

〈デジタル移動通信システム〉

8 非電話信号伝送サービス

デジタル移動通信システムにおける非電話信号伝送として、ファクシミリ通信およびモデムを用いたデータ通信の実現法について述べる。まず、非電話信号伝送系の構成を説明し、次に無線伝送技術のキーとなるWORM-ARQおよびFECの概要について述べる。最後に伝送特性の一例を示し、従来のアナログ方式からの改善効果について説明する。

上林 真司・沢井 浩一・永田 清人・石野 文明

まえがき

近年の自動車・携帯電話の需要の伸びは著しく、誰もが一般の電話機のような気軽さで電話できる時代が近づいてきた。

一方、固定網においてはファクシミリ通信、データ通信などの非電話サービスが急速に普及してきている。その中で、移動通信においても非電話サービスの需要が高まってきた。

移動通信では、フェージングに伴う急速な受信レベルの変動、チャンネル切替えに伴う通信の瞬断などにより信号伝送特性が著しく劣化するため、固定網の非電話通信のプロトコルをそのまま適用することはできない。これを解決するには、無線区間の信号伝送特性の改善と、誤りに強い通信プロトコルの開発という2つのアプローチの方法がある。当社は、独自に開発した誤り制御技術WORM-ARQにより信号伝送特性を改善し、また、制御信号の一括伝送等により誤りに強い通信プロトコルを開発し、デジタル移動通信において世界で初めてG3ファクシミリとモデム(MNPクラス4)の非電話サービスを実現した。本方式は電波システム開発センター(RCR)が策定したデジタル方式自動車電話システム標準規格¹⁾に採用された。

本稿では、非電話信号伝送系の構成、

無線伝送技術、伝送特性について述べる。特に当社が開発し、RCR標準規格に採用された誤り制御方式WORM-ARQの概要および伝送特性を紹介し、従来のアナログ方式からの改善効果について説明する。

システム構成

図1は当社のデジタル移動通信システムにおける非電話信号伝送系の構成を示す²⁾。非電話信号処理は、移動局(MS)側は非電話アダプタ(ADP)、基地局側は加入者系移動通信制御局(MCC)のデータサービス制御回路(DSCC)が行う。移動局と、ファクシミリおよびデータ端末とのインターフェースは固定網と同じ2線モジュラインターフェースであり、端末は市販

のG3ファクシミリおよびMNPモデムを用いたデータ端末(パーソナルコンピュータなど)がそのまま使用できる。

系の構成を上り系の信号の流れに従って簡単に説明する。ファクシミリまたはデータ端末のモデムから出力されたアナログ信号はADPでデジタル信号に変換され、誤り制御を施された後、RCR標準規格のフレームフォーマットに整形され、MSから送信される。

無線区間では、多重波干渉によるフェージング、地物によるシャドローイング、チャンネル切替による瞬断などにより、信号伝送品質が著しく劣化する。ゾーン限界のビット誤り率は1%以下、チャンネル切替による瞬断時間は100ms以上になる。

基地局(BS)では、基地局増幅装置(AMP)、基地局変復調装置(MDE)を

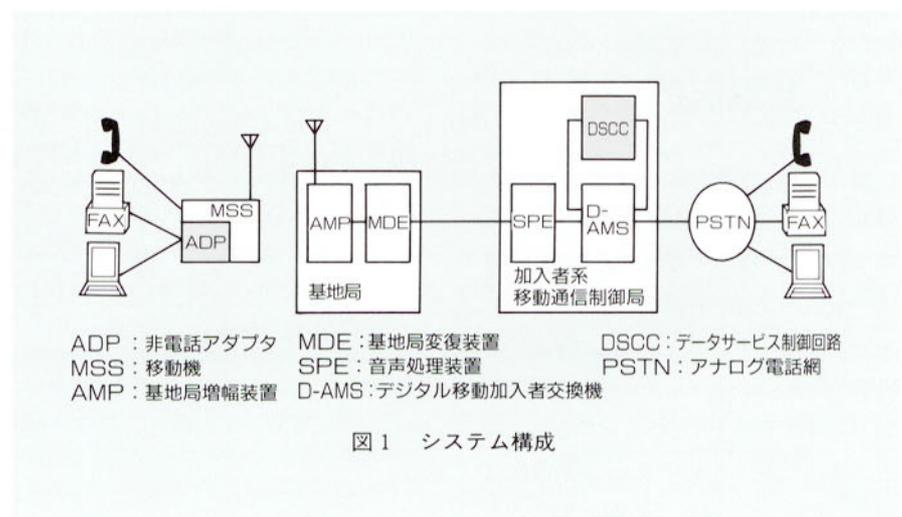


図1 システム構成

表1 G3ファクシミリ用非電話アダプタ主要諸元

端末インタフェース	端末プロトコル	T.30/T.4
	モデムプロトコル	手順: V.21 画: V.27, V.29
無線インタフェース	誤り制御方式	WORM-ARQ
	伝送速度	11.2kb/s(TCH)

表2 MNP モデム用非電話アダプタ主要諸元

端末インタフェース	端末プロトコル	V.42(MNPクラス4)
	モデムプロトコル	V.22 bis
無線インタフェース	誤り制御方式	BCH (15,4)+ ビットインタリーブ
	伝送速度	11.2kb/s(TCH)

経て復調され、デジタル伝送路を通りMCCへ送られる。

MCCの音声処理装置(SPE)は、無線伝送用の高能率符号化音声信号を固定網のPCM信号に変換する装置であり、非電話信号は処理されずスルーでデジタル移動加入者交換機(D-AMS)へ送信される。音声信号はD-AMSから直接固定網(PSTN,ISDN)へ接続されるが、非電話信号はDSCCを介して固定網へ接続される。DSCCは、無線区間伝送用の誤り制御処理を行い、固定網並みの高品質なデータ信号を再生した後、アナログモデム信号に戻して固定網側へ出力する。

ADPおよびDSCCの主要諸元を表1, 2に示す。

無線伝送技術

誤り制御技術には、誤り訂正符号化(FEC)と、自動再送要求(ARQ)がある。FECは、採用する誤り訂正符号の能力の範囲内でビット誤り率を改善するが、データ伝送に十分な高品質化は保証できない。ARQは、誤ったフレームの再送を繰り返すことにより、いくらでも高品質化は可能だが、スループットが無線伝送品質に依存して変動し、品質が悪いとき

のスループットの劣化が著しい。これらの特性を考慮し、ファクシミリ通信には当社が開発した移動通信に適した高効率ARQ方式のWORM-ARQを採用した。モデム通信(MNPクラス4)では端末間の通信プロトコルにARQが採用されているため、無線区間にはFECとビットインタリーブの併用方式を採用した。

(1) ファクシミリ信号伝送

ファクシミリ信号伝送には、移動通信に特有のフェージング、瞬断などに対して有効なARQ方式として開発されたWORM-ARQ方式を採用している³⁾。その概要を説明する。

ARQ方式にはSR(Selective Repeat)方式とGBN(Go-Back-N)方式の2種類の方式がある。SR方式は、高効率なARQ方式であるが、送信したフレームが正常受信されたことを確認する前に新しいフレームを無制限に送受するため、誤りフレームが極端に多くなると送信フレーム番号をモジュロ数で管理しきれなくなり、ARQアルゴリズムが破綻する欠点がある。GBN方式は、誤りの多い場合にも対応できる安定したARQ方式であるが、SR方式に比べ、効率が低い欠点があ

る。WORM-ARQは無線区間の伝送品質に応じてSR方式とGBN方式を適応的に切り替えることにより、高効率でかつ安定したARQ方式を実現している。

図2はWORM-ARQの代表的動作例を示す。通常はSRモードで動作し、送信フレームがモジュロ番号で管理しきれなくなったときにGBNモード動作へ移行する。受信側では未受信フレームの履歴を持ち、未受信フレームの最も古いフレームの再送を該当フレームが正しく受信されるまで要求する(時間グイバシチ効果が得られる)。なお、制御信号として、フレーム番号、SR/GBN識別ビットの他に、G3ファクシミリのプロトコル(T.30)をフォローするために、画信号メモリの蓄積量、および画信号/手順信号識別ビットなどが必要である。

ARQにより画信号は誤りなく伝送されるため、本方式の性能は画信号伝送時間により評価できる。図3はフェージングピッチ $f_0 = 5\text{Hz}$ および 40Hz の場合の画信号の平均伝送時間を正規化して示す。評価にはMH符号化されたA4判の画信号(画電学チャートNo.4ノーマルモード)を使用した。無線区間は、レイリーフェ

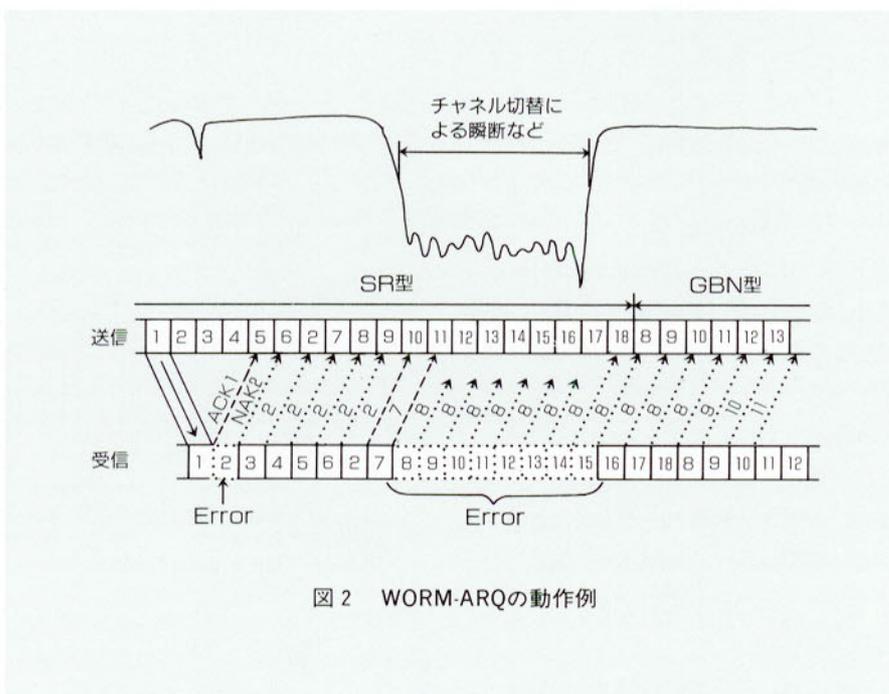


図2 WORM-ARQの動作例

ージングシミュレータとアッテネータで模擬した。ラウンドトリップディレイに相当するフレーム数(RTF)は6とした。チャンネルの平均ビット誤り率が 10^{-2} 程度まで、伝送時間はほとんど増加しないことが図から分かる。また、 f_D が小さくなるに従い、スループットが向上していることがわかる。これは f_D が小さいほど誤りがバースト的に発生するため1フレーム内に誤りが集中し、ARQの再送回数が低減することによる。

(2) モデム信号伝送

MNPモデム信号伝送では、MNPプロトコルの重複、干渉を避けるため、FEC (BCH(15,4)符号:3ビット誤り訂正+4ビット誤り検出)とビットインタリーブの併用方式を採用している⁴⁾。

図4は、 f_D が40Hzにおける平均スループットとCNRの関係を示す。デジタル移動通信システムではチャンネルのビット誤り率 10^{-2} 程度まで最大のスループット(2,400b/s)を維持するのに対し、従来のアナログ方式ではCNRの極めて高い領域では高いスループットが得られるが、通常の移動通信の無線伝送品質(CNR:15~30dB)の領域ではスループットは本方式より低いことが分かる。

まとめ

非電話信号伝送サービスのシステム構成、無線伝送技術および伝送特性を示した。ファクシミリ通信は、当社が開発したWORM-ARQの採用により、ほぼエラーフリーの高効率伝送を実現している。モデム通信は、FECとビットインタリーブの併用により、無線伝送品質が劣化した場合にも高スループット伝送を実現している。

文献

1) 財団法人電波システム開発センター：デジタル方式自動車電話システム標準規格、

RCR STD-27B, Dec. 1992.

2) 倉本ほか：デジタル移動通信技術の開発、NTT R&D Vol.40-10, pp.1269-1326, Oct.1991.

3) 伊藤ほか：WORM-ARQを用いたデジタル

移動通信G3ファクシミリ伝送、信学技報 RCS 91-16, PP.69-74, JUN. 1991

4) 伊藤ほか：デジタル移動通信におけるMNPデータ伝送、1991年信学秋季全大, Sep. 1991.

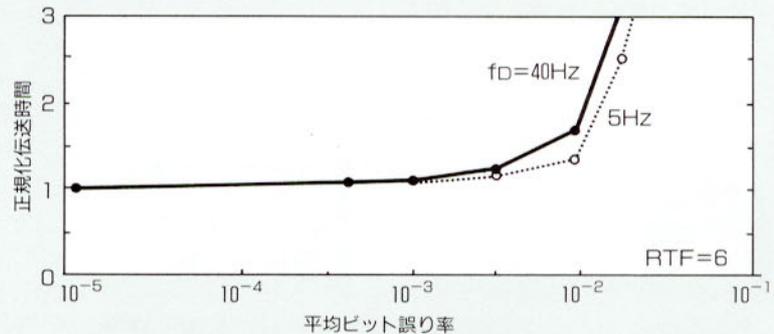


図3 画信号伝送時間

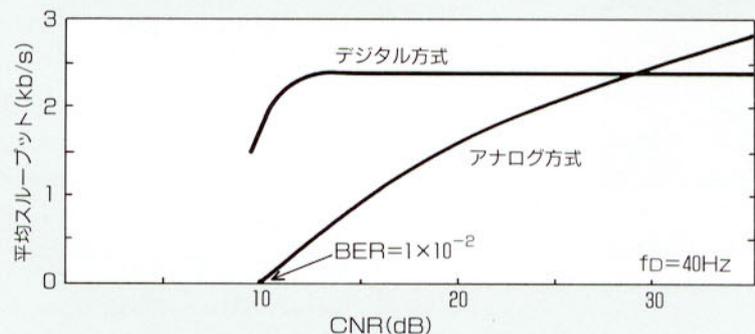


図4 モデム信号の平均スループット