

内 93-22

早稲田大学大学院理工学研究科

2036

博 士 論 文 概 要

論 文 題 目

無線回線を用いたシステムにおける
回線制御と基地局配置の研究

申 請 者

武 啓 二 郎

Keijiro Take

電気工学専攻 情報通信網研究指導

平成 5 年 12 月

衛星回線の特徴である同報性・多元接続性・広帯域性・広域性・回線設定の容易さを活かして、通信衛星のトランスポンダ1本の帯域幅程度で、音声、映像、蓄積メディアといった多種のメディアを伝送することが可能となれば有用なシステムを構築することができるが、VSATのようなごく小型のアンテナを用いる場合、子局間の通信はダブルホップによる通信リンクの確立という手段が主流である。このとき、伝搬遅延がシングルホップの約2倍となるが、大量の蓄積系メディアの伝送は遅延に対して緩い品質を持つ呼となるため、小型の地球局を用いたダブルホップ回線で伝搬遅延が2倍となっても充分対応できると考えられる。また、映像放送は制御局からの伝送が中心となることが予想されるため、シングルホップで提供できる。これらのメディア以外については、ダブルホップで対応しなくてはならないが、すべてのメディアを共通フォーマットの packets による伝送を行えば、制御局からの Outbound 回線については制御局での多重化効果を期待でき、その上、蓄積系メディアのバッファリングによる平滑化効果も期待できることとなる。そこで、本論文では、小型地球局(端末局)と制御局のスター型ネットワークにおいて、通信衛星のトランスポンダ1本程度の帯域幅を用いて、映像を含めた各種メディアをその要求品質を満たした上で、統合して伝送するための回線制御方式を提示することを目的とする。

一方、デジタル方式自動車電話システムでは加入者数の増大に対処するため、無線ゾーンをセル状に配置したマイクロセル化が図られている。また、道路交通情報通信システムにおいても、各移動体(自動車)の位置情報の提供を目的とし、極小ゾーンを間欠的に配置し簡易なデータ通信を可能としている。ここで、移動体、特に自動車を対象としユーザの利便性を考えたとき、自動車を運転している状況では蓄積型の情報サービス、すなわち音声メッセージや地図・道路情報などのナビゲーション情報などは電話サービスと同等の価値を有するものと考えられる。このような状況の下で、上記の2種のデジタル移動体通信方式において音声メッセージや静止画像等の通信という観点に立つと、前者は移動体が通信中に無線ゾーン間を移行する場合、回線を瞬断することなく、切り換える技術が必要となり、後者は packets の伝送中に移動体が無線ゾーンを出てしまうという問題が生じる。これらの問題に対して双方ともいくつかの検討はなされているが、後者の無線 packets 通信のスループット解析等の検討において、極小無線ゾーンを対象とした検討が十分になされているとは言えない。そこで、自動車に対して主にメッセージ通信を提供するための、極小無線ゾーンを間欠的に配置した移動体 packets 通信システムにおける回線利用効率の評価と無線基地局配置手法について論じる。

また、コードレス電話システムや構内無線システムにおけるマイクロセル化、更にはピコセル化への検討がなされており、その中でも構内や建物内の電波伝搬特性に関する調査・推定法の検討は重要な位置を占めている、しかし、屋内の電波伝搬

特性は建物の材質の違いや構造に依存する部分が多いうえ、可動物体の移動等により電波伝搬特性は地理的に、時間的に変化するため、厳密な特性の把握は困難であると考えられる。更に、マイクロセル化・ピコセル化により多数の無線基地局を配置する必要がある、不確定な電波伝搬特性下では、効率良く無線基地局を配置するのは困難である。このため無線基地局配置を行なった後、電波不感地帯が検出され無線基地局を追加したり、逆に電波が届きすぎて予想外の干渉を起こしていたり、トラフィック増加によるセルの細分化が行なわれるといった状況が起こる。また、建物内においてはレイアウトの変更も予想され、ネットワークの柔軟な対応が必要である。この問題の一つの解決手法として移動局が中継局の役割を果たすという手法が考えられる。そこで、不感帯が存在するという条件下で不感帯に在圏する移動局に対して、その近傍に存在する移動局を中継して回線を設定する手法について論じる。

以上述べたように、本論文では、周波数資源を時間的に有効利用を行なうための衛星回線制御技術と移動体通信における空間的な有効利用を図る無線基地局配置方式、及び配置された無線基地局を有効に利用する手法を明らかにすることを目的とする。本論文は6章からなる。

第1章は序論であり、本研究の背景、目的、論文の概要について記している。

第2章では、許容品質の異なる各種メディアを衛星回線で伝送する場合に、メディア対応で伝送形態を変えることで衛星回線の時間的な有効利用を図る方式について述べる。まず、ユーザが直接衛星回線にアクセスできるシステムを対象とし、端末局は小型の地球局としている。また、使用する衛星回線は通信衛星のトランスポンダ1本程度の帯域幅とし、無線アクセス方式としては TDMA 方式を用いる。ここで、伝送するメディアの種類に関わらず共通のフォーマットを持つ packets を用い、すべての packets は制御局を介したダブルホップの回線を提供する形態をとる。受信端末局はすべての packets を受信し、packets ヘッダから自局宛の packets のみを選択することにより、Outbound 回線に関しては、制御局において多重化効果を得ることができる。一方、Inbound 回線では、各端末局に対して要求品質に対応した数の送信スロットを制御局から指定する。これら制御局での各種メディアに対する呼の受付方式について論じ、更に、遅延品質に対して制限の緩い蓄積系メディアの伝送を工夫することにより、多重化効果を向上する帯域の割当法について述べ、シミュレーションにより評価している。

第3章では、自動車を対象に主にメッセージ通信を提供するために、無線ゾーンを道路上に離散的に配置し、各種情報を packets 化して伝送するシステムにおける回線利用効率について論じる。まず、音声メッセージや画像情報、ナビゲーション情報等の蓄積系メディアを中心としたサービスを共通フォーマットの packets により無線基地局との間で通信する離散配置極小ゾーン移動体 packets 通信システムを

提案し、その概要を説明する。次に、このシステムにおけるパケット転送方式として、送信パケットを有する移動体は、無線基地局からの下り回線の電界強度から無線ゾーンへの到着を判断し、パケットの送信を行なう。また、広いエリアを覆う放送型呼び出し回線により移動体に着信パケットの存在を通知し、通過無線ゾーンの無線基地局から当該パケットの着信を受ける。これにより、無線ゾーン間を十分に離して配置できた場合は使用周波数が送受信用双方向と呼び出し用回線の3波でよく、各移動体の位置登録を必要としないという特徴を持つ。また、単一の無線ゾーンで複数のパケットの送受信が完了しない場合、このシステムでは半径数十 m 程度の無線ゾーンを道路上に配置しているので、移動体はパケットを無線ゾーン通過時に順次送受信することを可能とする。次に、極小ゾーンを離散的に配置するため無線ゾーン内に移動体の滞在する時間が無線ゾーン、及び移動体毎に異なるので、この無線ゾーン内滞在時間とスループット、及び送信完了率との関係を示し、シミュレーションにより特性評価を行なっている。

第4章では、第3章で述べた離散配置極小ゾーン移動体パケット通信システムにおける無線基地局配置手法について論じている。このシステムは主に道路網上を移動する自動車を対象とし、無線ゾーン(無線基地局)を離散的に配置し周波数資源の有効利用を図っているが、システムの効率性は局所的なトラフィックの偏りや移動体の移動形態に影響を受けるため、無線ゾーンの配置位置及びその数に大きく依存してしまうという特徴を持つ。そのため、交通工学で用いられている交通流シミュレータを移動体通信に応用したシミュレータにより、自動車の移動形態を実現し、実際の道路網に近いモデルで各無線ゾーンにかかるトラフィック、及び各無線ゾーンで処理可能なトラフィック等を算出し、その算出値と単一无線ゾーンでの伝送効率とを比較し、伝送効率の悪い無線ゾーンを削除することにより、無線ゾーンを道路網上に配置する手法を示し、その結果に対して考察している。

第5章では、構内無線システムにおける周波数配置の考え方を提示し、それに基づき無線基地局の配置が行なわれたのち、通信可能な無線ゾーンが複雑な形状をとることにより生じる通信ゾーンの不整合、すなわち通信不能エリアが存在した場合の対処法について論じている。まず、構内無線システムにおける周波数配置に関して考慮すべき項目を挙げ、それを用いた周波数配置を行なう。次に、無線基地局が配置された状態で不感帯が存在する場合、無線基地局のカバーする領域外に位置する移動局に対して、中継機能を持つ移動局によって中継を行ない周辺の無線基地局まで接続する方法を明らかにする。この方法においては、通信不能エリアの存在が許容される点が大きな特長であるが、移動局が近傍に存在しないとき中継ができずに通信リンクが確立できないという問題がある。そこで、無線基地局間の距離と移動局数に対してリンクが確立できる確率により評価している。

第6章は結論であり本論文を総括している。