

大容量移動通信方式用移動機構成技術*

結 城 主 央 巳
ト 部 周 二
小 林 勝 美
永 田 清 人

あらまし 次期の大容量移動通信方式用移動機は、加入者容量を増大し、制御機能の高度化とサービス性の向上のために、無線チャネルの狭帯域化、ダイバーシチ受信、高速制御信号伝送、通話中制御信号伝送、送信出力制御、同一チャネル 干渉検出等の新機能に加えて、現行の 800 MHz 帯自動車電話方式に接続できる機能を有する。一方、移動機は自動車内で用いられること、また、ショルダホンのように車から取り出し携帯して使用する形態もあることから、移動機を構成する基本技術としては多くの機能を集約し回路の共用化を図って移動機を小型化、経済化するとともに低消費電力化の技術を確立することが重要である。

本論文は、大容量移動通信方式用移動機の基本構成技術として確立した小型化、経済化、低消費電力化を図るため移動機各回路の機能分担と回路共用化、移動機間欠動作について述べる。

1 ま え が き

次期 NTT 大容量 移動 通信 方式では、現行の NTT 自動車電話方式に比べて加入者容量の大幅な増大を達成するため、無線チャネルの狭帯域化やダイバーシチ受信等の新技術を確立し、さらに、種々の新機能を取り入れている⁽¹⁾。この大容量移動通信方式に用いる移動機はこれらの新機能に加えて、現行の自動車電話方式とのコンパチビリティを保つため現行方式基地局との接続機能も有することが要求される⁽²⁾。一方、移動機は自動車内で用いられること、また、ショルダホン⁽³⁾のように車から取り出し携帯して使用もできることから、移動機を構成する基本技術としては、多くの機能を集約し回

路の共用化を図って 移動機を小型化、経済化するとともに低消費電力化の技術を確立することが重要である。

本論文は、大容量 移動 通信方式用移動機の基本構成技術として確立した小型化、経済化、低消費電力化を図るため 移動機各回路の 機能分担と回路共用化、移動機間欠動作について述べる。

2 移動機の諸元

本移動機は、大容量移動通信方式の機能とともに現行の自動車電話システムに接続できる機能を具備することが要求される。表 1 は移動機の主要諸元であり、ダイバーシチ受信、干渉検出、多段送信出力制御、通話中制御信号伝送等の新しい機能とともに、チャネル間隔、制御信号伝送速度等が異なる現行自動車電話方式への接続機能を有している。このように複雑化した機能を一層の経済化、小型化、低消費電力化を図りつつ実現するためには、移動機のハードウェア、ソフトウェアの機能分担を最適化する必要があり、回路の共用化によって 移動機構成の簡易化を図るとともに、必要時以外には各回路の電源を投入しない 移動機間欠動作技

* Design Considerations for Mobile Radio Units Used in High-Capacity Land Mobile Communication System. By Shuomi YUKI, Shuui URABE, Katsumi KOBAYASHI and Kiyohito NAGATA.
この研究は移動通信装置研究室で行われたものである。

表 1 大容量移動通信方式用移動機の主要諸元

諸 元	大容量移動通信方式 基地局接続時	現行自動車電話方式 基地局接続時
送信周波数	900 MHz 帯	
受信周波数	800 MHz 帯	
チャンネル間隔	12.5 kHz	25 kHz
送信出力	1 W	5 W
送信出力制御	4 dB 7 段	15 dB 1 段
ダイバーシチ受信	復調後切り替え方式	無
干渉検出	包絡線ビート検出	無
制御信号	主制御信号	2400 b/s
	通話中制御信号	100 b/s
		無

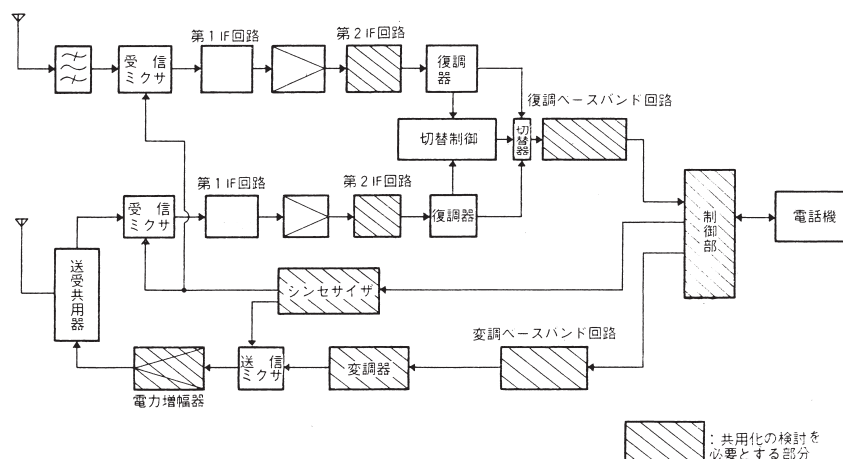


図 1 移動機の構成

術の確立が重要である。

3 移動機の構成技術

3.1 機能分担と回路共用化技術

3.1.1 回路共用化技術

図 1 に移動機の構成を示す。図中斜線部分（制御部、電力増幅器、周波数シンセサイザ、変調器、変復調ベースバンド回路、受信第 2 IF 回路）は共用化のために新たに検討を必要とする部分である。

以下各々について述べる。

- ① 制御部は 2 方式に共用できるように制御シーケンスソフトのモジュール化を図った。
- ② 電力増幅器は送信出力制御機能を利用して 2 方式で共用した。
- ③ 周波数シンセサイザは合成する周波数間隔を現行の 25 kHz から 12.5 kHz とする必要があるが、整数分の 1 であるため共用化に対する問題点は本質的にはなく、位相同期ループのループ・フィルタを若干変更して構成した⁽⁴⁾。
- ④ 変調器は大容量方式接続時の通話中制御信

号伝送のため、低域まで変調可能とするようにして共用化を図った。

⑤ 変復調ベースバンド回路においては、音声信号、高速制御信号 (2400 bps スプリットフェーズ (SP) 符号)、通話中制御信号 (100 bps SP 符号)、現行方式用制御信号 (300 bps SP 符号) の4種類のフィルタが必要であるが、制御信号用の3つの低域通過フィルタ(LPF)を1つのスイッチト・キャパシタ・フィルタ(SCF)で共用化し小型化を図った⁽⁵⁾。

⑥ 受信第2 IF 回路においては、通過帯域 15 kHz 以上の現行方式用 IF 回路と 8 kHz 以上の大容量方式用 IF 回路とを、遅延平坦化したフィルタを採用することにより共用化した⁽⁶⁾。

3.1.2 制御部ハード・ソフト機能分担

大容量方式用移動機では低消費電力化のため、各回路の動作電流の低減に加えて、間欠受信の適用を検討している。間欠受信は待受時に移動機無線部の電源を ON/OFF することによって、移動機の省電力化を図るものであるが、この間移動機制御部は常に動作しているため、間欠受信によって移動機の消費電流低減効果を上げるには移動機制御部の低消費電力化が重要となる。

移動機制御部の低消費電力化は、IC、LSI を全て CMOS 化することによってある程度達成されるが、さらに、低消費電力化を達成させるには CPU の処理不要時に動作クロックの供給を停止させる CPU のスタンバイ・モードの利用が有効である。

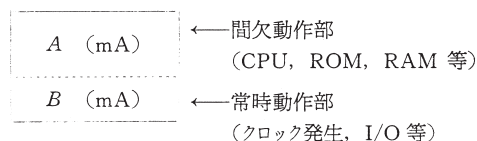
(1) CPU のスタンバイ・モード

CMOS CPU は通常、動作モードとスタンバイ・モードを有し、スタンバイ・モードはソフト命令 (HALT 等) によって開始され、割込み・リセット入力により解除される。スタンバイ時は外部クロックの供給が停止され、処理は停止するが、CPU の消費電流は大幅に低減する。また、このときメモリへのアクセスも行われないのでメモリの消費電流も大幅に低減する。この機能を利用し、処理必要時には CPU を動作モードに、処理終了時にはスタンバイ・モードにするというように CPU を間欠的に動作させれば、大幅な消費電流の低減が期待できる。

(2) 適用条件

表 2 CPU 間欠動作の適用条件

No.	適用条件
1	CPU スタンバイ時は処理を停止するので、常時必要とされる処理 (例えば、端末機ポートの監視、データ受信、受信レベル検出等) は CPU の外部で処理する。
2	外部での処理終了は割込みによって CPU に通知し、CPU からのポーリングによって事象生起を検知する方法をとらない。
3	CPU のソフトウェアは処理不要時には HALT 命令を発行する機能を有する。



スタンバイ比率 η

平均消費電流 $I = A(1 - \eta) + B$

図 2 制御部の消費電流モデル

CPU 間欠動作を制御部へ適用するためには、ハードウェアおよびソフトウェア構成面で表2の条件が要求される。制御部は主に基地局とデータ送受信を行い、処理結果に基づく判断によってシーケンスを進めて行く。判断する部分は中枢である CPU が管理するが、その判断に必須な処理はできるだけ CPU の外部で行い、処理終了時点で割込みによって通知してもらう構成とした。

(3) 平均消費電流

制御部は図2に示すように、常時動作している部分 (消費電流 B) と間欠動作している部分 (動作時の消費電流 A) に分けられる。制御部全体の平均消費電流 I は $I = (1 - \eta)A + B$ で与えられる。 η はスタンバイ比率で、全動作時間に占めるスタンバイ時間の割合である。I を低減させるには B の値を低くし、かつ η の向上を図ることが重要となる。

(4) スタンバイ比率を上げる処理分担法

(a) データ送受信のように CPU で処理すると高速な動作クロック (数 MHz) が必要となり、消費電流の増加を招く処理はハードウェアで処理して低消費電力化を図る。ハードウェアは CMOS ゲートアレイ等によって実

表 3 処理分担

処理分担	適用領域	処 理 項 目
メイン CPU	時々必要な複雑な処理	送信データの生成 受信データの BCH 復号
サブ CPU	常時必要かつ複雑な処理	受信レベル検出 干渉検出
ハードウェア	常時必要かつ高速の処理	データ受信処理 スタート信号検出, 空線検出 SP 形式破壊検出・カウント SP 復号, 受信バッファ (FIFO) データ送信処理 送信バッファ (FIFO) タイマ トーン発生

現されるが, その消費電流は動作クロックがデータ速度 (数 kHz) となるので, 1 ~ 2 mA 程度と予想される。

(b) 受信レベル検出のように高速性は要求されないが複雑な処理の場合はサブ CPU によって処理する。サブ CPU としては動作時の消費電力の少ない4ビット CPU が適している。表3に処理分担法と具体的な適用領域を示す。

(5) 制御部構成

表3の処理分担に基づく制御部構成例を図3に示す。CPU, ROM, RAM, I/O, サブ CPU, ハード処理部 (データ送受信処理, タイマ, トーン発生) および処理終了を CPU に通知する割り込みコントローラ等から構成される。CPU の間欠動作によって消費電力が低減するのは CPU, ROM, RAM である。現行自動車電話方式の制御信号を受信した場合のスタンバイ比率は約 0.98⁽⁷⁾ であり, その他の処理を含めてもスタンバイ比率 0.9 以上とすれば, CPU, ROM, RAM がそれぞれ動作時 10 mA の電流を消費しても, 平均 3 mA の消費電流となり, 大幅な低消費電力化が可能となる。

3.2 間欠動作技術

3.2.1 間欠動作方式

図4に大容量移動通信方式移動機の内の間欠動作部分を示す。間欠動作としては, (1) 送信系 (VOX

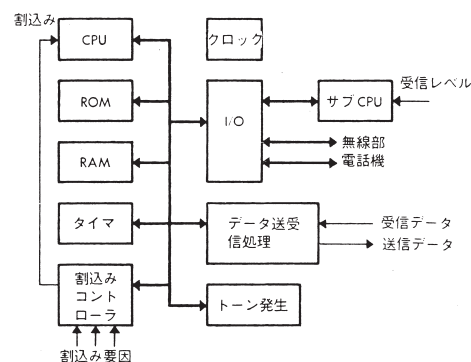


図 3 制御部構成

等)で行う場合と, (2) 受信系 (間欠受信等)で行う場合があるが, 後に述べる回路技術により, 本移動機では (2) を主体として送信系は待ち受け時 (着信を待ち受けている状態) に全系電源断とする間欠動作を採用することが可能となった。

図5に大容量移動通信方式の着信制御チャンネル (P-ch) の構成例⁽⁸⁾を示す。ここで, F: 制御ゾーンの共通情報, B_k: 各無線ゾーン (MBS ゾーン) 情報, P_{ij}: 着信情報である。P-ch には複局同時/個別順次送信方式⁽⁹⁾が採用されており B_k のレベルを比較することにより移動機で在圏 MBS を判定できる。さらに, 加入者容量, レベル検出時間等とのトレードオフを考慮し, 移動機の省電力化を積極的に押し進めるために着信情報を群分けしている。これにより, P-ch のデータの構成は着信情報 (P_{ij}) と共通情報 (F)+MBS 情報 (B_k) の2つの周期より構成される。

図5に一例として第3群の移動機が B₃ ゾーンに在圏している場合の間欠受信のタイミング⁽¹⁰⁾を示す。待ち受け時において移動機が受信しなければならない情報は制御ゾーン単位の移動機制御情報である共通情報 (F), 無線ゾーン単位の制御情報である MBS 情報のうち在圏 MBS に対応するもの (B₃), 自群の着信情報 (P₃₁, P₃₂), 以上の3情報である。

また方式上求められる制御ゾーンの移行は, 自群着信情報および共通情報のレベルを監視することにより, さらに, 無線ゾーンの移行は在圏 MBS 情報のレベルを監視することにより実現し, 一定時間ごとに連続的に受信し制御ゾーン, 無線ゾーンの選択を行い, 精度向上を図

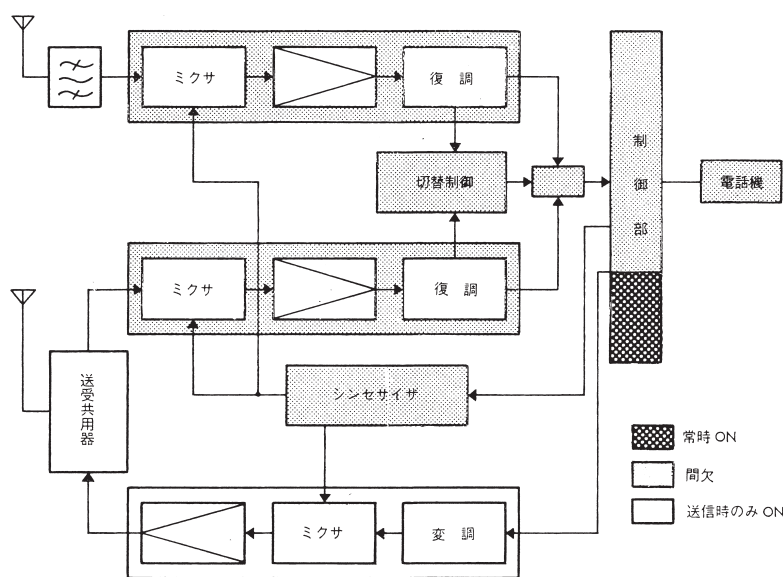


図 4 移動機の間欠動作

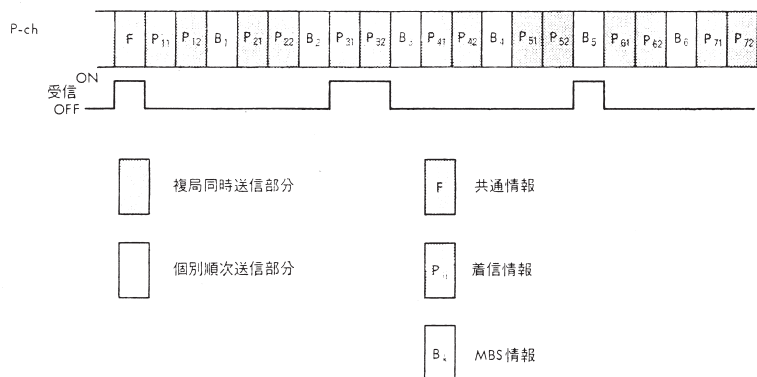


図 5 P-ch 構成と間欠受信タイミング

った。

3.2.2 回路技術

間欠受信は、既に NTT ポケットベル方式で採用されているが、自動車電話ではポケットベルとは異なり接続遅延、上り制御チャンネルの有効利用より受信系および送信系の高速な立上りが要求される。これらを実現するための主な回路技術を以下に述べる。

(1) 周波数シンセサイザ

間欠受信の効果を向上させる一つのポイントとして電源 ON から回路が定常状態となるまでの時間の短縮があげられる。そのため、受信回路内のコンデンサの充放電

による突入電流を削減するとともに、局部発振器である周波数シンセサイザの立上り時間の短縮が必要とされる。シンセサイザ回路は初期位相整合型シンセサイザ回路として高速化と高安定化を実現した⁽¹¹⁾。

(2) 変調器

待ち受け時に送信系を全系電源断とするためには、基地局からの信号に応答する場合に要求される立上り速度が送信系に備わっている必要がある。大容量移動通信方式用移動機の許容送信周波数安定度は 1.5 ppm であること、および通話中制御信号 (100 bps) の伝送のためには、数 Hz 以下までの変調特性が要求されるこ

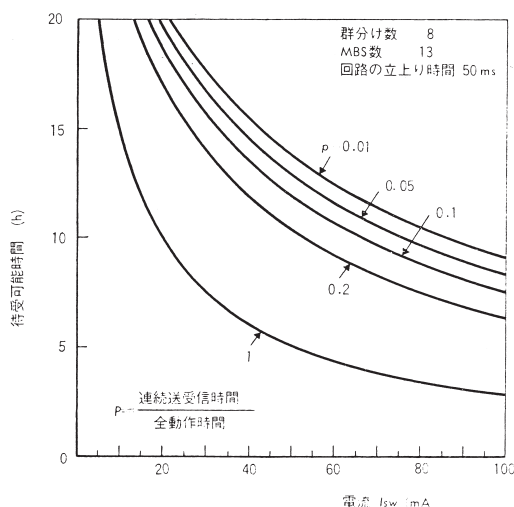


図 6 間欠受信による待受可能時間の増加

とより変調器は PLL 形式とする必要がある。このため、電源投入時には高い位相比較周波数を用い短時間で位相同期状態とし、その後低い比較周波数として低域まで変調可能なループに設定する回路構成とすることで、立ち上り速度を約 70 ms に高速化が可能である⁽¹²⁾。

3.2.3 効果および実験結果

間欠受信による移動機消費電力低減効果を計算により算出した⁽¹⁰⁾。制御および無線ゾーンの選択により間欠受信を適用できない時間率（動作時間に占める連続受信時間の割合） p を考慮し、受信停止時においても動作している制御部の一部、表示部等の常時必要な電流の合計値 (I_c) を 10 mA、電池容量を 600 mAh、送信時電流 600 mA、送信 30 分としたときの I_c 以外の待ち受け時の電流 I_{sw} と待ち受け可能時間の関係を図 6 に示す。 p の値は移動機の行動パターンにより異なるが、0.2~0.05 程度と考えられ、 $I_{sw}=70$ mA のとき $p=1$ (連続受信) と比較すると $p=0.2$ で約 2 倍、 $p=0.05$ で約 3 倍に待ち受け時間を間欠受信により延長できる。

実際の回路で消費電力の低減効果を受信回路部について測定し、計算値とほぼ等しい結果を得ている⁽¹³⁾。

また、間欠受信時の信号伝送特性を図 7 に示す。実験では 2400 bps のスプリットフェーズ信号を用い送受信信号を比較することにより誤り率を測定した。連続受

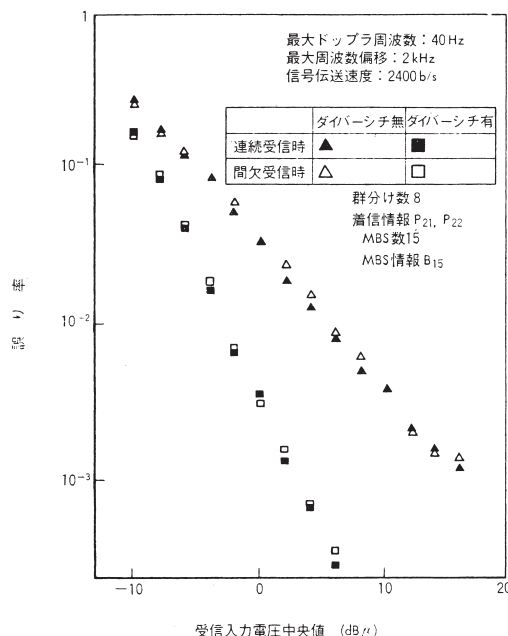


図 7 信号伝送特性

信時と間欠受信時の誤り率は、ほぼ等しく、間欠受信による信号伝送特性の劣化はないことを確認した⁽¹³⁾。

4 む す び

大容量移動通信方式用移動機は、ダイバーシチ受信等種々の機能に加えて現行自動車電話方式と接続するため多くの機能を有している。経済化、小型化を一層図るため同一回路で異なる信号を識別するための回路共用化技術について検討を加えた。その結果、ベースバンドフィルタ、シンセサイザ、IF フィルタ、制御用ソフトウェア等の共用化を図ることによって回路構成の大幅な簡易化を達成した。また、移動機の低消費電力化に関し、移動機の構成法また着信待受時の間欠受信のための移動機制御法を検討し、最適アルゴリズムの確立、回路の電源投入時の立ち上り特性の改善を行い受信機を間欠動作させるとともに、変調器を含む送信機の電源を不要時に断とするハードウェア技術を確立した。これらは基本技術として構築したものであり、移動機回路の省電力化を達成するとともに LSI 化によって移動機の回路規模を大幅に低減しうるものである。これらの技術は自動車

電話用車載形移動機, ショルダホンはもとより各種移動通信機器の省電力化に有効な技術となる.

謝 辞

本研究を進めるにあたり, 種々の御意見御討論をいただいた通信網第二研究所電波システム研究部進士部長, 倉本主席研究員, 移動通信装置研究室冠室長をはじめ本研究に携わった関係各位に深謝する.

文 献

- (1) 坂本・秦・藤井: 大容量移動通信における周波数有効利用技術, 通研実報, **35**, No. 10, p.989, 1986.
- (2) NTT 国際 シンポジウム——大容量移動通信方式——: July 13, 1983.
- (3) S. Seki, N. Kanmuri and A. Sasaki: Detachable Unit Service in 800 MHz-Band Cellular Radiotelephone System, IEEE Communications Magazine, **24**, No. 2, p. 47, 1986.
- (4) 齊藤・ト部: 800 MHz 帯 2000 チャネルシンセサイザの検討, 信学技報, MW 83-65, 1983.
- (5) 山尾: SCF を共用化した移動機用ベースバンド回路の構成法, 信学技報, CS 85-118, 1985.
- (6) 清水: 広帯域/狭帯域 FM 共用受信機 IF フィルタの検討, 信学会総合全大, No. 2340, 1986.
- (7) 永田・小林・中田: 移動機制御部の省電力化に関する検討, 信学会総合全大, No. 2400, 1985.
- (8) 村瀬・今村: 移動通信における着信制御チャネル信号構成, 信学技報, CS 84-102, 1984.
- (9) 歌野・稲葉: 移動通信ゾーン選択制御法の研究, 信学会総合全大, No. 540, 1982.
- (10) 永田・中田・小林・ト部: 自動車電話移動機における間欠受信動作と低消費電力効果, 信学技報, CS 85-18, 1985.
- (11) 斎藤・鈴木: 移動通信用初期位相整合形シンセサイザの特性, 信学会総合全大, No. 2348, 1986.
- (12) 丸山・ト部・結城: 移動機用 PLL 変調器の立ち上がり特性の検討, 信学会総合全大, No. 2408, 1985.
- (13) 丸山・諏訪・結城: 移動機における間欠動作の検討, 信学技報, CS 85-132, 1985.

(1986, 5, 30 受付)