

外 92-38

早稲田大学大学院理工学研究科

博 士 論 文 概 要

論 文 題 目

移動通信および衛星通信
における回線切替制御

申 請 者

薮 崎 正 実

M a s a m i Y a b u s a k i

平成 4 年 11 月

本論文では、Time Division Multiple Access (TDMA) 方式を採用し、呼毎にチャンネルを割り付ける回線交換タイプのデジタル移動通信／衛星通信システムにおいて、時間的に無線資源を有効利用するための回線切替技術について検討している。TDMA方式は、同一周波数のチャンネルを複数局が時分割して使用する多元接続方式である。本論文の主題である“回線切替制御”とは、①通信中の呼の品質を維持し、通信を継続するためにその呼自身の使用するチャンネルを切り替えるチャンネル切替制御、および②新規の呼に空きチャンネルを割り付けるために、通信中の他の呼に対してチャンネルを割り付けしなおすチャンネル再割付制御、に大別できる。チャンネル切替制御は、小ゾーン構成の移動通信システムにおいて、移動機が無線ゾーンを移行する場合に通信を継続するために必要な技術である。また、TDMA方式では、新規の呼が生じた時に、必要な容量の空きチャンネルが存在しているにも関わらず、各局の小型・経済化等によるチャンネル割付制限のためにチャンネルを割り付けられない“チャンネル不整合状態”を生ずる場合がある。チャンネル再割付制御は、このチャンネル不整合状態を取り除くことにより新規呼にチャンネルを割り付けるために必要な技術である。チャンネル再割付制御は、交換機における多段スイッチの内部閉塞を除去するための通話パス切替制御と類似しており、その分野の研究に関しては1960年代頃から現在まで種々の報告があるが、TDMAシステムにおけるチャンネル再割付問題に取り組み、そのトラヒック特性に関して十分な解析が行われた例は見当たらない。

本論文は、TDMA移動通信および衛星通信における回線切替制御法の確立と、そのトラヒック特性の解明に関する著者の一連の研究成果をまとめたものであり、以下に各章の概要を述べる。

第1章は序論である。

第2章では、TDMA移動通信において、8 kbit/s程度のフルレート音声符号化方式および4 kbit/s程度のハーフレート音声符号化方式をもつ2種の音声呼に対して効率的にTDMAチャンネルを割り付けるためのチャンネル再割付制御方式について述べる。フルレート音声呼はTDMAチャンネルを2チャンネル必要とし、かつ、その2チャンネルは同一キャリア周波数の各サブフレーム内の同一タイムスロット位置でなければならない、といったチャンネル割付上の制限を有する。ハーフレート音声呼は、1 TDMAチャンネルのみ必要であるため、任意の空きチャンネルを使用することが可能である。TDMAチャンネルの効率使用のためには、無線ゾーン内の全TDMAチャンネルをこの2種類の音声呼が自由に混在して使用できるようにする必要がある。この混在チャンネル割付法を用いた場合には、無線ゾーン内に空きチャンネルが2チャンネル以上存在してもフルレート音声呼にその空きチャンネルを割り付けられないといった“チャンネル不整合状態”を生ずる。そこで、第2章では、通信中のハーフレート音声呼に対するチャンネル再割付制御方式を提案する。また、チャンネル再割付

が必要となる確率の理論式を導出し、数値例を用いてトラヒック能力を評価する。

第3章では、TDMA移動通信において、移動機が無線ゾーンを移行する場合に通信を瞬断することなくチャンネルを切り替えるためのチャンネル切替制御方式について述べる。移動機は安価・軽量のために、1送受信装置のみ持つという装置構成上の制約を有する。そこで、第3章では、通信を継続しているタイムスロット以外の時間範囲に切替先のキャリアにおいてTDMAバースト同期をとることにより、TDMAチャンネルの無瞬断切替を行う方式を提案する。このTDMAチャンネル切替方式では、切替先のキャリアにおいて、切替前に使用しているチャンネルと同一時間範囲にしか空きチャンネルが存在しない場合には無瞬断切替を行なえない、といった“チャンネル不整合状態”を生ずる。そこで、第3章では、切替先のキャリアにおいて他の通信中呼に対してチャンネルを再割付することにより、無瞬断チャンネル切替を行なう制御方式を提案する。また、チャンネル再割付が必要となる確率の理論式を導出し、トラヒックシミュレーション結果と比較評価する。次に、第3章では、チャンネル切替前後の基地局と交換局間の有線区間において伝送遅延差を呼毎に調整し、各基地局と交換局をマルチ接続することにより、有線チャンネルの無瞬断切替を行う方式を提案する。また、瞬断確率等の方式特性について理論解析し、数値例により方式能力を評価する。さらに、交換局内において時分割に複数呼に対して有線チャンネルの無瞬断切替制御を実現する装置構成法について述べる。また、第3章では、これらのチャンネル切替制御方式を実現するために、全基地局と全交換局間のTDMAフレーム同期方式とその同期網構築法を提案し、その同期精度を評価する。

第4章では、Multiple-Carrier-Hopping (MCH) TDMA衛星通信におけるチャンネル再割付制御方式について述べる。MCH-TDMAでは、各地球局は各タイムスロットにおいていずれかのキャリア周波数の1チャンネルのみ送信および受信に使用できるといったチャンネル割付上の制限がある。第4章では、送信側、受信側共にキャリアホッピング可能とするMCH-TDMA、および、送信側では特定の1キャリアのみをアクセスし、受信側においてのみキャリアホッピングを行う、単キャリア送信・複キャリアホッピング受信(Tx-SC/Rx-MCH)TDMAを対象とする。

MCH-TDMAでは、新規呼が生じた時に、空きチャンネルが存在し、その送信局および受信局の使用チャンネル総数が共にタイムスロット数未満であるにもかかわらずチャンネルを割り付けられない、といった“チャンネル不整合状態”を生ずる。第4章では、まず、MCH-TDMAにおけるチャンネル再割付問題の位置付けを明らかにするために、交換機多段スイッチ網における再配置問題とのアナロジーについて考察する。次に、“時間重複の鎖”という概念を導入し、MCH-TDMAにおけるチャンネル再割付の各種性質について考察する。そして、2または3タイムスロット範囲のチャンネルを再割付することによりいかなるチャンネル不整合状態をも取

り除くことを可能とするチャネル再割付アルゴリズムを提案し、その計算の複雑さについて考案する。さらに、MCH-TDMAにおけるチャネル割付状態確率および呼損率の厳密式を導出すると共に、シュミレーションによって呼損率の要因とその影響度、チャネル再割付の効果、アルゴリズムの演算時間等を評価する。

一方、Tx-SC/Rx-MCH TDMAでは、新規呼が生起した時に送信局に予め割り当てられているキャリア周波数において空きチャネルが存在し、その送信局および受信局の使用チャネル総数が共にタイムスロット数未満であるにもかかわらずチャネルを割り付けられない、といった”チャネル不整合状態”を生ずる。第4章では、このTx-SC/Rx-MCH TDMA構成が3段スイッチと論理的に等価であり、これまでに提案されている3段スイッチ再配置アルゴリズムが適用可能であることを示す。

第5章では、衛星搭載Baseband(BB)スイッチを用いた Satellite-Switched (SS-TDMA) 通信におけるバースト再配置制御方式について述べる。このSS-TDMA方式では、各地球局からの通信データを1バーストにまとめて送出する構成をとれば1フレーム内でバースト同期に必要なプリアンプルやガードタイム等のオーバーヘッドはビーム内に収容される地球局数に等しくなり、最大のフレーム効率が得られる。しかし、各地球局のバースト内のチャネル数を固定的に配分した場合、ある地球局で新規の呼が生起した時に、1TDMAフレーム内には十分な容量の空きチャネルが存在するにもかかわらず、自局のバースト内には空きチャネルがないためにチャネルを割り付けられない、といった”チャネル不整合状態”を生じる。第5章では、このチャネル不整合が生じた都度、各地球局のバースト内のチャネル数および通信中チャネル位置の変更を行うバースト再配置制御方式について検討する。なお、この可変バースト構成をVariable-Channel-Per-Burst (VCPB) と呼ぶ。このバースト再配置を行うと各通信中呼のチャネル位置が変更されるため、BBスイッチに無瞬断チャネル再割付を可能とする機能が必要である。第5章では、まず、VCPBと他のバースト構成をフレーム効率およびチャネル使用効率の観点から比較評価し、VCPBの適用領域について考察する。次に、バースト再配置制御実行手順について述べる。また、バースト再配置が必要となる確率の近似式を導出し、各バースト再配置アルゴリズムを用いた場合のチャネル使用効率をシミュレーションにより比較評価する。次に、無瞬断チャネル再割付を可能とするBBスイッチ通話路構成としてシングルバッファ型T一段構成を提案し、その通話パス制御法について述べる。また、BBスイッチの高信頼化のための障害検出訂正法について述べる。特に、宇宙上の重粒子等の放射線によるメモリのソフトウェアに対する誤り検出訂正方法について検討し、その誤り発生頻度を評価する。

第6章は結論であり、本論文で示した研究成果を要約すると共に、今後の課題について簡単に述べる。