

(続紙 1)

京都大学	博士（	情報 学）	氏名	久保 広行
論文題目	モバイルマルチキャストのための心理要因と物理要因の補償技術			
（論文内容の要旨） 近年の無線通信の発達，モバイル端末の性能向上に伴い，インターネットサービスの主役がモバイル環境に移行しつつある．またアプリケーションにおいても，映像などのリッチコンテンツの配信が成長著しい．コンテンツ配信においてはマルチキャスト技術が用いられるが，モバイルマルチキャストの実現には，通信帯域の制約・移動や電波状況に起因する通信の不安定性・バッテリー容量の制約など，モバイル環境ならではの課題が残されている．本論文は，モバイルマルチキャストにおいて解決すべき課題を，ユーザの心理要因と，ネットワーク帯域・バッテリー容量・通信の安定性などの物理要因に分け，それらを解決する方法について個別に論じている． 本論文は全5章から構成されている． 第1章は序論であり，モバイル通信技術の動向を説明するとともに，モバイルマルチキャスト技術の課題を整理し，本論文の位置づけ，概要について述べている． 第2章は，モバイルオーバレイマルチキャストにおいてユーザが心理的に感じるコストとそれを軽減する技術について論じている．オーバレイマルチキャストにおいては，ユーザ間で中継転送することによりコンテンツが配信されるが，ユーザ間のコンテンツ中継にあたっては，送信者に可用帯域・バッテリー残量・端末処理能力余裕の低下などのコストが発生する．中継する際には，受信ユーザが友人であれば低い心理コストで配信が行えることをエミュレーション実験から明らかにした．さらに，バッテリー容量の制約が厳しいモバイル環境において，友人同士といった人間関係を考慮したコンテンツ配信ツリーを構成することにより，サービスのライフタイムを延長でき，転送情報量などのサービス品質を向上できることを，マルチエージェントシミュレーションにより示している． 第3章と第4章は物理要因を扱っている． 第3章では，モバイル端末の通信の不安定性がモバイルオーバレイマルチキャストに与える影響について考察し，その不安定性を補償するオーバレイネットワークのトポロジ構築法を提案している．通信の安定性を，可用帯域・移動度・バッテリー残量など，安定性に影響を与える複数の評価尺度を用いて評価している．重回帰分析を用いた逐次的な統計処理によって多次元の評価指標を単一の指標に変換し，安定性の高い端末をオーバレイネットワークの上流に配置する構築法を提案している．多次元の評価指標を用いることにより，単一指標の場合に比べ，よりサービス品質を向上できる				

ことを示している．さらに，MDC符号(Multi Description Code)を適用し，配信ネットワークの下流ではメッシュ構造を併用する方法が，配信ネットワークの品質のロバスト性向上に有効であることを示しているほか，最適な制御周期・サービスの公平性などを分析している．

第4章は，複数の基地局が面的にサービスエリアをカバーするマルチセル環境を対象に，無線マルチキャストにおける受信誤りを補償する手法について論じている．無線マルチキャストは一回の通信で複数の端末にデータを配信できるものの，端末ごとの電波環境の相違から，受信に失敗した端末に対して再送信が必要となる．無線基地局からのデータ受信に失敗した一部の端末群に対して再送信を行う際に，基地局から再送信を繰り返す方法に比べ，受信に成功した端末から失敗した端末に向けて再送信を行う方法がルートダイバシティの面で優れることを示している．また，再送信のための伝送区間がエリア内で集約されるような再送信のためのエリアの再構成とチャネルシフトを考案し，受信誤りを効果的に補償することができることを，計算機シミュレーションにより示している．さらに，方式を実装する上で必要な，端末再送信のためのメディアアクセス制御プロトコルや，チャネルシフトを自律分散的に行うアルゴリズムなどの技術も検討している．

第5章は結論であり，本論文で得られた主要な成果について要約している．

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、モバイル環境でコンテンツ配信する際に用いられるモバイルマルチキャスト技術について、課題を物理要因と心理要因に分類し、それらの課題を解決する技術を論じている。得られた主な研究成果は次の通りである。

(1) ユーザが中継等の貢献行動を行うオーバレイマルチキャスト等のシステムでは、貢献行動を行う際に生じる心理コストによってサービスが成立しなくなることがある。本論文はエミュレーション実験によりユーザの心理コストが貢献を行う相手との関係に依存することを定量的に示している。また、友人関係にあるユーザ間で配信ツリーを構成することが、サービス品質の向上に寄与することを明らかにした。ユーザ間の関係により心理コストを低減する提案手法は、本論文で議論されているオーバレイマルチキャスト以外にも応用可能な技術であるといえる。また、人間関係に基づく心理コストの削減という着眼点は、従来通信分野で用いられていない新たな発想である。

(2) 移動や距離の制約により通信品質が不安定になるモバイル環境では、その不安定性によるサービス品質の劣化を補償する必要がある。モバイルでのコンテンツサービスが主流となりつつある近年においては重要な課題である。モバイルオーバレイマルチキャストシステムを対象にそのサービス品質の劣化を補償する技術を提案した。通信の安定性を、それに影響を与える多次元コンテキストに逐次的に統計処理を施すことで統一的な指標を計算し、通信の安定した端末をツリートポロジの上流に配置することでサービス品質を向上できることを明らかにした。また、MDC符号の適用や、配信ネットワークトポロジにおけるメッシュ構造の援用が品質のロバスト性向上に有用であることを示している。

(3) マルチセルの無線LAN環境においてコンテンツの受信ロスを他モバイル端末からの再送信により補償する方式を提案した。端末からの再送によるルートダイバシティ効果と、チャネルシフトによる再送区間の集約により性能向上が可能なことを示しているほか、実装に必要なメディアアクセスプロトコルや、自律分散的なチャネルシフトアルゴリズムも明らかにした。

以上要するに本論文は、将来のモバイルネットワークへの適用を前提として、オーバレイマルチキャストや無線マルチキャストの高品質化・高性能化に資する技術の検討を行い、モバイルネットワークの高度化や高品質化に有用ないくつかの知見を与えものであり、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士(情報学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成23年2月22日に実施した論文内容とそれに関連した口頭試問の結果合格と認めた。