

アドホックネットワーキングを適用したセルラシステムの 通信トラヒック特性に関する研究

田 中 哲 男*

A Study on Analysis of Communication Traffic Characteristics of a Cellular System Enhanced by Ad-hoc Networking

by Akio Tanaka

現在の移動通信系ではセルラ方式が用いられている。セルラ方式を用いる場合、多くの基地局がサービスエリアに設置され、各基地局がセルと呼ばれる勢力圏を構成する。あるセルに存在する端末が、そのセルを構成する基地局と通信を行うことにより、移動通信が可能となる。本論文は、セルラ方式にアドホックネットワーキング技術を導入することにより、セルラ方式の性能向上が可能であることを示す。

前述のセルラ方式には、様々な問題点があるが、本論文では代表的な二つの問題を考える。第一の問題は、利用できる周波数帯域が限られているため、加入者の増大による周波数帯域の不足という問題が生じていることである。第二は、セルラ方式ではセルによってサービスエリアの全領域が限なく被覆されることが前提となるが、実際にはビル影などに端末が入り、基地局と通信できない場所（デッドスポット）が存在し、デッドスポットに入った端末は通信を行えないという問題である。これらの問題を、アドホックネットワーキング技術により改善しようとするいくつかの試みがある。アドホックネットワーキングは、セルラ方式と異なり、端末だけでネットワークを構築し、端末同士の通信、他の端末のための中継を行うことを可能とするものである。

上記の問題を解決するため、この技術をセルラ方式に適用するための手法について検討がなされている。しかし、アドホックネットワーキングをセルラ方式に適用した場合に、上記の問題がどの程度解決されるのかについての評価は、ほとんどの場合シミュレーションによって検討されているだけである。本論文では、本質的なパラメータを選択して、系の呼損率を理論的に計算する手法について検討を行い、この手法を用いて上記の問題の改善程度を明らかにした。本論文の成果は、アドホックネットワークの設計理論体系の一部を構成するものである。本論文では、端末間直接通信機能あるいは端末による中継機能が適用されたセルラ方式を考えるが、このようなネットワーク形態を、アドホックセルラネットワークと称することにする。本論文では、二種類のアドホックセルラネットワークを議論する。

第一のアドホックセルラネットワークは、同一セルに存在する近接した端末間で、基地局の中継機能によらずに直接通信を許すネットワークである。第二は、セルラ方式において、デッドスポットに入ったために基地局との間で通信が行えない端末のために、他の近接した端末が中継して基地局と接続するネットワークである。

*新潟大学大学院自然科学研究科大学院生

現在 (株)東芝 デジタルメディアネットワーク社 コアテクノロジーセンター
[新潟大学博士(工学) 平成 14 年 9 月 30 日授与]

(1) 端末間直接通信を用いたセルラ方式

従来のセルラ方式では、同一セル内の端末同士の通信があるときには、基地局が中継するため、端末-基地局間で1チャンネル、基地局-端末間でもう1チャンネルが使われる。一方、端末間直接通信が可能である場合には、使われるチャンネルは1つだけである。つまり、端末間直接通信を行うことで周波数帯域を有効に利用できる可能性がある。

本論文では、このような直接通信が可能なネットワークにおける通信トラフィック特性を、幾何学的確率と多元トラフィックモデルを用いて理論的に計算する方法を与えた。いくつかの計算例によって、直接通信の導入で系の呼損率を三分の一程度に小さくできることを示した。

また、直接通信を行うことの有効性の指標を、この系が運ぶ呼量と従来のセルラネットワークが運ぶ呼量の比を用いて定義し、呼全体の中での同一セル内通信の割合を用いて、この指標を計算する手法を示した。端末間直接通信の運用に先立ってこのような評価を行う際に本提案手法は有効であると考えられる。

(2) デッドスポット問題への適用

ある端末がデッドスポットの中に在って、基地局と通信することができないとき、その端末の通信範囲内に在る別の端末がその通信の中継を行う方式の性能を検討した。

中継端末が1つだけ介在する場合を二段中継とよぶが、本論文では二段中継までを可能とした場合の系の呼損率を与える理論式を与えた。ここでもやはり幾何学的確率と多元トラフィックモデルを用いた。

計算例では、端末間の通信可能距離がセル半径の四分の一と比較的小さい場合でも、系の呼損率を数分の一に減少させることが可能であることを示した。

また、二段中継にとどまらず複数の端末が中継にかかわる多段中継を実現した場合の呼損率をシミュレーションによって評価し、多段の中継は二段中継に比べて必ずしも呼損率を改善しない場合があることを明らかにした。

謝辞：本研究を行うにあたり、主指導教官の仙石正和教授にご指導を賜った。