

# 移動体通信系における端末の移動と直接通信を考慮した 通信トラヒック解析に関する研究

榎 澤 辰 也\*

## A Study on Analysis of Communication Traffic Considering Mobility of Terminals and Direct Communication in a Mobile Communication System

by Tatsuya KABASAWA

初期の自動車電話のシステムは、大ゾーンのサービスエリアが用いられていたが、利用者の急増により、現在の移動通信系においては、サービスエリアを多数のセルに分割したセルラ方式が用いられている。セルラ方式では、各セルに基地局が設置され、セル内に存在する端末は、基地局と通信を行うことにより移動通信が可能となる。セルラ方式においては、様々な問題点があるが、本論文では、その中から代表的な2つの問題点として、端末の移動と直接通信を考慮した通信トラヒック特性を明らかにすることを目的とする。

セルラ方式において、端末が移動することによって通話中にセルの変更を行う場合がある。このセル変更のことをハンドオフという。端末がハンドオフすると、それまで通信を行っていたセルではチャンネルを開放し、ハンドオフした先のセルで新たにチャンネルの接続を要求する。このようなハンドオフ呼はハンドオフ先のセルではセル内生起呼の他に新たに生起呼とみなされるので、端末が移動しない場合と比較して呼の生起係数が増加すると考えられる。また、端末が移動しない場合と比較して、呼がハンド

オフする場合にはセル内における呼の平均保留時間が減少すると考えられる。以上の理由から、セルラ方式における移動体の移動を考慮した通信トラヒック特性の解析のためには、呼のハンドオフを考慮する必要がある。

セルラ方式においてサービスエリアは本来二次元状に分布しているが、二次元サービスエリアでは、移動体の移動方向等を特定することが難しく、ハンドオフを考慮した通信トラヒック特性を解析的に求めることは困難である。そこで、これまでは移動体の移動方向を特定できる高速道路のような一次元サービスエリアにおける解析が行われてきた。さらに従来は、一次元サービスエリアにおいて、セルに加わる呼量が一定である定常状態でのハンドオフを考慮した解析が行われてきた。しかし、実際には、セル内の移動体の密度は時間と共に変化し、セルに加わる呼量も時間的に変化するものと考えられる。本論文では一次元サービスエリアにおいて、事故や渋滞等の原因により、特定のセル内の移動体の密度が増加し、セルに加わる呼量が時間的に急激に変動する場合を想定して、回線の設計に有効な手段とな

---

\*新潟大学大学院自然科学研究科大学院生

現在 長岡工業高等専門学校 電気電子システム工学科  
[新潟大学博士(工学) 平成19年3月22日授与]

るように、移動体の動きを考慮した通信トラヒックの過渡特性の解析を理論的に行うことを目的とする。本論文ではまず単方向のハイウェイサービスエリアにおいて、呼量が時間的に変動するセルに関するハンドオフ確率を定式化し、状態方程式を解くことにより理論的に通信トラヒックの過渡特性を示した。また、計算機シミュレーションを行い、理論値とシミュレーション値を比較することによって、解析結果の妥当性を確認した。解析は呼量がステップ的と三角波的に変動する場合について行い、呼量の時間的変動から少し遅れて呼損率の時間的変動が起こることを示した。

次に、双方向のハイウェイサービスエリアにおいて移動を考慮した通信トラヒックの過渡特性の解析を行った。実際の高速道路のような帯状サービスエリアでは、移動体の移動方向が一方である場合は少なく、二車線の対面通行のサービスエリアが一般的である。これまでは、そのような双方向に移動体が移動する場合の通信トラヒックの理論的な解析は行われていない。そこで本論文では、解析モデルをより現実に近いようにするために、移動体の対面通行を想定した双方向の帯状サービスエリアにおける通信トラヒック特性の解析を行うことを目的とした。本論文では、一方の解析で用いられてきたハンドオフ確率や状態方程式を応用して、新たに双方向帯状サービスエリアにおけるハンドオフ確率を求めた。さらにハンドオフ確率を使って状態方程式を立てることにより通信トラヒック特性の解析を行った。解析は二車線に分かれているセル内において、片側の車線での呼量が時間的に変動する場合について、それぞれの車線での状態変数とハンドオフ確率を考慮した状態方程式を解くことによって行った。解析は呼量がステップ的と三角波的に変動する場合について行い、単方向サービスエリアと同様に呼量の時間的変動から少し遅れて呼損率の時間的変動が起こることを示した。

次に本論文では、直接通信を考慮した通信トラヒック特性の解析について行った。セルラ方式に端末間直接通信を併用することにより、通信トラヒック特性を改善する方法が提案されている。端末間直接通信を用いた通信システムでは必要とする回線数は1本であり、基地局を経由した従来のセルラ方式と比較して周波数資源を有効利用できる可能性がある。従来の研究では、セルラシステムにおいて端末間直接通信方式を導入によって周波数資源の

有効利用が図れることがシミュレーションを用いた解析により示されている。また従来の研究では、セルラ方式と端末間直接通信を併用したシステムにおける通信トラヒック特性の理論的な解析方法が提案されている。この解析方法では、二次元サービスエリアにおいて、端末はセル内に均一に分布しているということを前提としていたが、直接通信を行う端末間の距離が一定の値以下である必要があるということから、セル内に端末の分布に偏りがある場合には、直接通信が更に有効に働くことが予想される。実際面でも、ある種の作業を行う広域な場所において人やロボットが集まって作業する作業場所が点在するような状況において、基地局を配置すると同時に直接通信を適用する場合には、端末がセル内に偏るという状況が現れると考えられる。そこで本論文では、まず一次元セルを解析モデルとして端末の偏りを考慮した通信トラヒック特性の解析を行い、直接通信の有効性についての評価を行った。評価は端末の偏り方のいくつかの分布について直接通信が可能な確率を求めることにより行った。次に二次元サービスエリアにおいて、端末分布に偏りがある場合の通信トラヒック特性の解析を行った。解析の結果、端末分布の偏りの分布によって直接通信が有効に働く場合と働かない場合があることを示した。

さらに本論文では、直接通信を適用したセルラシステムにおける端末の移動を考慮した通信トラヒック特性の解析を行った。従来の研究では、通信を行う端末は移動しないものと仮定されて端末間直接通信の有効性についての解析が行われている。しかし実際の通信システムにおいては、通信を行う端末がお互いに電波の届かない距離に移動すると通信は強制終了となり、通信サービスの低下を招くと考えられる。従って、端末の移動を考慮した通信トラヒック特性の解析は重要な課題であると考えられる。また、端末の移動を考慮した解析がシミュレーションによって行われているが、これまで端末の移動を考慮した通信トラヒック特性の理論的な解析は行われていない。そこで本論文では、端末の移動が端末間直接通信を適用したセルラシステムにおける直接通信の有効性に与える影響について考察を行った。本論文ではまず端末の移動とセル内の呼の保留時間との関係を明らかにした。次にチャネル群で運ばれる呼量を理論的に求めることによって通信トラヒック特性の解析を行った。解析結果より、直接通信による性能向上は端末の移動に大きく影響されることを

示した。また端末が移動する環境では、直接通信による急激な性能の向上は常には期待できないことを示した。

謝辞：本研究を行うにあたり、主指導教員の仙石正和教授、ならびに中野敬介准教授にご指導を賜った。