

新型 パーソナル無線機“FX-16”

New 900 MHz Two-way Radio for Personal Use “FX-16”

前田 侃⁽¹⁾ 田中 修⁽²⁾ 木下 光彦⁽³⁾
Tadashi Maeda Osamu Tanaka Mitsuhiro Kinoshita

要 旨

1982年12月に法制化されたパーソナル無線は、その後順調に成長し、59年9月末には無線局数79万局を越え、局数で陸上移動局を超越し無線局種別第一位になった。

この需要に応えるため、当社はこの度第二世代のパーソナル無線機ともいうべきFX-16 (FTC90-516A) 型を開発した。

FTC90-516A型は、従来のFTC90-512A型に比し小形化、多機能化およびコストダウンを図った機種である。

前面発光の多色カラー蛍光表示管の採用、多彩な状態通知音およびファンクションキーによる多機能操作など車両内での使用を考慮した設計を行った。

本稿では主として新たに付加した機能とその機能を盛り込むために使用した4ビットの1チップマイコンのソフトウェア構成について紹介する。

Since 900 MHz Two-way Radio for personal use (Personal Radio) was legally authorized in December 1982, the number of sets operated in Japan has reached more than 790,000 as at the end of September 1984.

Before long, “Personal radios” are expected to exceed all other types of land use mobile stations.

To meet the increasing demand, our company developed model ETC90-516A, a so-called 2nd generation “Personal radio”.

This model compared with the current ETC90-512A, is smaller and has multiple functions and better priced. The design adopts a multicolor fluorescent display luminous at the front, various audible signals and multiple function keys allow use on vehicles.

This paper is to introduce the newly added functions and configuration of the 4-bit microcomputer unit software incorporating the newly added functions.

(1)~(3) 富士通テン株式会社無線技術部

1. ま え が き

1982年末にスタートしたパーソナル無線は、ニューメディアの一つとして車時代の要求にマッチしたため順調に発展し、無線局数最大の局種となった。これは利用するのに資格が不要で誰でもいつでも手軽に免許が得られること、業務用無線やアマチュア無線とは異なり公共の秩序に違反しないかぎり通信内容に制限を受けないことなどが大きな要因であろう。

この需要に応えるため今回開発したFTC90-516A型パーソナル無線機は従来機種に比し、機能の強化や表示、イルミネーション、状態通知音などの多彩化、小型軽量化およびコストダウンを図った。

また車両内で使われることを考慮して、キースイッチ数の制限による操作のし易さ、表示の見やすさ、状態の認識し易さなどを主眼に設計を行った。

以下に新たに付加された機能を中心に本機の中核である、1チップマイクロコンピュータのソフトウェア構成を述べる。

2. 新形パーソナル無線機の特長

今回開発したパーソナル無線機は、当社の従来の機種であるFTC90-512A型無線機の持つ機能に加えさらに次のような特長がそなわった。

- 1) ファンクション機能、チャンネルメモリ、不在着信機能や電源瞬断復帰機能など機能面の強化
- 2) 前面発光カラー蛍光表示管の採用およびキースイッチやボタンのイルミネーション化による視認性、操作性の向上

- 3) 表示および状態通知音の多彩化

- 4) 従来機種よりさらに小型軽量化を実現

本体の外観を図-1に示す。

2. 1 無線機本体の特長

2. 1. 1 小 型 化

従来機種以上に専用部品の活用、トランジスタなどのチップ化を進めることにより、容積が12%また重量も13%減少した。(表-1)

さらに前面ノーズピースの採用により実質的な奥行きが減少し、取付けが容易になった。

またROMカートリッジも小型のものを用了。外観を図-2に示す。

2. 1. 2 前面発光カラー蛍光表示管の採用

従来の蛍光表示管は発光面が機器のパネルより



図-1 FX-16 (FTC90-516A) 型無線機

Fig. 1 FTC90-516A.

表-1 外形比較

機種名	FTC90-516A	FTC90-512A
本体寸法	150(W)×50(H)×158(D)	150(W)×50(H)×179(D)
重量	1.3kg	1.5kg
ID-ROMカートリッジ寸法	21(W)×5(H)×17(D)	38(W)×13.5(H)×30(D)

奥になっているため、見る位置によっては表示が見づらいことがある。

前面発光型は蛍光表示管の明るさはそのままです。発光面が手前にあるので前記の欠点がなくなり、また発光のカラー化と相まって視認性が向上した。

2.1.3 キースイッチのイルミネーション化

主要キーおよびテンキーのイルミネーション化をはかった。これにより、夜間にキーの位置の確認が容易になり操作性が向上した。

2.1.4 高性能マイクロコンピュータの採用

機能、操作、通知音の多様化に対応するため、マイクロコンピュータ（以下MCUと略す）にはMB88525Bを用いた。このMCUは内蔵メモリの容量が大きく、入出力ポート数が多いうえに、蛍光表示管ドライバ内蔵、2, 1, 0.5 kHzクロック発生など高い機能を持つため、周辺のIC数の減少をはかることができた。従来機種に用いたMC

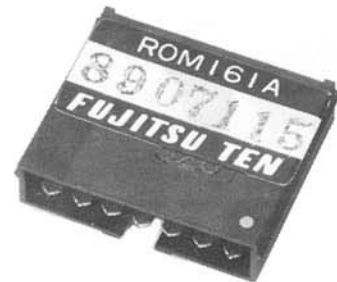


図-2 ID-ROMカートリッジ
Fig. 2 ID-ROM Cartridge.

Uとの対比を表-2に示す。

2.1.5 マイクの種類の増加

従来機種は多機能ハンドマイクのみであったが本無線機は、その利用形態によりさらにスタンドマイク、小型化ハンドマイクあるいはモービルマイクの3種類が選択できるようになった。それぞれのマイクの外観を図-3に示す。

2.2 表示機能

グループコード、メモリ番号、チャンネル表示は

表-2 マイクロコンピュータ比較

機種名	FTC90-516A	FTC90-512A
マイクロコンピュータ	MB88525B	MB8851F
ROM	4096 word × 8 bit	2048 word × 8 bit
RAM	256 word × 4 bit	128 word × 4 bit
サブルーチンネスティング	8レベル	4レベル
最小命令実行時間	2 μs	3 μs
入出力ポート	57本（内24本は高耐圧ポート）	37本
クロックジェネレータ	CPU用、時計用	CPU用
形状	SDIP-64PIN	DIP-42PIN



図-3 マイクロホン

Fig. 3 Microphone.

もとより従来LEDを用いていたSメータなどの表示や、不在着信、チャンネルメモリおよびキーロックなどの状態表示をすべて蛍光表示管内に集約した。また表示の輝度を $\frac{1}{3}$ に減少させることができ、夜間使用時に効果的である。

2.3 通知音

MCUより発生する音の組合わせにより、キー入力確認音や発呼、着呼、モニタ時の動作通知音など合計20種類の通知音を実現した。また、音量を二段階に変化させることができる。

2.4 その他の機能

2.4.1 ファンクション

[FNC] キーとテンキーの組合せにより、スケルチ感度を三段階に、また受信音声周波数特性、通知音の音量、表示輝度をそれぞれ二段階に変化させることができる。さらに[FNC]—[0]によりキーロック機能をオン、オフすることができる。

また、[FNC]—[MON]—[RST]により各機能を標準状態（FNC-1、FNC-5、FNC-6、FNC-7）に設定することができる。（表-3）

2.4.2 チャンネルメモリ

現在使用中の通話チャンネルを記憶する機能を持つ。これは1984年4月のEIAJ統一仕様の改正

表-3 ファンクション設定表

操 作	機 能
FNC 1	スケルチ感度が約 $-8\text{ dB}/\mu\text{V}$ になる
FNC 2	〃 約 $-2\text{ dB}/\mu\text{V}$ になる
FNC 3	〃 約 $+4\text{ dB}/\mu\text{V}$ になる
FNC 4	受信音声が高域強調特性になる
FNC 5	〃 平坦な特性になる
FNC 7	蛍光表示管が明るくなる
FNC 8	〃 暗くなる
FNC 6	通知音が大きくなる
FNC 9	〃 小さくなる
FNC 0	PTT、RST、RCL、SQUE-LCH、FNC-0以外のキーは受付けなくなる
FNC MON RST	ファンクションの状態が標準状態に設定される
FNC M	チャンネルとグループコードを15分間記憶する
FNC S	上記記憶を読出す

によって新しく追加された機能で、2種類の記憶がある。

第1の記憶は5分間記憶で、通話チャンネルから制御チャンネルに戻る時に自動的に記憶され、5分

たてば消去される。これにより、通話中に誤ってリセットしたといった場合に記憶を読出せば、もとのチャンネルに復帰することができる。したがって従来のように相手局の呼出しを待つか、モニタにより相手局を探さなければならないといった不便が解消された。記憶の読出しは「MON」キーを兼用する。

第2の記憶は15分間記憶で通話チャンネルにおいて「FNC」→「M」と操作することによって、チャンネルとグループコードを15分間記憶する。15分間記憶は他の操作で変更されないで、一度記憶させれば他のチャンネルで通話したり、モニタしたりすることができる。記憶の読出しは「FNC」→「S」と操作することにより行われる。

チャンネル記憶の応用例を図-4に示す。

2. 4. 3 モニタ方式

モニタはサーチとスキャンの2種類の方式がある。

サーチ方式は通話中のチャンネルを探し、そこでモニタを開始する。また、スキャン方式は通話中のチャンネルを10秒ずつモニタする方式である。これらは「MON」キーを押している時間により切換えられ、どちらの方式が選択されたかは通知音により確認することができる。

2. 4. 4 不在着信機能

不在時に「00000」以外のグループコードで待受けている時、呼出しを受けたことを表示する機能を持つ。不在着信機能の設定、解除は「ABS」キーによって行われる。呼び出しを受けると表示管の「ABS」表示が点滅し、応答しないまま制御チャンネルに戻った場合、その時点よりの経過時間を時分単位で表示する。

2. 5 電源瞬断復帰機能

通話中やモニタ中に外部の電源が一時的にストップしても、10秒以内ならば通話チャンネルにとどまって通話やモニタを継続することができる。ただし、10秒以上ストップした場合および本体前面の電源スイッチにより電源オフとした場合は制御チャンネルに戻る。

従来は、電源ストップが一瞬であっても制御チャンネルに戻ってしまい、通話やモニタが中断していた。

3. ソフトウェア開発

ソフトウェアの開発にあたっては次の点に留意した。

1) 周辺回路の簡素化

MCUの高機能化にともない、従来外部回路で

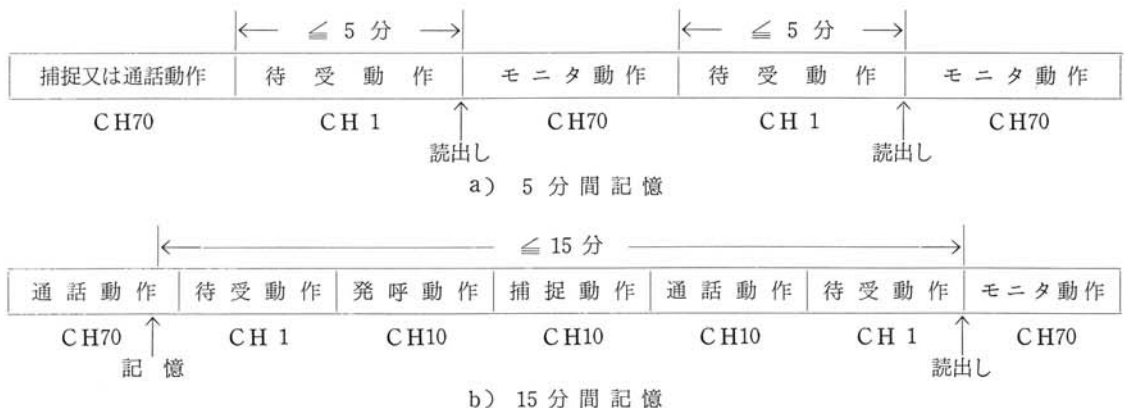


図-4 チャンネル記憶応用例

Fig. 4 Application of Channel memory.

おこなっていたSメータ表示、表示のダイナミック点灯、キースキャン、通知音などをMCU内部で処理するようにした。これによりICの削減、回路の簡素化によるコストダウンをはかった。

2) プログラムサイズ

商品価値を高めるために、ファンクションセットやチャンネルメモリ機能など多機能化をはかった。このため、回路の簡素化と相まってソフトウェアの負担が重くなった。しかし、プログラムサイズはMCUの内蔵ROM容量を越えることがないように設計に注意した。

3) 無線機の操作性

無線機の多機能化により操作が増加したにもかかわらず、キーの数は限られている。しかし、そのために操作方法が複雑にならないよう、ほとんどの操作は2タッチ以内でおこなえるように考慮した。

4) プログラムの保守性

デバッグ時のソフト修正および開発途上の仕様変更に対応できるように、プログラムのブロック化をはかった。

4. パーソナル無線の動作

パーソナル無線機の動作は、初期化動作、待受

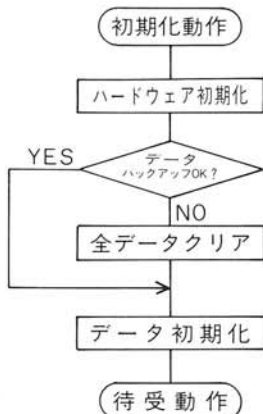


図-6 初期化動作フローチャート

Fig. 6 Initialize processing flowchart.

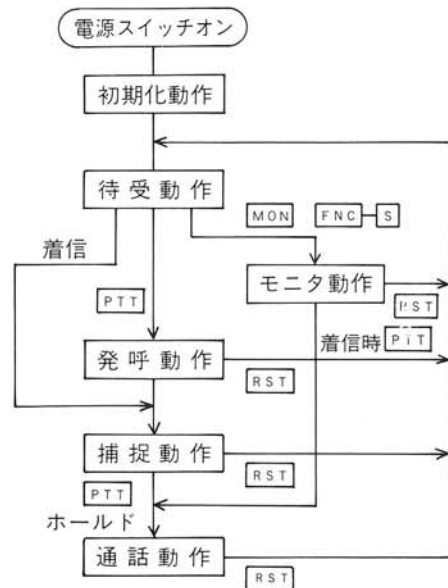


図-5 ソフトウェア構成図

Fig. 5 Construction of software.

動作、モニタ動作、発呼動作、捕捉動作および通話動作に大きく分けることができる。(図-5)

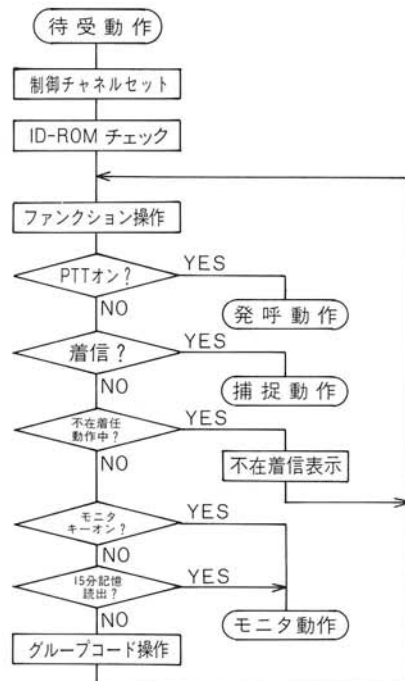


図-7 待受動作フローチャート

Fig. 7 Stand-by processing flowchart.

次に各動作およびパーソナル無線機の大きなポイントであるデータ伝送について、その形式と誤り訂正方式を説明する。

4.1 初期化動作

初期化動作は電源投入時にのみ行われ、ハードウェアの初期設定 および データの 初期設定を行う。(図-6)

4.2 待受動作

待受動作を図-7に示す。

ID-ROM チェックでは、内部のデータを読み出して、送信が可能かどうかを判定する。

また、発呼動作は送信可能な時にプレストーク(以下PTTと略す)スイッチが押された場合に行うことができる。

ファンクション操作では通常の機能選択以外に15分チャンネル記憶の読出しを行う。

不在着信機能が動作している時は、捕捉または通話動作から待受動作に戻った時点からの経過時間の表示を行う。

4.3 モニタ動作

モニタを行うには次の4方法がある。

- 1) サーチによる通話中のチャンネルのモニタ
- 2) スキャンによる通話中のチャンネルの10秒間モニタ
- 3) 5分間チャンネル記憶の読出しによるモニタ
- 4) 15分間チャンネル記憶の読出しによるモニタ

サーチとスキャンはモニタキーを押している時間により切替えられる。また、5分間チャンネル記憶が有効な場合は最初にそのチャンネルがセットされ、サーチは行わない。(図-8)

4.3.1 サーチ

モニタキーが押されている時間が1秒未満の場合は次の手順によりサーチを行う。

- 1) 通話チャンネルをMCUがランダムに選択する。
- 2) そのチャンネルが通話中であればサーチを停止してモニタに移る。
- 3) 通話中でなければ他のチャンネルを設定し、再び通話のチェックを行う。

通話中の判定は現在設定されているスケルチレ

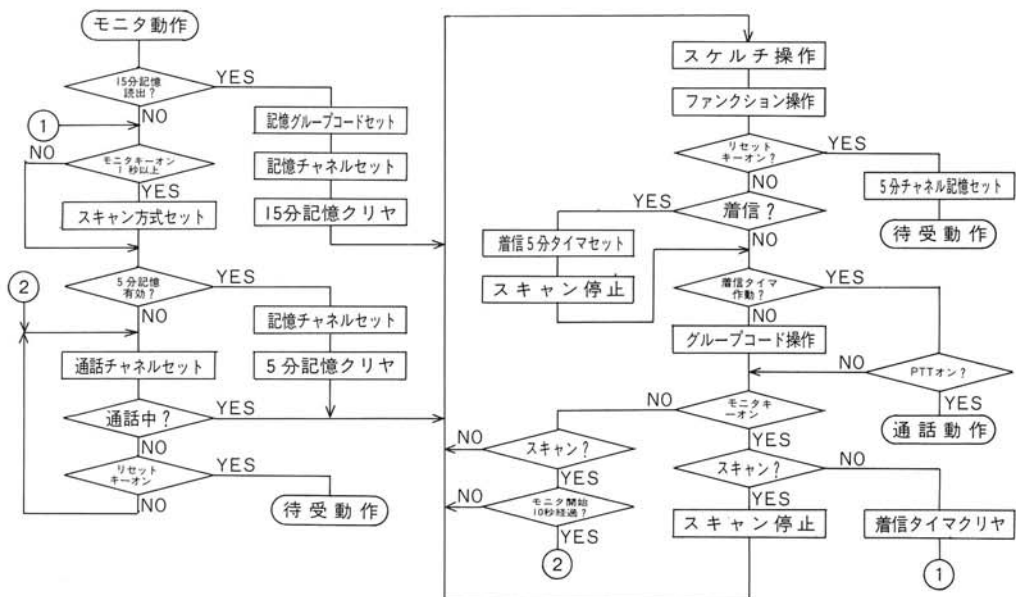


図-8 モニタ動作フローチャート

Fig. 8 Monitoring processing flowchart.

ベルを越える信号が連続して入感するかどうかに
より行う。このスケルチレベルはファンクション
により三段階に切換えられるので、サーチレベル
もこれに従い切換わる。

4.3.2 スキャン

モニタキーが1秒以上押されている場合はスキ
ャンとなる。スキャンにおいても、通話チャン
ネルのサーチを行うが、モニタ開始後10秒経過すると
自動的にサーチを再開する点が異なる。

スキャンは通話モニタ中にモニタキーを押すこ
とにより停止する。また、制御信号を受信してグ
ループコードが一致した場合（以後着信と呼ぶ）
も停止するので、これを用いてグループサーチが
可能である。

4.3.3 モニタ

モニタを開始するとスケルチキーによりスケル
チを解除したり、ファンクション操作では15分チ
ャネル記憶をセットすることができる。

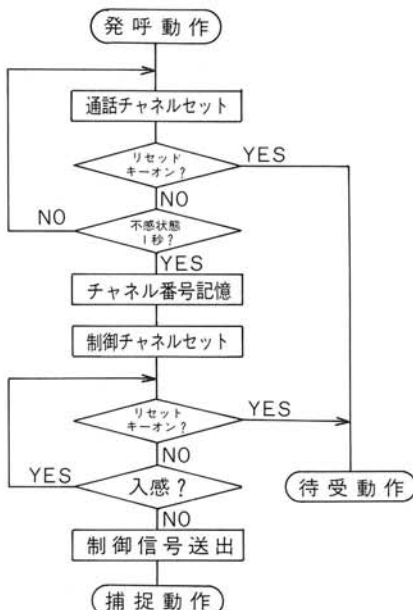


図-9 発呼動作フローチャート

Fig. 9 Calling-up processing flowchart.

また、着信したときは、その時点から5分間は
PTTスイッチを押すことにより通話動作へ移る
ことが可能となる。

4.4 発呼動作

発呼動作を図-9に示す。

発呼動作は、空チャンネルサーチと呼出しに分け
られる。これ以後Sメータの左から2つめの表示
（無線機入力で-2 dB/ μ V）を基準として、これ
以上の入力信号がある場合を入感、以下の場合を
不感状態と呼ぶ。

空チャンネルサーチはMCUが順次チャンネルを変
更し、不感状態が1秒以上続くチャンネルを空チ
ャネルと判定して呼出しに移る。

呼出しは制御チャンネルが不感状態であれば、他
局が制御チャンネルを使用していないとして制御信
号を送信して捕捉動作へ移る。

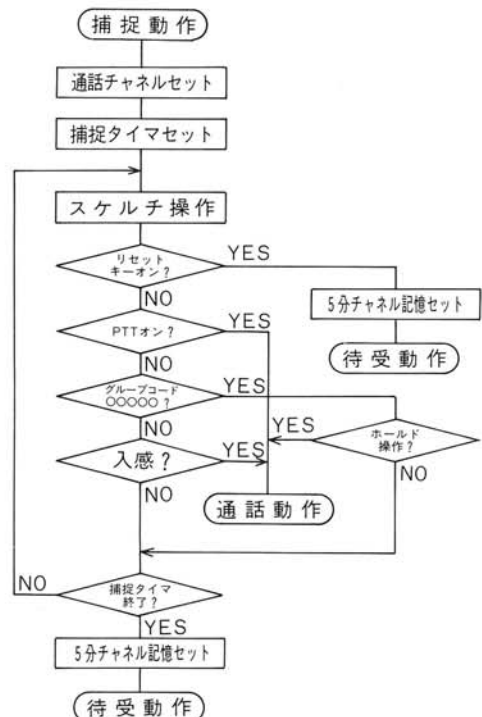


図-10 捕捉動作フローチャート

Fig. 10 Catch processing flowchart.

4.5 捕捉動作

捕捉動作を図-10に示す。

捕捉タイマはグループコードが“00000”のときは15秒、それ以外のときは30秒をセットする。

また、ホールド操作はテンキーおよびモニタキーが押されることによりおこなわれる。

4.6 通話動作

通話動作は受信、送信、再呼出しに分けることができる。(図-11)

4.6.1 受信処理

受信を開始すると5分間で待受動作に戻る。ただし、着信した場合や送信、再呼出しを行った場合はその時からさらに5分間延長される。

送信可能な場合にPTTスイッチが押されると送信を開始する。またグループコードが“00000”以外の場合にリコールキーが押されると再

呼出しを行う。

ファンクション操作では、15分チャンネル記憶をセットすることができる。

4.6.2 送信処理

送信を開始すると、開始時およびそれ以後1分毎に制御信号を送出する。

また、PTTスイッチをはなしたり、送信タイマが終了した場合は制御信号を送出して受信に戻る。このとき、送信タイマ終了により自動的に受信となった場合は、PTTスイッチを一度はなさなければ再び送信を開始しない。

4.6.3 再呼出し

再呼出しは、制御チャンネルが不感状態の時に制御信号を送信してもとの通話チャンネルに戻る。また、入感状態が10秒連続する場合は送信をしないで戻る。

4.7 データ伝送

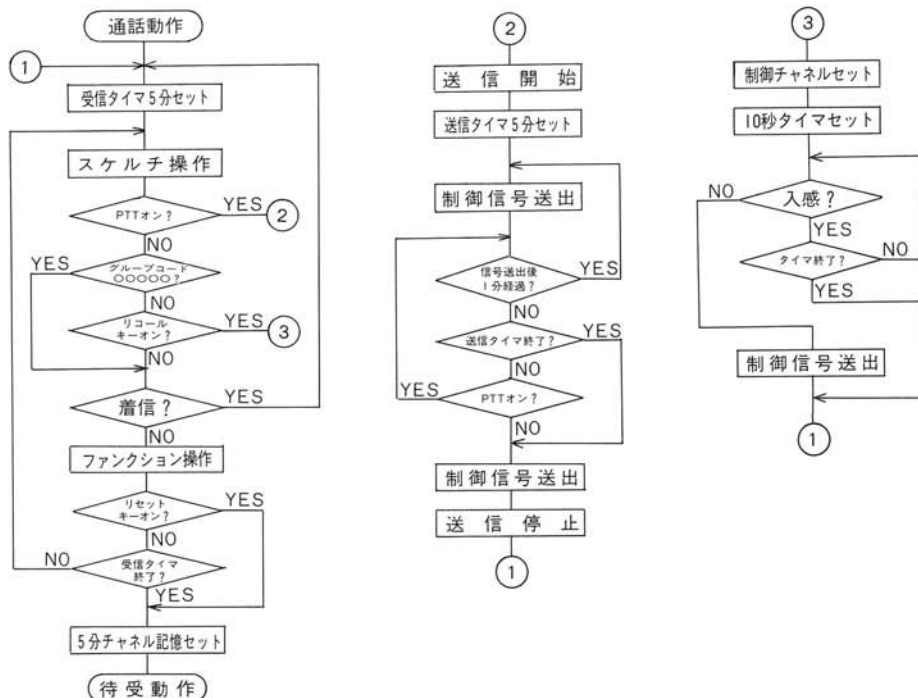


図-11 通話動作フローチャート

Fig. 11 Speech processing flowchart.

パーソナル無線機の特徴のひとつにデータ伝送によるチャネル指定があげられる。このデータ伝送の変調方式にはMSK方式が、また誤り訂正にはハーゲルバーガ符号が用いられる。

4.7.1 制御信号構成

制御信号はビット同期、フレーム同期およびデータで構成される。またデータは、グループコード、チャネル、コマンド、IDデータをハーゲルバーガ符号化したものである。(図-12)

4.7.2 データ受信

制御信号は1ビット受信されるたびにMCUに対して割込が発生して取込まれる。

制御信号の受信は、ビット同期サーチ、フレーム同期サーチ、データデコードに分けられ初期状態ではビット同期サーチを行う。(図-13)

1) ビット同期サーチ

ビット同期サーチは制御信号の誤受信を減少させるためのもので、連続して取込まれるデータのなかから、ビット同期と同一のパターンを検索する。

2) フレーム同期サーチ

ビット同期検出後のデータから、フレーム同期パターンを検索する。ここでは、正しいフレーム

同期パターンに対し1ビット誤りまで許される。

また、ビット同期検出後一定のビット数のうちにフレーム同期を検出しない場合は初期状態に戻る。

3) データデコード

ハーゲルバーガ符号からもとの情報を再生する。データが終了すると再生したデータを有効とし、データ受信処理を初期状態に戻す。

4.7.3 誤り訂正方式

ハーゲルバーガ符号は連続誤り訂正能力を持ち、パーソナル無線で用いられるものは6ビット以下の誤りをすべて訂正することができる。

その生成式を次に示す。

$$Y_{2i-1} = \begin{cases} \overline{X_i} & i = 1 \sim 3 \\ \overline{X_i \oplus X_{i-3}} & i = 4 \sim 80 \\ \overline{X_{i-3}} & i = 81 \sim 83 \\ 1 & i = 84 \sim 86 \end{cases}$$

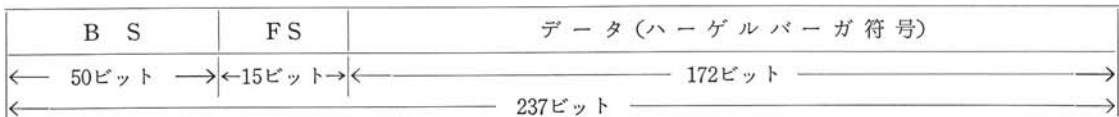
$$Y_{2i} = \begin{cases} 0 & i = 1 \sim 6 \\ X_{i-6} & i = 7 \sim 86 \end{cases}$$

ただし、 X_i : 第 i 番目のデータ

Y_{2i-1} : パリティチェックビット

Y_{2i} : 情報ビット とする。

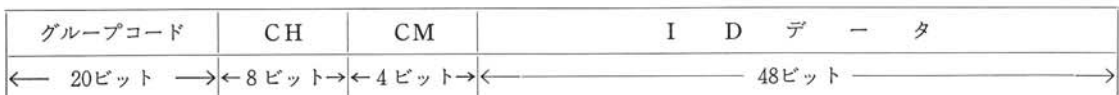
この生成式を実際にMCUで処理するために、



BS : ビット同期信号 = 101010.....

FS : フレーム同期信号 = 111011001010000

a) 制御信号構成



CH : チャネル番号

CM : コマンド = 0000

b) データ構成

図-12 制御信号構成図

Fig. 12 Construction of control signal.

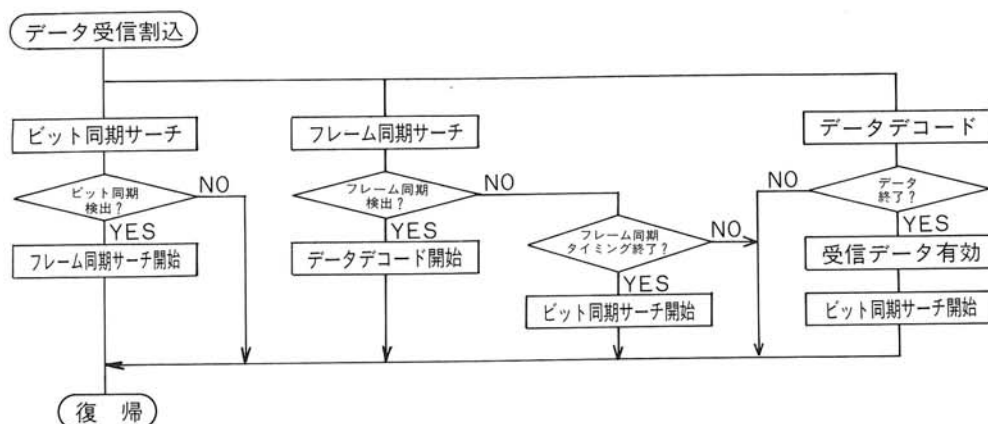


図-13 データ受信割込フローチャート

Fig. 13 Data Interrupt processing flowchart.

図-14の回路をソフトウェア化した。

これによる符号化の手順は次の通りである。

- 1) 伝送するデータをシフトレジスタの1段目にシリアルに投入する。
- 2) 1段目と4段目のデータを加算し反転したものをパリティチェックビットとして出力する。
- 3) 7段目のデータを情報ビットとして出力する。
- 4) データをすべて出力するまで1)~3)をくりかえす。

同様に復号化の手順は次の通りである。

- 1) パリティチェックビットおよび情報ビットをそれぞれのシフトレジスタに入力する。
- 2) 情報レジスタの1段目と4段目のデータを加算し反転したものをパリティレジスタの7段目のデータと加算し、その結果を誤り検出レジスタに入力する。
- 3) 誤り検出レジスタの1、4、7段目のデータが1、1、0となった時は情報レジスタの4段目が誤っているので出力する時に反転する。

5. む す び

以上、新形パーソナル無線機の特長とそのソフ

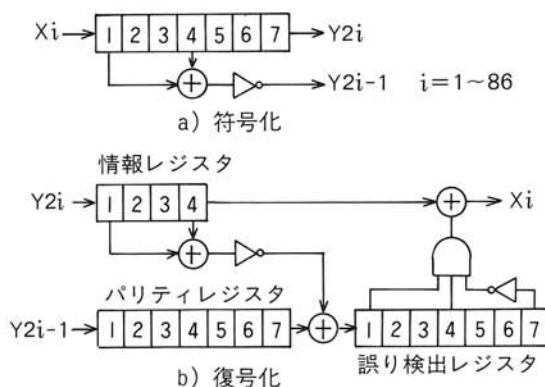


図-14 符号化、復号化回路

Fig. 14 Encoder, Decoder.

トウェアについて述べた。

今回、MCUには内蔵メモリが従来機種種の2倍の容量のものを用了が、今後パーソナル無線機がさらに多機能化される場合、MCUの複数使用などを考えてゆかなければならないと思われる。

今回のソフトウェア開発の経験をもとに、今後ともソフトウェアの性能、信頼性の向上をはかってゆきたい。