識別率が得られ、本提案技術の有効性が確認できた。さらに、高速フェージング環境において、シンボル選択の閾値を調節し、識別時間を短縮した。計算機シミュレーションの結果、正規化最大ドップラ周波数に依存せず、閾値を平均受信レベルの0.8倍とすることにより、最も良好な識別特性が得られることがわかった。識別率99.99%を得るため

の識別時間は、従来提案において640シンボル、提案技術においては510シンボルであり、識別時間を20%短縮できることがわかった。本提案技術により、フェージング環境においても高精度かつ短時間でデジタル変調信号の自動識別が可能となり、システム間ハンドオーバーを実現可能である。

次に、デジタルデバインドを解消するための手段として導入・普及が進められているFWAシステムの高品質化について検討し、64QAMを使用したFWAシステムに適用するビタビ等化器において、特性劣化なく演算量を大幅に削減するための2つの提案技術を示した。D/U = 12dB ~ 24dBにおいて得られたBER特性を検証し、サバイバルパスを1本まで削減しても特性劣化がほぼ生じないことを明らかにした。また、信号点候補を複数のグループに分け、段階的に候補の数を絞り込み、尤度最大の候補に隣接している候補に関して追加でレプリカを生成する手法によって、BER = 10<sup>-3</sup>点において約1 dB程度BER特性が改善されることを示した。本提案技術を用いることにより、変調方式が64QAMの場合でも、QPSKに対するビタビ等化器の1.3倍程度の演算量において、通常のビタビ等化器と同等の等化特性が得られることを明らかにした。これにより、FWAのような見通し通信という条件はつくものの、多値QAM変調方式に適用可能なビタビ等化器の実現可能性を高めることができた。

最後に、FWAシステムにおいて生じるオーバーリーチ干渉を克服するため、信号点重なりを回避する受信アンテナ選択技術に基づくMLSE干渉キャンセラについて提案した。MLSEにおいて、尤度最大の場合と、2番目に尤度が大きい場合との尤度の差分が閾値を下回った場合に受信アンテナを切り替える提案技術によって、キャンセル特性が10dB以上改善されることを明らかにした。また、受信アンテナを切り替えるための最適な閾値は0.03~0.04であることを計算機シミュレーションによって明らかにした。さらに、干渉波の位相回転に追従するAPC技術について示し、大きな特性改善効果が得られることを明らかにした。APCにはトレーニングモードとトラッキングモードがあり、上記受信アンテナ選択技術との併用により、優れたキャンセル効果が得られることを計算機シミュレーションにより示すことができた。ここで示した提案MLSE干渉キャンセラにより、広帯域FWAシステムの高品質化に貢献できる。

謝辞：本研究を行うにあたり，主指導教員の中野敬  
介准教授，仙石正和教授並びに渡邊和二氏（元客員  
教授）にご指導を賜った。