

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Periodic Handover Skipping in Cellular Networks and Its Stochastic Geometry Analysis
著者(和文)	徳山喜一
Author(English)	Kiichi Tokuyama
出典(和文)	学位:博士(理学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第12655号, 授与年月日:2024年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:三好 直人,金森 敬文,高邊 賢史,中野 張,府川 和彦
Citation(English)	Degree:Doctor (Science), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第12655号, Conferred date:2024/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	徳山 喜一	
論文審査 審査員		氏名	職名	氏名	職名
	主査	三好 直人	教授	府川 和彦	教授
	審査員	金森 敬文	教授		
		高邊 賢史	准教授		
	中野 張	准教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、“Periodic Handover Skipping in Cellular Networks and Its Stochastic Geometry Analysis (セルラネットワークにおける周期的ハンドオーバー・スキップ方式とその確率幾何解析)”と題し、英文全5章により構成されている。近年、セルラネットワークにおける通信量需要の増大に対応するため、多くの基地局を高密度で配置することによりネットワーク全体の通信容量を大きくする超高密度ネットワークが注目されている。しかし、基地局が高密度で配置されると1つの基地局がカバーするセルが小さくなり、移動端末による基地局の切り替え(ハンドオーバー)が頻繁に行われることになる。ハンドオーバーの増加はシグナリングオーバーヘッドや通信切断リスクの増大に繋がるため、過剰なハンドオーバーはなるべく避けることが望まれる。一方、端末がハンドオーバーをしないまま移動すると、通信基地局との距離が遠くなり、データ伝送の劣化を招きかねない。すなわち、ハンドオーバーの抑制とデータ伝送の品質はトレードオフの関係にある。

本論文は、過剰なハンドオーバーを抑制するハンドオーバー制御方式として、周期的ハンドオーバー・スキップ方式を提案し、確率モデル解析により提案方式の性能評価ならびに最適化を行った研究成果をまとめたものである。確率モデルとしては、基地局の位置を2次元平面上の空間点過程によって表し、同じ平面上を端末が移動する確率幾何モデルを採用している。

第1章“Introduction”では、前半で本論文の基礎を成す空間点過程であるポアソン点過程とポアソン・クラスタ点過程について、定義と基本的な性質を紹介している。後半では、セルラネットワークにおけるハンドオーバーとデータ伝送との間のトレードオフ関係を説明し、本論文で提案する周期的ハンドオーバー・スキップ方式の概要を述べている。

第2章“Data Rate and Handover Rate Analyses of Periodic Handover Skipping in Homogeneous Networks”では、セルラネットワークの最も基本的な確率幾何モデルである同種の基地局が均質なポアソン点過程に従って配置されるモデルを対象にしている。提案方式に従いながら移動する1つの端末に着目し、その端末のハンドオーバー・レートと下りリンクのデータ伝送レートを数値計算可能な形で導出している。データ伝送レートについては数値計算にかなりの時間を要することから、数値計算が容易な下界および近似表現も導いている。さらに、ハンドオーバー・レートとデータ伝送レートのトレードオフ関係を表す効用関数を定義し、ハンドオーバー・スキップを行わない場合と比較して、特に移動体のスピードが速い場合に提案方式が良い効用を示すことを数値実験により確認している。

第3章“Optimal Skipping Period”では、第2章で定義した効用関数の値を局所的に最適化するスキップ周期が存在することを数値的に確認し、その最適スキップ周期の近似解を導出している。そして、数値実験により近似最適スキップ周期の性質や近似の妥当性を示すとともに、近似最適スキップ周期を採用した提案方式が、既存のハンドオーバー・スキップ方式よりも良い性能を示し得ることを明らかにしている。

第4章“An Extension to Heterogeneous Networks Using Poisson-Poisson Cluster Processes”では、第2章の結果を2種類の基地局を持つセルラネットワークに拡張している。一般のセルラネットワークでは、強い出力で広い範囲をカバーするマクロ基地局に加えて、人が多く需要の大きい

場所に小さい出力で狭い範囲をカバーするスモール基地局を集中して配置している．そこで本章では，マクロ基地局の配置を第2, 3章と同じ均質なポアソン点過程により表し，スモール基地局の配置を点がクラスタ状に配置される様子を表現できる定常ポアソン・クラスタ点過程により表したモデルを採用している．提案方式において，移動端末がマクロ基地局と通信している場合とスモール基地局と通信している場合とでスキップ周期が異なるものを考え，ハンドオーバ・レートならびに下りリンクのデータ伝送レートを近似的に導出している．また，数値実験を通して，提案方式の有用性ならびに近似の妥当性を確認している．

第5章“Conclusions”では，論文全体の結論として，第2, 3, 4章で示した主要な成果をまとめるとともに，無線ネットワークとその確率幾何モデル解析における今後の研究課題を述べている．

以上，本論文は移動端末を有するセルラネットワークに対して，1つのハンドオーバ制御方式を提案し，確率幾何モデルを用いた理論解析と数値実験を通して提案方式の性能評価および最適化を行ったものである．ここで得られた成果は，単にセルラネットワークにおける提案方式の有効性を示しただけでなく，無線ネットワークの性能評価における確率幾何解析の有用性を再確認するものであり，理論と応用の両面で貢献するところが大きい．よって本論文は博士（理学）の学位論文として十分な価値があるものと認める．

注意：「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。