

D T M F 信号を応用した 遠隔制御ーその 2

Remote Control using DTMF Signal-No.2

金野 茂男

KINNO Shigeo

1. はじめに

表題では、研究内容の紹介が少し具体性に乏しいかもしれない。分かり易く言い直すと次のことである。ありふれたカメラ付き携帯電話を使用し、リアルタイムで画面を覗きながら、外出先等から、自宅内等に置いてある装置を遠隔制御することができる”可能性のある”システムを構築したということである。何故、可能性という言葉を使っているのかは、程なくにわかる。

似たようなシステムは企業も販売、或いは販売に取りかかるようである。ここで紹介するシステムの特徴として、自宅内等に置く装置にも通常のカメラ付き携帯電話を、何の加工も加えずに取り付けるので、取り外しが可能であり、装置から取り外せば、通常の携帯電話として使用することができる点が上げられよう。また、企業の製品と比較すると、制作費用が極めて安く済むことも上げられる。自作の製品なので、自在に仕様を変更したり、新規に機能を付加することも自在である。

2 台の携帯電話の間で、D T M F (Dual Tone Malti Frequency) 信号を利用し、送信側携帯電話(制御側であり A とする)で受信側携帯電話(制御される側であり B とする)を保持しているロボット様能動システムを駆動する、いわゆるひとつの遠隔制御システムの構築については、1 年ほど前に既に紹介している⁽¹⁾。今回、その遠隔システムの改良を行った。B 側で画像を取り込み、A 側にそれを送信し、A 側で B 側の周りの状況をリアルタイムで監視しながら B 側を制御できるシステムに、より近づけたと考えている。以降で、制作過程と、その結果を報告する。以下での解説の都合上、既報のシステムを 1 号、今回のシステムを 2 号と呼称しよう。

携帯電話やプッシュホン電話で使用されている D T M F 信号についての説明は、ここでは省略する。説明詳細は、参考文献 (1)、その他関係解

説書に譲る。また、1 号についての詳細な説明も、ここでは省略するので、本論文を読む前に参考文献 (1) を読了していることを勧める。

参考文献 (1) で記述していたが、1 号のシステム制作において、使用する携帯電話として、カメラ付き、及びテレビ付き携帯電話を用い、画像データの送受信も行えるシステムを指向していた。しかし、1 号の制作時点では、手元にそのような機構が付属している携帯電話がなかったので、画像の送受信が行えるシステムまでには行かなかった。が、1 号として開発したシステム自体は画像送受信システムにも拡張できる可能性について言及はしていた。

今回制作した 2 号は 1 号の改良型である。多くの点で両者は似ている。特に、改良を加えた点は、携帯電話 B のキーを押す機構である。1 号では、受信キーと電源キーをギア付きマイクロモータ＋カムを使用して押していた。マイクロモータの占める領域が結構大きく、多数のキーボタンを押すのに必要な数だけのマイクロモータを取り付けるのは困難であることは予想されていた。この問題を解決するため、試行錯誤した結果、2 号ではカメラに使用されているリリース似の機構で携帯電話のキーボタンを押す方法を採用することにした。この機構の採用により、キーを押す機構の占める領域はキーボタンの大きさと同程度となり、どのキーでも押せるよう、必要な数だけ自在に配置できるようになった。

写真 1 が、完成した 2 号の B 側を正面から見た外観である。1 号と似ているが、B のキーボタンを押すのに、カメラのリリース似機構が採用されている様子、及びリリースの先端が占める領域は 1 号の場合と違って極めて小さくなっている様子がわかって。また、画像送信時に操作が必要な円形スイッチの箇所に 4 つのリリース端子が用意されているのも見て取れよう。しかし、写真で見え

る携帯電話にはカメラは付いていない。B側は画像を送信できるように制作しているが、残念ながら、未だ手元にカメラ付きの携帯電話を持っていないのである。

ついでに写真2, 3に2号の側面と背面の様子を示しておく。1号とよく似ていることが見て取れよう。写真4は台車の下段である。電池ケースとソレノイド群が配置されている。

以下で、制作の過程について詳細に報告する。

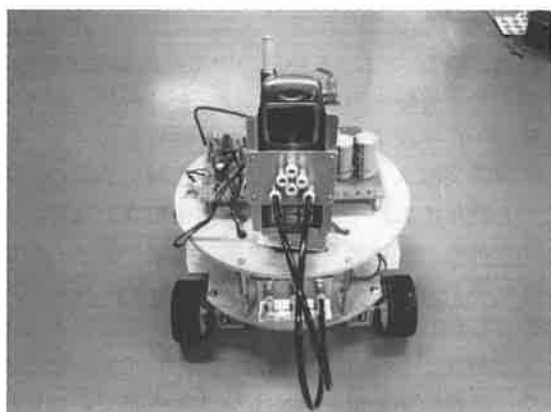


写真1 2号B側の正面外観

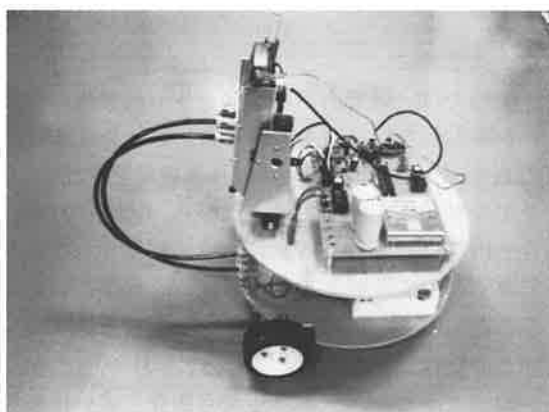


写真2 2号B側の側面外観

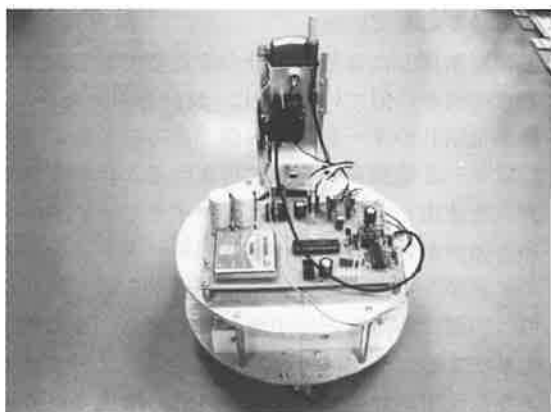


写真3 2号B側の背面外観

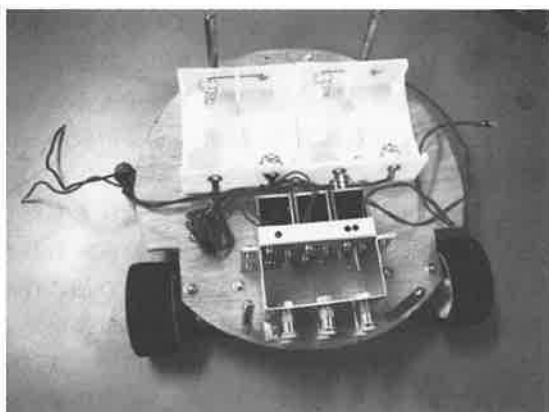


写真4 台車の下台部分

2. 設計及び製作

B側からA側へ画像を送信するためには、1号の場合よりキーボタンをより多く押す必要がある。1号ではキーを押すために、一応超小型のマイクロモータを使用した。1, 2個のキーを押すならば、マイクロモータの大きさはそれほど問題にならないが、更に多くのキーを押すとなると、マイクロモータではどうしても携帯電話のキーパット面が狭すぎる。この事情は、1号の写真を見れば明らかである。

キーを押す機構が、キーボタンより大きくては

だめである。その代替え案として、カメラのリリーズ機構を採用する。図1にその概念図を示している。リリーズはキーパット面から離れた所に配置されたプッシュ型ソレノイドで押す。キーボタンを押すのはリリーズの先端部分である。リリーズは十分に細くすることができるので、キーパット面上でそれほど大きな領域を占有しない。実際、リリーズの取り付け金具の大きさはキーボタン程度の大きさで済む。従って、困難無く、多数のリリーズを配置でき、キーパット面上のどのキーボタンでも押せるシステムとすることができる。

写真5に、リリース機構の試作品を示す。左下にソレノイド、右上の箱の中には携帯電話が収まり、リリースの先端が携帯電話のキーボタンを押す。リリースとしては、カメラ用のものでは不都合この上ない。空圧機器に使用されている空圧伝達システムを転用することにした。非伸縮性合成樹脂パイプ（外形4mmφ、内径2.5mmφ）、その固定用ハーフユニオン、パイプ内に非伸縮性のテフロンチューブ（外形2mmφ）を挿入し、写真のようなリリースとした。ソレノイドのプランジャを押すと、パイプが適当に曲がりくねっていても、確実にキーを押すことを確認した。

図2が2号の回路図である。大半は1号と同じである。1号ではキー操作をマイクロモータ駆動で行った。2号ではソレノイドでリリースを駆動してキー操作を行う。従って、PICのポートC端子のところが大きく変更されているくらいが、相違点である。ソレノイド（プッシュ型、定格DC12V、3W）に、強い圧力を出させるために、DC24Vで短時間（1秒以下）のパルス動作させる。B側の電源として、単1×4本を使用する。DC-DC変換器（入力5V、出力24Vで0.35A）を用いてDC24Vを供給する。

使用においては、B側は通常は待機モードにある。DC変換器をその状態でもオンとしておくと、いたずらに電池を消耗する。DC変換器は待機モードではオフとしておき、A側から呼び出しがかかった時点で、DC変換器をオンとしている。

何カ所かで小型リレー（DC5V、20mA）を用いている。PICの出力端子からは20mA程度の電流は取り出せる。が、安定した動作を保証するため、5Vリレーはトランジスタのスイッチング回路を用いて駆動し、PICは低出力電流で5Vリレーを駆動できるようにしている。

回路の電源スイッチを入れたとき、何らの表示もされないと、システムはどのような状態にあるのか見当が付かない。状態を見て取れるように、幾つかのLEDを用意した。1つのLEDはB側が待機モードにあるときのみ点灯する。呼び出しに应答し、受信モードになると消灯する。もう1つのLEDは諸々の状態モニター用に使われる。ここでは、制御のためのDTMF信号受信モード状態の時、点灯させている。5個1組のLED群はDTMF信号をデコードして得られたビツ

トコードを表示し続ける。

図1、写真5で示している試作リリース機構をそのままシステムに用いると、調整上、不都合が起きる。写真1で示しているように、ソレノイドは下に、リリース先端は携帯電話のキーパッド正面に位置する。ソレノイドは電流が流れると、内部のプランジャが移動し、その時、圧力を出すことになる。この圧力は、プッシュ型ソレノイドではプランジャがコアの外に出ているほど小さく、内部にあるほど大きい。実質、キーボタンを十分に押せるだけの圧力を出すのは、プランジャがソレノイドのコア内に十分入り込み、凡そ2mm前後以内の移動距離の場合である。キーボタンを指で押してみればわかるが、キーはキー表面の1mm程度の押し込みで起動する。この時必要な力は結構大きい。300g重〜400g重当たりであった。従って、プランジャからテフロンチューブの先端までの長さを数mm程度内で微調整できるようにしておく必要がある。この長さが短かければ、プランジャが駆動しても、キーを押し切れないうか、或いはキーに触ることもできない。逆に長ければ、キーにテフロン先端が触れていても、プランジャがソレノイドのコアから余計にはみ出していることになる。このような状態では、電流が流れてソレノイドが駆動しても、プランジャがコアの外に出すぎているので、十分にキーを押すだけの圧力を得ることができなくなる。

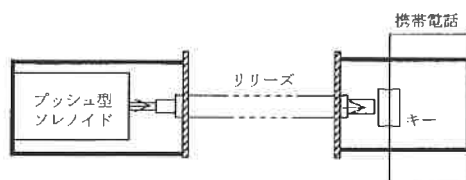


図1 キーボタンをリリースで押す機構の概略図

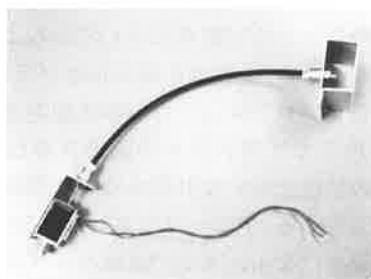


写真5 リリース機構の試作品

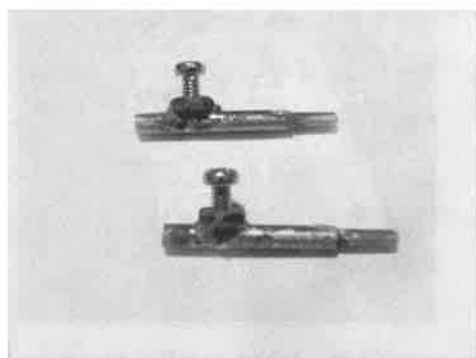


写真6 接続金具

ソレノイドのプランジャに取り付ける接続端子の作り方

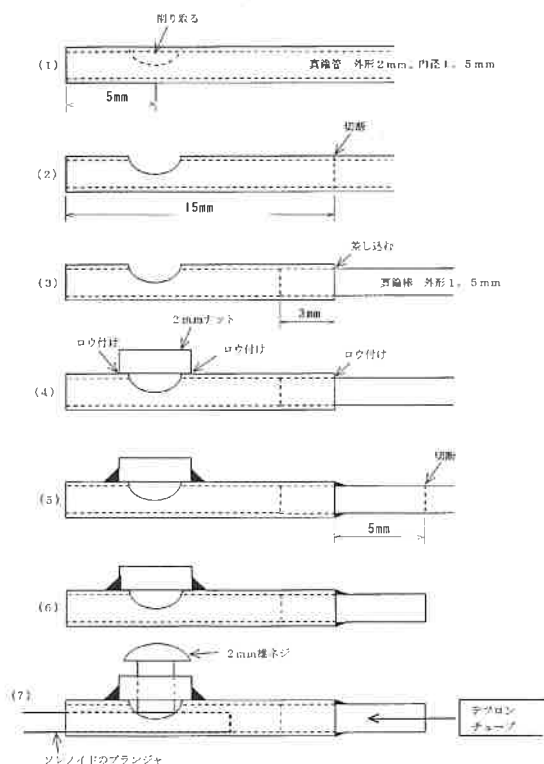


図3 接続金具の設計図と制作手順書

写真7はソレノイドと4mmφパイプ用ハーフユニオンを示している。ユニオンは5mmネジで取り付ける。

写真8、9は6個のソレノイドを組み上げ取り付けた様子を前面、後面から見たものである。写真10、11はソレノイド部分に配置する6個のハーフユニオン群の様子である。ハーフユニオン

群板はソレノイド群板に取り付ける。ソレノイド及びハーフユニオンを取り付けるアルミ板の形状・寸法図面は図4に示している。

写真12で、ソレノイド群とプランジャ群の組み合わせ、プランジャとテフロンチューブを接続する接続金具の取り付け状況が見て取れる。

写真13は電話保持部である。1号と同じくアルミ板から作り上げている。ハーフユニオン取り付け板は保持器の前面に取り付ける。図5は保持器の部品図面、図6はその組み立て図面である。1号と全く同じく、保持器を前後左右に頭の如く動かすために、2つのサーボモータが取り付けられる。



写真7 ソレノイドとハーフユニオン

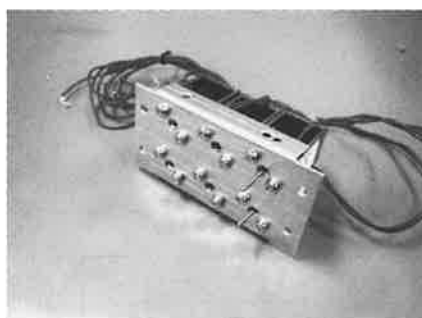


写真8 ソレノイド群(その1)

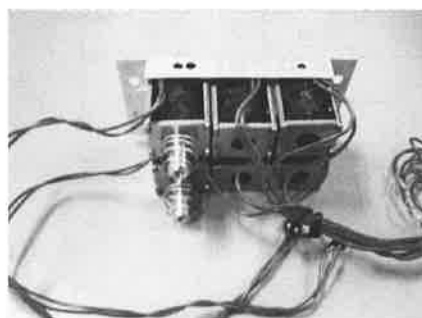


写真9 ソレノイド群(その2)

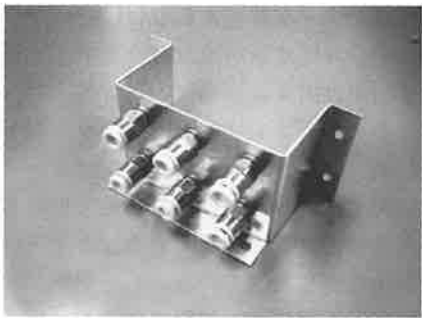


写真 1 0 ハーフユニオン群(その 1)

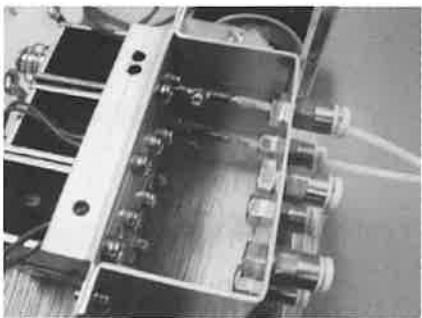


写真 1 2 接続金具の取り付け状況

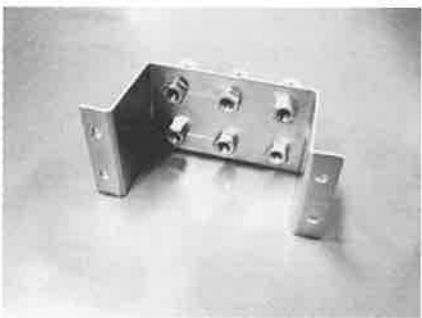


写真 1 1 ハーフユニオン群(その 2)

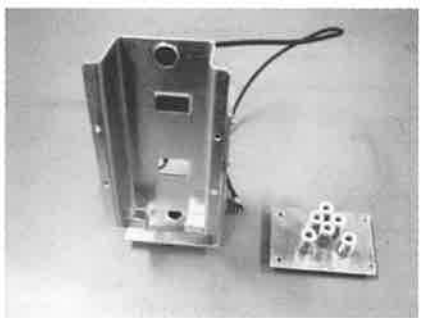


写真 1 3 携帯電話保持器部

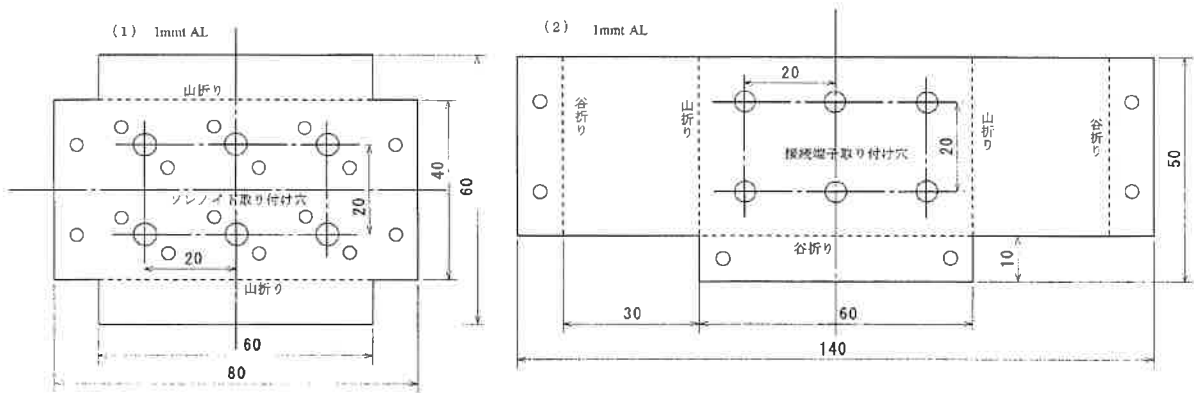


図 4 ソレノイド部の設計図

DTMF 信号を応用した遠隔制御 - その2

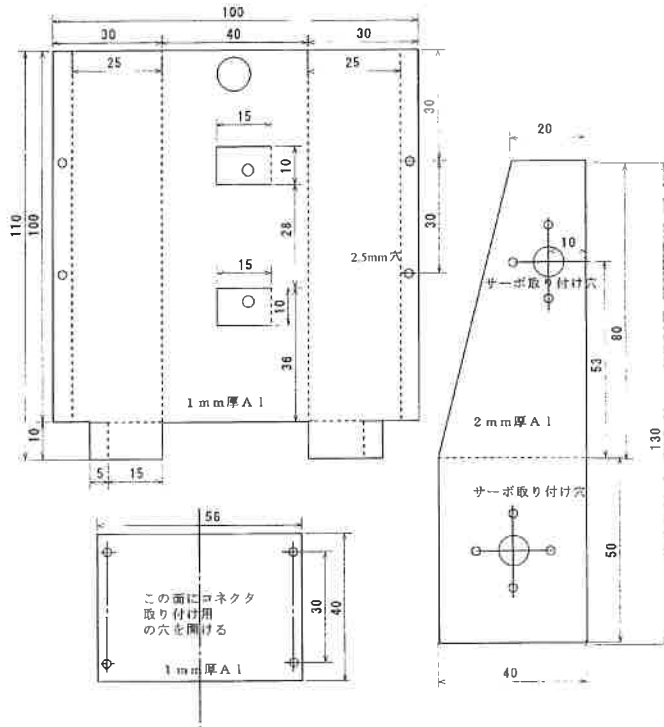


図5 電話保持器の部品図

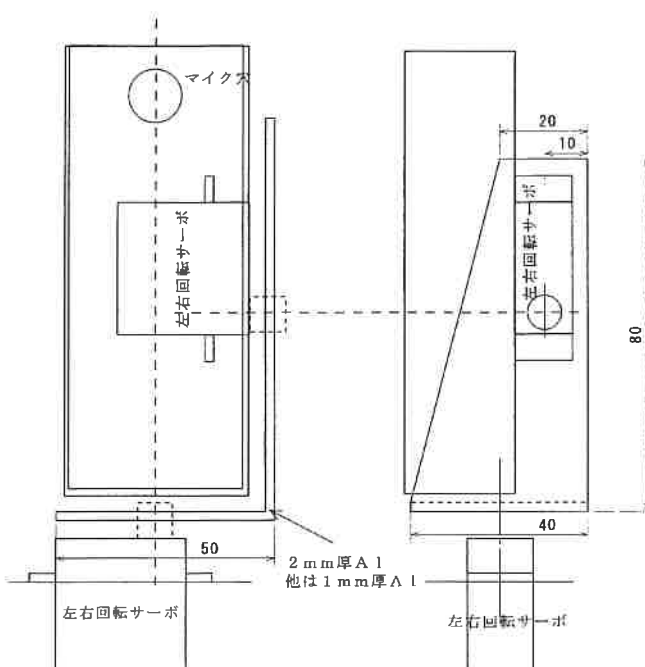


図6 携帯電話保持部分の組み立て

1209Hz	1336Hz	1477Hz	
1	2	3	697Hz
4	5	6	770Hz
7	8	9	852Hz
*	0	#	941Hz

- 1 台車を左回転させる
- 2 台車を前進させる
- 3 台車を右回転させる
- 4 (空)
- 6 台車を後進させる
- 5 電話保持器を前傾させる
- 7 電話保持器を左に向ける
- 9 電話保持器を右へ向ける
- 0 電話保持器を後傾させる
- 8 (空)
- * (空)
- # 電源ボタンを押す

表1 キーのDTMF 信号トーンペアと処理動作対応表

3. 使用方法など

使用法は1号とほとんど同じである。まず、(1) 携帯電話Bを待機モードとし、エアホーン(正確にはマイク付きエアホーンと言うべきであるが、マイク機能は今のところは使用しないので)ジャックをBに差し込み、Bを保持器にしっかりと差し込む。

(2) 台車の電源スイッチをオンとする。

正常ならば、これでB側は受信待ち状態となり、待機時LEDが点灯する。

(3) 遠隔制御側の携帯電話Aでダイヤルし、B側を呼び出す。

(4) Bの呼び出し音が鳴り響き、凡そ1秒後に、自動的に通信モードとなる。待機時LEDは消灯する。

(5) 後は、A側で約束のキーを押し続けるだけである。A側で押したキーに対応して、5組LEDが応答点滅し、かつ、予約動作をB側が行う。キーに対応させた予約処理の対応表を、表1に再掲載しておく。

(6) 終了したければ、A側で”#”キーを押す。

(7) B側はこのコードを識別すると、自動的に携帯電話の電源キーを押して、交信を終了し、元の待機モードに戻る。

使用し易さから、1号と違った仕様にした点がある。

(1) A側で、交信終了の予約キー”#”を押さずに、交信を終了してしまう場合がよくある。

これは、本システムの使用に慣れていても、ままあり得る。1号では、これに対してB側での対応策はとっていなかった。そのようになった場合は、制御プログラムはエンドレスループの中で無限ループを繰り返し、携帯電話は交信モードのままであった。当然、A側から再コールしてもBは応答はしてくれない。正常な状態の戻すためには、手動でB側を初期状態に復帰させなければならなかった。

対応策として、2号では、1分以上にわたって、A側から制御信号が送信されてこない(即ち、キーが押されない)場合には、B側で自動的に交信を終了し、B側を初期の待機モードに復帰させることにした。B側のPICに書き込んだ制御プログラム中に、DTMF信号受信のタイムオーバー検出プログラムを組み込んだ処理である。プロ

グラム中の整数値パラメータ値を変更することにより、この時間は容易に変更できる。これにより、A側でのキー操作の手順失敗によって、B側での余計な対応処理をしなくて済むようにした。

(2) A、Bが交信状態にありながら、長時間にわたって、A側でのキー操作が行われない場合も考慮している。

何らかの理由で、B側を現状で維持したい場合があろう。この状態では、DTMF信号をB側が受信していない状態となっている。(1)の通り、1分以上にわたりDTMF信号が届かないと、B側は自動的に通信を終了し、待機状態に戻るよう設定した。

従って、長時間にわたり、B側を現状に維持したい場合には、1分以内毎に、空きキーである”*”、”か”8”を押せばよい。B側はDTMF信号を受信はするが、これら2つのキーには現時点では何の処理操作も予約していない。

4. 終わりに

(1) 本2号では、リリース機構は6組を用意し、現時点では2組だけを使用状態にしている。リリースを押す力は、予想外に大きな力を必要とした。そのため、比較的大きなソレノイドを6個用いている。

1案として、キーパット面上に、リリースの先端を必要なキーボタンの所に移動させることができる機構を付加すれば、リリース機構は1組ですむ。従って、ソレノイドも1個で済む。が、キーパット面上に移動機構が必要となる。これはこれとして1案であろう。

その他に、リリースは6組用意するが、ソレノイドは1個で済ませる方法もあろう。同じく移動機構を付加して、ソレノイドを希望するリリースの所に移動させるのである。これもまた1案である。

(2) 2号を制作している時点でも、まだ画像処理のできる携帯電話を手元に持っていないのが少しつらい。個人としては、未だ、携帯電話はほとんどと言ってほど必要としていない。このシステムだけのために、毎月契約料を払い続けるのもつらい。

が、何時か機会を得て、最新の携帯電話を持っている学生にお願いして、試してみようかと考えている。

(3) B側の電話のキーを押すために、1, 2号とも機械機構を作り上げている。B側の電話は保持器に差し込んでいるだけであり、電話には何らの加工変更も施していない。従って、保持器から取り出せば、通常の携帯電話として普通に使用できる点は本システムの良さのひとつであろう。

(4) が、このような特別な機械機構を必要としない方法も考えられる。携帯電話のキーパットの下に隠れているマトリックス電極に直接加工を施す方法である。これならば、電氣的スイッチで全てのキー操作をすることができ、かつ機械機構部分を全く必要としないので、極めて構造が簡単で、かつ正確で多様な制御が実現できよう。非常にうらやましい方法であるが、月々契約料を払っている携帯電話を破壊解剖しなければならない。覚悟を持ってやるべき仕事となる。

同じ電話番号の、同じ携帯電話が2台工面できれば、結構なのであるが。電話番号が1つなので契約料は1台分で済むであろう。そしたら、片方を分解して、B側とする。これは台車の方に固定しておく。もう1台の方は、普通の使用方法とする。ただし、電源は片方だけをオンとするのは当然である。

(5) 現状では、本システムを知らなくても、他人が本システムのB側の電話を呼び出しても、B側は応答する。システムが誤動作すること請け合いである。

この件に関しては、今のところ対策を講じていない。が、対策は簡単である。B側に暗証番号を登録しておくのである。B側は呼び出しに応じて、待機モードから、受信モードにはいる。この時点で、暗証番号の受信待ち状態とさせる。A側から何桁かの暗証番号を送信する。B側のプログラム中で受信した暗証番号と登録している暗証番号を比較させ、暗証番号が一致したら、プログラムを制御キー受信状態へと移行させればよい。不一致ならば、受信を打ち切って、待機モードに戻させる。

これらの一連の対応処理はアセンブラプログラムを書き直し、付け足しで容易に行える。

5. アセンブラプログラム

P I C 1 6 F 8 7 6 に書き込んだアセンブラプログラムのソースは、その他の資料とともに著者

のURL (<http://www.oyama-ct.ac.jp/D/kinnoken>) からダウンロードできる。アセンブラはマイクロチップ社のMPASMである。プログラム内で十分に注釈を多用しているので、プログラムの説明はここではない。プログラムを参照して欲しい。

1号ではP I C 1 6 F 8 7 3を使用した、2号では高位品種の876とした。この2つはピン互換である。

6. 参考文献

(1) 「DTMF 信号を応用した遠隔制御」、小山高専電子制御工学科、金野茂男、亀井崇光、2002年11月。著者のURL で公開。

「受理年月日 2004年9月29日」

