

次世代モバイル通信ネットワークのトラフィック特性および構成法・制御法 (031103017)

Teletraffic Characterization, Configuration, and Control of the Next-Generation Mobile Communication Networks

小林 岳彦 東京電機大学 工学部
Takehiko Kobayashi, Tokyo Denki University

川島 幸之助 大坐島 智
Konosuke Kawashima Satoshi Ohzahata
東京農工大学 大学院共生科学技術研究部
Tokyo University of Agriculture and Technology

研究期間 平成 15 年度～平成 17 年度

概要

歩行者の移動軌跡実測データや代表的な鉄道路線の時刻表および駅の地理データから推定した鉄道車輛の移動データ等から、モバイル通信端末プラットフォームの移動特性を解明し、モデル化した。さらに、ネットワークシミュレータと組合せてモバイル通信ネットワークのトラフィック基本特性を予測するための端末移動シミュレータを開発した。端末の移動特性は、基地局におけるチャンネル占有時間やハンドオフ失敗率などに大きく影響する。特に、多数の端末が一緒に移動する鉄道に乗っている端末の影響を定量化し、その影響を緩和するために無線 LAN とセルラ通信ネットワークを統合したネットワークを評価した。さらに、アドホックネットワークとモバイルインターネットを組合せた環境での、よりよい通信環境を提供するためのユーザ誘導方式を提案し、評価を行った。

Abstract

Motion of communication terminal platforms (e.g. pedestrians, automobiles, and trains) was characterized and modeled based on measurements of pedestrians' loci and train motion estimated from railway timetables and geological database of stations of representative lines. Motion simulators for these platforms were developed to incorporate with a network simulator to predict basic teletraffic characteristics of mobile communication networks. Terminal mobility significantly affects the teletraffic characteristics such as channel occupancy time at base stations and handoff failure rates. Moreover, a control method and a mobility management protocol that considers a communication quality are developed, and a user guidance method in an environment that combines an ad hoc network and the mobile internet was proposed and evaluated.

1. まえがき

急増するマルチメディアトラフィックを収容可能なモバイル通信ネットワークを計画・設計・運用するためには、その通信トラフィックの特性を明確にすることが重要である。モバイルネットワークのトラフィック特性には端末の移動特性が強く影響するが、これまで端末の移動特性は必ずしもよくわかっていなかった。そこで、本研究に先立って解析された自動車に加えて、歩行者および鉄道車輛の移動特性を解明した。これらの端末プラットフォームをネットワークシミュレータ上で模擬することができる移動シミュレータを開発し、モバイル通信ネットワークのトラフィック基本特性の解明を進めた。さらに、無線 LAN 等のワイヤレスネットワークにマルチホップ性を加え、モバイル通信ネットワークとの融合により、より柔軟で拡張性のあるネットワーク環境を提供する方式を提案し、コンピュータシミュレーションによる評価を行った。

2. 研究内容及び成果

2.1 モバイル通信ネットワークのトラフィック特性の解明

(1) 端末プラットフォーム移動特性の解明とモデル化 歩行者移動軌跡の実測

これまでに、モバイル通信端末プラットフォームの代表例である自動車の移動軌跡を GPS を用いて実測し、その移動特性を解明してきた。現在では車載端末よりも携帯端末の方が圧倒的多数を占めていることから、人間そのもの

の移動特性を測定することが重要である。しかし、衛星からの電波が届かない屋内にいることの多い人間の場合、GPS による測位は難しい。そこで、自立航法測位システムとして 3 軸加速度センサ、地磁気センサおよび気圧センサを組み合わせたものを採用し、学生や勤労者、主婦など様々な職種、性別、生活シーンにおける 1 秒毎の移動軌跡データ(静止している時間を含む)を 1000 時間以上取得した。実データの一部を 2 次元トラス上に重ね書きした例を図 1 に示す。歩行者移動軌跡データの一部(個人情報保護の為、被験者の属性や緯度・経度データを除いた 1 秒毎の 3 次元座標データ)は Web で公開している。

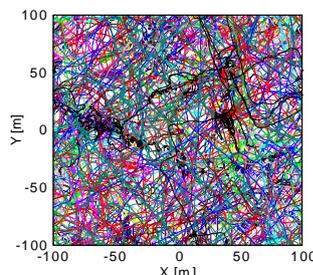


図 1 実移動軌跡データの例

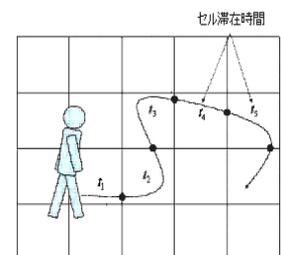


図 2 移動特性解析イメージ

• 仮想セルラシステム内における歩行者移動特性

図 2 に示すように、実測移動軌跡データ上に正方形セル形状の仮想セルラシステムをオーバレイし、移動特性を算出した。セル滞在時間分布などの特性は、六角形セルと正

方形セルとで違いがないことが確認されている。セルサイズによらず、セル滞在時間分布は対数正規分布で最もよく近似できること、また複雑系の特徴の一つである自己相似性が歩行者のセル滞在時間に現れることを発見した[1]。

● 移動シミュレータの開発

ネットワークシミュレータ上のセルラシステムの「通信セル」とは別個に「移動セル」を定義し、セル滞在時間分布とセル退出方向確率のパラメータを与えて、端末移動を定義する移動シミュレータを開発した。

● 鉄道車輛移動特性の推定とモデル化

鉄道は、多数の端末が同時に移動するプラットフォームであるため、例えばハンドオフが一斉に発生するなど、モバイル通信ネットワークのトラフィック特性に与える影響が大きい。時刻表データと駅の緯度・経度データを組み合わせることによって、駅での停車時間も考慮した1秒間隔の移動データの軌跡を算出し、モデル化した。

(2) 端末プラットフォームの移動特性を考慮したモバイル通信ネットワークのトラフィック特性

鉄道に乗っている端末群の影響を定量評価するとともに、鉄道に乗っている端末と歩行者が持ち歩く端末とが共存する場合のトラフィック特性(基地局におけるチャネル占有時間、新規呼ブロック率、およびハンドオフ失敗率)をシミュレーションによって明らかにした。ランダム性の強い動きをする歩行者の持つ端末と時刻表に従って動く鉄道に乗っている端末との移動特性の違いを反映して、鉄道線路や駅が存在しているセルと鉄道の通っていないセルとでは、チャネル占有時間分布が異なる。

さらに、鉄道車輦内に無線LANを設置して異種統合モバイル通信ネットワークを構成し、端末の一部ないし全部のトラフィックを収容できれば、ネットワーク全体の新規呼ブロック率を大きく改善し、トラフィック効率を改善できることを示した。

2.2 次世代モバイルネットワークの動的構成法および制御法

(1) 無線環境におけるTCP通信性能向上方式

無線リンクを有線リンクのような信頼性の高いリンクとして扱うために、MACの再送を活用し、LL-MAC間の端末内の再送を行えるようにした方式を提案した。さらに特定の packets が無駄に無線の帯域を消費しないようにするために、端末ごとにMAC層とLL層との間のキューを管理する。提案方式の有効性を確かめるため、コンピュータシミュレーションを行った。提案方式の有効性は確かめられたが、さらされ端末問題のために、IEEE802.11を用いたマルチホップアドホックネットワークでの通信品質は低いことが判明した[2]。

(2) 歩行者移動軌跡の測定、モデル化とアドホックルーティングプロトコル別通信品質への影響

アドホックネットワーク評価のための歩行者移動モデルの実測データによる検討を行った。市街地(東京吉祥寺)の歩行者の移動軌跡を自立航法測位システムを用いて測定した。実測した軌跡には誤差がある。チェックポイントと外部の時間を用いて移動軌跡を補正する手法を提案し、誤差を道幅程度に抑えることを可能とした。さらに実測データに基づき、歩行者で構成される環境での既存アドホックルーティングプロトコルの評価を行った。

(3) アドホックネットワークを用いたユーザ誘導プロトコルと性能評価

アドホックネットワークを利用したホットスポットへのユーザ誘導方式を提案した[3]。モバイル・アドホックネットワークでは大きなサイズのデータ転送の際に通信品

質の劣化が激しく、比較的小さなデータ転送のみが実用的といえるためである。(1)で述べた問題点をふまえ、ホットスポットの位置情報通知は1ホップ以下に制限する。ルーティングプロトコルとしてAODVを拡張したものを提案した。以下の手順によって、ユーザはホットスポットを見つけることができる。①ユーザが通信要求としてルートリクエストをホットスポットに向かってマルチキャストを用いて送信する。②ホットスポットがルートリクエストを受け取ると、位置情報とともにルートリプライを返す。③ユーザがルートリプライを受け取ると、ホットスポットまで移動し、通信を開始する。さらに提案方式では、ホットスポットの選択の際、負荷分散が可能となるようにした。コンピュータシミュレーションにより、提案方式の有効性を確認した。

3. むすび

本研究により、端末プラットフォーム(特に人間)の移動特性からモバイル通信ネットワークのトラフィック特性を推定・研究するという手法を確立できた。これにより、今後、実トラフィックデータを利用せずに、ネットワークの計画・設計・運営に必要なトラフィック基本特性を解明することが可能となる。また歩行者軌跡データが公表されている例はこれまでになく、Webで公開したデータの建築学、都市工学、社会学などさまざまな学問領域における利用が期待される。さらに、アドホックネットワークを用いてユーザをホットスポットに誘導することにより、ユーザの通信環境を改良する方式を提案・評価した。

【誌上发表】

- [1] Yuka Nagai and Takehiko Kobayashi, "Statistical characteristics of pedestrians' motion and effects on teletraffic of mobile communication networks," in *the Second IEEE and IFIP International Conference on Wireless and Optical Communications Networks (WOCN 2005)*, Dubai, United Arab Emirates, Mar. 6-8, 2005.
- [2] Satoshi Ohzahata, Shigetomo Kimura, Yoshihiko Ebihara, and Konosuke Kawashima, "A queue management method for improving TCP performance in wireless environments," in *Proc. IEEE Wireless Communications and Networking Conference 2004 (WCNC2004)*, Atlanta, USA, Mar. 21-25, 2004.
- [3] Satoshi Ohzahata and Konosuke Kawashima, "Basic throughput evaluation of wireless network employing user guidance to hotspot by advertising through ad hoc network," in *17th ITC Specialist Seminar*, Melbourne, Australia, May 11, 2006.

【申請特許】

- [1] 大坐昌智、川島幸之助、"携帯型無線端末機器," 特願2005055579、日本、平成17年3月1日

【受賞】

- [1] 大坐昌智、社団法人電子情報通信学会平成17年度学術奨励賞、平成18年3月25日

【ホームページによる情報提供】

- [1] 東京電機大学 <http://www.wsl.dendai.ac.jp>
小林研究室の研究概要紹介および主要な外部発表文献の紹介。本研究で取得した歩行者データの公開。
15,415 ヒット(他の研究課題を含む)
- [2] 東京農工大学 <http://www.k.cs.tuat.ac.jp>
川島研究室の研究内容概要、研究成果の公開。
学外からのアクセス2643 ヒット