

学 位 論 文 題 名

モバイル通信における適応無線アクセス技術に関する研究 (A Study on Wireless Access Technologies with Adaptabilities for Mobile Communications)

学位論文内容の要旨

近年モバイル通信においてモバイルインターネットを支える技術の進展・サービスの普及ならびに多様化により通信トラフィックが爆発的に増加しており、限られた周波数資源のさらなる有効利用が課題となっている。さらには、災害によって生じる通信サービスエリア喪失のリスクを防ぐ手段の提供といったシステムの可用性を向上させるためのモバイル通信システムの高度化も期待されている。

本論文は「モバイル通信における適応無線アクセス技術に関する研究」と題し、急速に進展し続けるモバイル通信を含む通信ネットワークの大きな構造変化、ならびに通信事業者に対してより一層求められる社会的責務を背景に顕在化するさまざまな課題を解決することを目指し、通信環境の変化に対して適応的に伝送パラメータを制御できる無線伝送技術に着目し、その課題の解決に取り組んだものである。論文の構成は「序論」を含めて6章からなる。

第1章は「序論」で、本研究の背景を明らかにした上で、研究の目的と意義についてまとめている。

第2章は「広帯域モバイル通信における適応無線アクセス制御技術の応用」と題し、本研究で取り組んだ個々の課題の具体化と解決のアプローチについて述べ、研究の成果についての概要を述べている。

第3章は「W-CDMA 下りリンク適応アンテナアレイ送信ダイバーシチ技術」と題し、広帯域セルラシステムにおける下りリンク容量増大を目的としている。具体的に、周波数多重復信 (FDD) を用いる広帯域符号分割多元接続 (W-CDMA) における適応アンテナアレイ送信ビームフォーミングによるマルチプルアクセス干渉抑圧技術を提案している。提案構成は上りリンクベースバンド信号処理部で生成された受信アンテナウエイトを送信アンテナウエイトとして利用することを特徴としている。機能の実現に必要となる RF 回路キャリブレーションとキャリア周波数キャリブレーションのうち、より重要度の高い RF 回路キャリブレーションに着目し、実証試験用基地局装置を用いた室内ならびに屋外伝送実験によりその機能を検証している。また、マルチユーザ環境下における、高速伝送レートユーザからのマルチパス干渉の抑圧効果を明らかにしている。

第4章は「下りリンクブロードバンド OFDMC における QoS を考慮した適応無線パラメータ制御」と題し、広帯域パケット無線アクセスシステムにおける様々なサービス品質要求を有したパケットトラフィックの効率的伝送を目的としている。具体的に、サービス品質のうち伝送遅延とパケット誤り率に対する要求条件を考慮した適応無線パラメータ制御方法を提案している。提案方式は、パケット合成型のハイブリッド ARQ(HARQ) 技術と適応変調・誤り訂正符号化技術とをサービス品質に対する要求条件に応じて適切に組み合わせることを特徴としている。提案する制御方式につい

て、直交周波数符号分割多重 (OFDM) を用いる通信方式への適用を想定して、様々な遅延分散を持つ広帯域マルチパスチャネルを想定したシミュレーションによりサービス品質要求条件を考慮した最適無線パラメータセット (HARQ 再送回数, 変調方式, 符号化率) を明らかにしている。

第 5 章は「OFDM シンボル対を利用したシンボル間干渉耐性を有する無線フレーム構成および適応制御」と題し、放送サービスに匹敵するカバレージエリアの広さを含み、様々セル半径を想定したネットワーク展開シナリオに対して、単一の無線インタフェースでの効率的なサービス提供を実現することを目的としている。具体的に、直交周波数分割多重 (OFDM) 技術を応用し、OFDM シンボル対を利用することで等価的ガードインターバル拡張を実現する無線パケットフレーム構成 (Paired Symbol OFDM: PS-OFDM), および伝搬環境に応じて 2 種類の無線パケットフレーム構成を使い分ける方式を提案している。1 つは従来の OFDM と等価的なフレーム構成であり、もう 1 つは等価的ガードインターバル拡張を利用するフレーム構成である。フレーム構成の使い分けにより周波数利用効率の低下を抑えることを特徴としている。提案技術について、シミュレーションによりシンボル間干渉に対する耐性を確認するとともに、有用な適用領域を明らかにしている。災害発生時の緊急的な通信エリア確保やリピータによる増幅中継伝送における品質向上等への応用が期待される。

第 6 章は「結論」で、本研究の総括を行うと共に、将来展望および今後の研究課題について述べている。

最後に、本論文は、モバイル通信システムの高度化に向けた適応無線アクセス制御技術を多様な観点から提案・評価しており、本研究において開発された適応無線アクセス技術が周波数資源のさらなる有効利用に寄与する技術であること、又、災害時における通信エリアの確保といったモバイル通信システムのさらなる高度化に貢献する技術であることを明らかにした。

学位論文審査の要旨

主 査	客員教授	須 田 博 人
副 査	教 授	野 島 俊 雄
副 査	教 授	小 川 恭 孝
副 査	准教授	山 本 学

学 位 論 文 題 名

モバイル通信における適応無線アクセス技術に関する研究 (A Study on Wireless Access Technologies with Adaptabilities for Mobile Communications)

モバイル通信において通信トラヒックが爆発的に増加しており、限られた周波数資源のさらなる有効利用が課題となっている。加えて、災害等により生じる通信サービスエリア喪失のリスクを防ぐ手段の提供等、システムの可用性向上のためのモバイル通信システム高度化のための技術開発が求められている。

本論文は、モバイル通信を含む通信ネットワークの構造変化ならびに通信事業者に求められる社会的責務を背景に顕在化する課題に対し、通信環境の変化に適応して伝送パラメータを制御可能な無線伝送技術に着目し、課題の解決に取り組んだものである。

第1章は「序論」で、本研究の背景を明らかにした上で、研究の目的と意義についてまとめている。

第2章は「広帯域モバイル通信における適応無線アクセス制御技術の応用」と題し、本研究で取り組んだ個々の課題の具体化と解決のアプローチについて述べ、研究の概要を述べている。

第3章は「W-CDMA 下りリンク適応アンテナアレイ送信ダイバーシチ技術」と題し、広帯域セルラーシステムにおける下りリンク容量増大を目的としている。周波数多重複信 (FDD) を用いる広帯域符号分割多元接続 (W-CDMA) における適応アンテナアレイ送信ビームフォーミングによるマルチプルアクセス干渉抑圧技術を提案している。提案構成は上りリンクベースバンド信号処理部で生成された受信アンテナウエイトを送信アンテナウエイトとして利用することを特徴としている。機能の実現に必要となる RF 回路キャリブレーションとキャリア周波数キャリブレーションのうち、より重要度の高い RF 回路キャリブレーションに着目し、実証試験用基地局装置を用いた室内ならびに屋外伝送実験によりその機能を検証している。また、マルチユーザ環境下における、高速伝送レートユーザからのマルチパス干渉の抑圧効果を明らかにしている。

第4章は「下りリンクブロードバンド OFDMC における QoS を考慮した適応無線パラメータ制御」と題し、広帯域パケット無線アクセスシステムにおける様々なサービス品質要求を有したパケットトラヒックの効率的伝送を目的としている。サービス品質のうち伝送遅延とパケット誤り率に対する要求条件を考慮した適応無線パラメータ制御方法を提案している。提案方式は、パケット合成型のハイブリッド ARQ(HARQ) 技術と適応変調・誤り訂正符号化技術とをサービス品質に対する要求条件に応じて適切に組み合わせることを特徴としている。提案する制御方式について、直交周波数符号分割多重 (OFDMC) を用いる通信方式への適用を想定して、様々な遅延分散を持つ広帯域マルチパスチャネルを想定したシミュレーションによりサービス品質要求条件を考慮した最適無線

パラメータセット (HARQ 再送回数, 変調方式, 符号化率) を明らかにしている。

第 5 章は「OFDM シンボル対を利用したシンボル間干渉耐性を有する無線フレーム構成および適応制御」と題し、放送サービスに匹敵するカバレッジエリアの広さを含む、様々セル半径を想定したネットワーク展開シナリオに対して、単一の無線インタフェースでの効率的なサービス提供を実現するための技術について検討している。直交周波数分割多重 (OFDM) 技術を応用し、OFDM シンボル対を利用することで等価的ガードインターバル拡張を実現する無線パケットフレーム構成 (Paired Symbol OFDM: PS-OFDM), および伝搬環境に応じて 2 種類の無線パケットフレーム構成を使い分ける方式を提案している。1 つは従来の OFDM と等価的なフレーム構成であり、もう 1 つは等価的ガードインターバル拡張を利用するフレーム構成である。フレーム構成の使い分けにより周波数利用効率の低下を抑えることを特徴としている。提案技術について、シミュレーションによりシンボル間干渉に対する耐性を確認するとともに、有用な適用領域を明らかにしている。提案技術は、災害発生時の緊急的な通信エリア確保やリピータによる増幅中継伝送における品質向上等への応用が期待される。

第 6 章は「結論」であり、本研究の結論と得られた成果をまとめている。

これを要するに、著者は、モバイル通信システムにおける適応無線アクセス技術を検討し、周波数資源の有効利用およびシステム高度化に貢献する制御技術に関して有益な新知見を得たものであり、無線通信工学分野の発展に貢献するところ大なるものがある。よって著者は、北海道大学博士 (工学) の学位を授与される資格あるものと認める。