

過渡流体近似法による移動無線パケット通信網の特性解析

著者	棕本 介士
雑誌名	静岡大学大学院電子科学研究科研究報告
巻	16
ページ	139-141
発行年	1995-03-28
出版者	静岡大学大学院電子科学研究科
URL	http://hdl.handle.net/10297/1270

氏名・(本籍)	棕 本 介 士 (静岡県)
学位の種類	博 士 (工 学)
学位記番号	工博乙第 50 号
学位授与の日付	平成 5 年 10 月 5 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 2 項該当
学位論文題目	過渡流体近似法による移動無線パケット通信網の特性解析

論文審査委員	(委員長)				
	教授	池 田 弘 明			
	教授	宮 川 達 夫	教授	堀 部 安 一	
	教授	市 川 朗	教授	福 田 明	

論 文 内 容 の 要 旨

本論文では、ランダムアクセス方式を用いた陸上移動無線パケット通信網において、端末の移動に関連して生じる2つの大きな問題、即ち伝送路状態の時間変動に関する問題とゾーン構成の通信網に関する問題を扱っている。これらの問題においては、システムの状態を正確に記述するために、各端末の動作状態に加えて、その位置状態をも考慮する必要がある。そのため、これらの問題の厳密な特性解析は極めて複雑なものとなる。そこで本論文では、そうした複雑なシステムの特性を比較的容易に解析することができる新しい解析手法（過渡流体近似解析）の開発も行っている。

過渡流体近似解析の説明は、スロット付きアロハシステムを例として行われる。ここでは、また、従来から知られているランダムアクセスシステムの代表的な解析手法、即ちS-G解析、マルコフ解析、及び平衡点解析の紹介が行われ、過渡流体近似解析との比較が行われる。過渡流体近似解析は、1スロット毎の平均的なシステム状態の変化を個々の端末の状態遷移確率行列を用いて漸近的に求めて行く手法であり、スループット、平均伝送遅れなどの定常特性は、漸近的に得られるシステム状態ベクトルの極限值を基に計算される。この極限值は、ランダムアクセスシステムの特性を考察する上で極めて重要な意味を持つ平衡点の1つと一致することが示され、過渡流体近似解析により得られる定常特性が平衡点を基にシステムの状態解析を行う平衡点解析による解析結果と一致することが明らかとなる。さらに、スロット付きアロハシステムの過渡特性が、この過渡流体近似解析を用いて求められる。この解析結果は、マルコフ解析による厳密な解析結果と比較され、近似誤差等の検討が行われる。その結果、過渡流体近似解析による解析結果はスロット付きアロハシステムの過渡特性をよく近似していることが示される。また、スロット付きアロハシステム以外のランダムアクセスシステムへの過渡

流体近似解析の適用例は付録で示されている。

この過渡流体近似解析を用いて、本論文では、次に、端末の移動により生じる各端末と局間の伝送路状態の時間変化がスロット付きアロハシステムの特性に与える影響を考察している。従来のこの種の研究では、各端末と局間の伝送路モデルとして、無記憶伝送路モデルが仮定されていた。しかし、端末の移動速度は、一般にパケット送信間隔に比べて緩慢であると考えられ、パケット送信時点毎の各端末の伝送路状態には、通常強い相関があるものと考えられる。そこで本論文では、そうした記憶のある伝送路の解析モデルとして、3つの極端な状態を持つマルコフ伝送路モデルを仮定して過渡流体近似解析による特性解析を行っている。この解析結果はシミュレーション結果と比較され、その有用性が確かめられる。また、シミュレーションを用いた考察により、平均が同じであれば各伝送路状態での滞在時間の分布形の違いはスループット特性に対してほとんど影響しないことが示される。ここでは、また、2つの特別な場合、即ち各端末と局間の伝送路状態としてシャドー状態と良好な状態のみを仮定した場合、及び各伝送路状態間の遷移確率が全て等しい場合、における時変伝送路の影響が解析され、その解析結果を基に伝送路状態の時間変化がシステム特性に与える基本的な影響が示される。また、そこで考察された特徴は、一般的な状況下でも存在することが示される。

次に、より現実的な伝送路上でのスロット付きアロハシステムの特性を考察するため、捕捉効果及び雑音による伝送誤りの影響を考慮した特性解析が行われる。ここでは、各端末から送信されたパケットの局における平均受信電力の大きさが、その端末の位置によって変化するものと仮定される。また、レイリーフェージングとガウス雑音の存在が仮定され、受信電力の違いによる捕捉効果、及び雑音による伝送誤りの影響を考慮して過渡流体近似解析が行われる。その結果、端末位置による受信電力の差が大きな場合ほど端末の移動速度の影響が顕著であり、移動速度が早くなるにつれてスループットが増加することなどが、定性的、定量的に示される。

最後に、端末の移動に関連したもう1つの重要な問題として、近年注目されているゾーン構成のスロット付きアロハシステムについて考察が行われる。ゾーン構成のランダムアクセスシステムは、比較的新しい研究分野であり、その基本的な特性の考察も十分には行われていない。そこでここでは、2つの基地局を持つスロット付きアロハシステムを例として、S-G解析による静特性解析、及び過渡流体近似解析による動特性解析を行い、端末の移動速度やゾーンの重なり具合がシステム特性に与える基本的な影響を考察する。

論文審査結果の要旨

本論文では、ランダムアクセス方式を用いた陸上移動無線パケット通信網の特性解析が行われている。この分野では、パケット衝突に起因するランダムアクセス方式特有の問題に加えて、次の2点が主要な課題となっている。即ち、伝送路状態の時間変動に関する問題と端末のゾーン間移動に関する問題である。しかし、そうした問題に対する従来の研究では、パケット送信時点毎の端末位置の従属性が考慮されておらず、端末の移動速度等の影響が不明確であった。本論文では、各端末の位置状態の変化をマルコフ連鎖で表すことにより、位置状態の従属性を考慮した特性解析が行われている。

各端末の状態として動作状態の他に位置状態を考慮した場合、システムの状態は多次元のベクトルとして表されることになる。そのため、従来の手法ではそうした複雑なシステムモデルの特性解析は困難であった。この論文では、過渡流体近似解析と呼ぶ新しい解析手法を提案し、近似解の導出を行っている。この過渡流体近似解析法は、システムの平均的な動きに着目して導出した漸化式を用いて数値解を求める巧妙な手法であるといえる。また、この解析手法は、従来の手法では解析が困難であったランダムアクセス方式の過渡特性の解析にも利用できるという特長を持っている。この解析手法の開発も本論文の大きな成果の一つといえる。

本論文は、6章からなる。第1章では、本論文の目的と構成が示され、加えて論文の背景となる基礎知識が簡明に紹介されている。

第2章では、従来から知られているランダムアクセスシステムの代表的な解析法（S-G解析、マルコフ解析、平衡点解析）及び過渡流体近似法が、スロット付きアロハシステムを具体例として簡明に示されている。

第3章及び第4章では、各移動端末と基地局間の伝送路は、端末の移動に伴って変化する時変伝送路であるという点に着目し、その影響を考慮した特性解析がスロット付きアロハシステムに対して行われている。

第5章では、ゾーン構成のスロット付きアロハ方式の特性解析を行っている。ここでは、端末のゾーン間移動速度やゾーンの重なり具合、トラヒックの偏りなどがシステム特性に与える基本的な影響が考察されている。

第6章では、本研究のまとめが述べられている。

以上の様に、本論文では、スロット付きアロハシステムにおける移動端末の影響が様々な角度から具体的に考察され、システム設計時に有用な数多くの成果が得られている。また、問題設定、解析法などが新規性に富み、今後のこの方面の研究に大きな影響を与えるものとしても高く評価できる。よって、本論文は、博士（工学）の学位を授与するに十分な内容を持つものであると認める。