

解説

PHSによるデータ通信

PHS Data Communication System by Toshiaki TANAKA (NTT Wireless Systems Laboratories).

田 中 利 憲¹¹ NTT ワイヤレスシステム研究所

1. はじめに

1995年7月からパーソナルハンディホンシステム (PHS) のサービスが関東、北海道で開始され、その後、10月からは全国への展開がなされており、1997年2月末での累計加入者は552万台に達している。

PHSは、デジタルコードレス技術をベースとした最先端の無線アクセス技術とインテリジェントなデジタル網技術を統合化した新しい通信サービスであり、「いつでも、どこでも、だれとでも」という通信のパーソナル化とマルチメディア化を実現する第1歩である。PHSの特徴は、同一の端末を、家庭ではデジタルコードレス電話の子機として、事業所では事業所用デジタルコードレス端末として、屋外や地下街などの公共空間では携帯電話端末として、さらに、基地局を介さずに端末同士で直接通信するトランシーバ端末としてシームレスに使用できることである。また、PHSの最も大きな特徴は、デジタルセルラー方式に比べ約3倍の情報伝送能力 (32 kbit/s) を有していることであり、通信料金がセルラーの1/3程度とするとユーザメリットとして10倍の効用が期待できる^{1),2)}。

本稿では、PHSを用いた高品質データ伝送技術の概要、標準化動向および今後の展望について述べる。PHSデータ通信により、外出先で電子メールおよびFAXの送受信、デジタルカメラなどによる静止画伝送、インターネットへのアクセスなどさまざまなモバイルコンピューティングを実現できる。また、将来のモバイルマルチメディアサービスへも適用可能であり、今後さらなるインテリジェント化、高速化が期待される³⁾。

2. PHSの基本コンセプト

PHSの基本コンセプトは、家庭内 (自営) のデジタルコードレス電話端末を屋外 (公衆) でも使えるようにすることである。コードレス電話を基本にすることから、端末の送信電力は小電力の10 mWに制限される。このことにより、PHS端末の消費電力を低減でき、端末の小型化・長時間利用が可能となるとともに、人体への影響も軽減される。また、サービスエリア展開に対しては必然的に1つの基地局がカバーする範囲を200 m程度としたマイクロセル構成になり、基地局数は増大するが周波数繰り返し効果により大容量のシステム構築が可能となる。さらに、マイクロセル構成の活用により、端末位置の位置検出精度を高めることができ、位置情報を利用したサービス展開も可能となる。

また、コードレス電話が基本ということにより固定電話並みの音声品質が要求され、PHSでは音声コーデックとして32 kbit/s-ADPCMを採用している。このことから、チャンネルあたりの情報伝送能力は32 kbit/sと高速になりワイヤレスマルチメディアへの適応性が出てくる。

さらに、PHSは自営/公衆システムの共用性によりPHS端末があらゆる通信システムの子機になれるという特徴も有している。このことより同一端末による無線アクセスのシームレス性が確保されるとともに、公衆モードのPHS端末を親機にし、この親機の子機として自営モードのPHS端末を用いることにより従来概念のコードレス電話のサービスエリアにモビリティをもたせることができる。

以上の内容は電話機能を中心とした従来のセルラーシステムにはないコンセプトであり、今後と

も PHS とセルラーは棲み分けながら発展するものと考えられる。

3. PHS を用いたデータ伝送技術

PHS を用いたデータ伝送としては、

(1) 回線交換モードによるデータ通信

(2) パケット交換モードによるデータ通信

に分類される。回線交換モードは通信中回線を専有することになるが、ファイル転送やまとまった画像伝送には料金的にも適した方式である。一方、インタラクティブな使用が多く伝送容量も小容量でバラバラな通信に対しては、パケット交換モードが料金的に有利になる。ここでは、今年度からサービス開始予定の回線交換モードによるデータ通信を中心に解説する。

3.1 システム構成

ディジタルセルラー方式では、音声符号化に音声特有の特徴を利用して低ビットレート化を図った方式が使用されており、音声帯域伝送によるデータ通信ができない。このため、ディジタルセルラー方式では音声符号化をバイパスし誤り制御を行うことにより 9.6 kbit/s 程度までのモデム通信を提供する方式がとられている。

一方、PHS においては、音声符号化に 32 kbit/s-ADPCM を用いている。この符号化方式は音声波形を忠実に再現することを目指した波形符号化方式のため、ある程度の伝送速度までは音声回線そのままを利用して特殊なアダプタを必要とせずにモデム伝送や FAX 伝送などのデータ

伝送が可能である。基地局周辺のように無線回線品質の良好なエリアでは、ディジタルセルラーと同等の 9.6 kbit/s 程度までが利用できる。

PHS においては、ユーザチャネルの伝送速度が 32 kbit/s と高速であり、音声コーデックを用いずにこの速度を直接データ伝送に利用することにより高速データ伝送が可能となる。これが、32 kbit/s 非制限ディジタル情報によるデータ通信であり、システム構成を図-1 に示す。PHS においては、バックボーンネットワークとして ISDN を利用している。ISDN における基本伝送速度は 64 kbit/s であるので、基地局において 32 k-64 k の速度整合が行われる。無線側の利用者および固定網側の利用者ともにアダプタが必要となるが、網としては 32 kbit/s のトランスペアレントな非制限ディジタルベアラを提供し特別なプロトコル操作などを行わないので、利用者がエンドーエンドで自由に工夫して使うことが可能となる。

さらに、今後標準化が必要であるが図-2 に示すように、2 スロットをまとめて利用することにより、64 kbit/s までの拡大も可能となる。この段階で、ISDN の基本伝送速度と整合がとれるので、伝搬環境の良好な場合には ISDN 端末との接続が可能となる。この方式に対しては、2 スロットのチャネル割当技術、干渉回避技術、移動にともなうセル間の通話継続を維持するハンドオーバー制御などの技術開発が必要である。

3.2 誤り制御技術

モビリティをともなう無線環境においては、フ

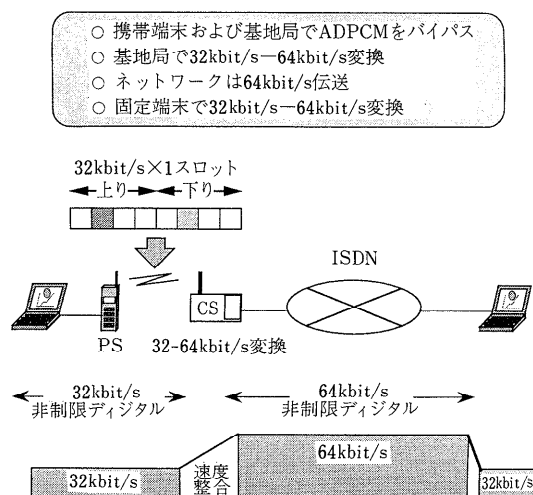


図-1 PHS32kbit/s データ通信

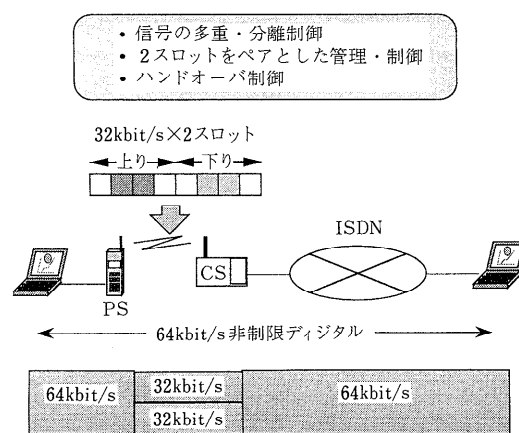


図-2 PHS64kbit/s データ通信

ェージングと呼ばれる急激な受信レベル変動やチャンネル切り替えにともなう通信の瞬断などが発生し、品質が低下する。このため、無線データ通信では、誤り制御技術による伝送品質の向上が非常に重要となる。デジタル回線での誤りパターンとしては、熱雑音などにより時間的に不規則に発生するランダム誤りとインパルス性雑音やフェージングなどにより集中的に発生するバースト誤りの2種類に大別される。実回線ではこれらの誤りが混在して発生している。代表的な誤り制御技術としては、順方向誤り訂正方:FEC (Forward Error Correction) と、自動再送要求方式:ARQ (Automatic Repeat reQuest) に大別される。

FEC方式は、誤りが発生することを前提として、伝送すべき情報にあらかじめ冗長な情報を送信側で付加して送信することにより、無線区間で誤りが発生しても受信側のみで一方的に正しい情報を復元するという方式である。本方式は、音声通信のように一定遅延が要求される通信システムにおいて適用されるが、誤りが誤り訂正符号の能力以上に発生した場合には、エラーフリー伝送にならない。

ARQ方式は、誤り検出符号により誤りを検出したときに再度同一の情報を送信し直すことにより誤りの回復を図るものである。本方式では、受信側から送信側へ何らかの再送要求を返すために、帰還通信路を必要とする。したがって、ARQ方式では、全二重あるいは半二重の双方向通信路での適用が前提となる。本方式は、データ伝送や画像通信などのように遅延時間のバラツキは許容されるがエラーフリーが要求される非電話系システムに適用される。誤りが大きい場合にもエラーフリーは実現されるが、再送回数の増加にともないスループットは低下する。ARQには基本方式として、送信フレームごとに送達確認を行うSW (Stop and Wait) -ARQ、連続してフレームを送信し誤りが発生するとその誤ったフレームまで戻って送信しなおすGBN (Go Back N) -ARQ、連続してフレームを送信し誤りが発生するとその誤ったフレームのみを再送するSR (Selective Repeat) -ARQの3方式がある。SR-ARQ方式は最も高いスループットが得られる方式であるが、再送されるフレームが正しく受信

されるまですでに正しく受信されているフレームを受信バッファメモリに格納し、再送されたフレームを元の番号順に整理して受理するという制御が必要である。

国内の標準デジタルセルラー方式であるPDC (Personal Digital Cellular) におけるデータ伝送では、WORM-ARQ (ARQ with Window control Operation based on Reception Memory) 方式を採用している。本方式は、高効率なSR-ARQとバッファメモリ管理が容易なGBN-ARQを誤り状況に応じて適応的に切り替えて利用する方式である⁴⁾。

PHSにおいてもARQは非常に効果的であり、高スループットが得られるMODS-ARQ (Modulo Operation using Data field Selective repeat ARQ) 方式が開発された^{5),6)}。本方式は送信番号帰還型のSR-ARQを基本とし、ユーザデータのランダム性に着目し、ユーザデータの一部の領域を比較することによりフレーム番号を識別・管理する方式である。本方式により、従来必要であったフレーム内の固定的な制御領域を削減することが可能となり、高スループットを確保することができる。

4. 標準化動向

PHSにおいて、32 kbit/s 非制限デジタル情報のデータ伝送を行うためには図-3に示すようにPHS端末(PS)と無線基地局(CS)の間のエアインタフェースとPHSのバックボーンであるISDNのネットワークインタフェースの標準化が必要となる。エアインタフェースについては、1995年末に電波産業会(ARIB)によりRCRSTD-28第2版として32 kbit/s 非制限デジタル情報の新設にともなう標準化が完了した⁷⁾。主な内容としてはサービス属性の伝達能力情報要素(BC)に情報転送能力:非制限デジタル情報の追加および低位レイヤ整合性情報要素(LLC)と高位レイヤ整合性情報要素(HLC)の規定である。ネットワークインタフェースに関しては、1996年4月に電信電話技術委員会(TTC)により、PHS基地局のデジタル網間インタフェース(レイヤ3仕様)を規定したJT-Q 931bの改版として制定された⁸⁾。もともとネットワークは64 kbit/s 非制限デジタル情報の

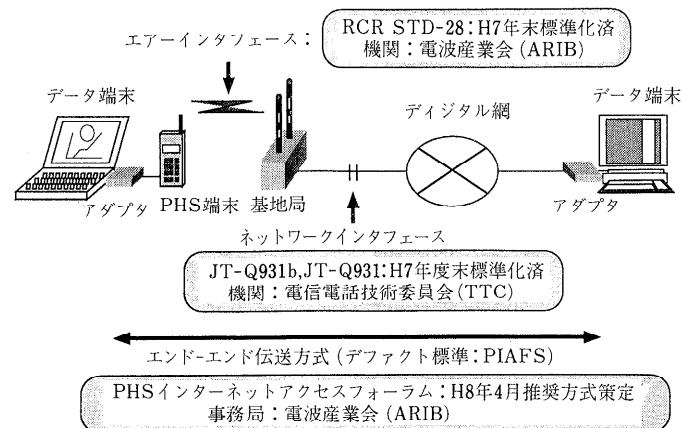


図-3 PHS データ伝送に関する標準化対象と標準化機関

- 簡易な再送制御 (ARQ) でスループットが高い (最高 29.2 kbit/s)
- 呼ごとに国内/国際/衛星通信など種々のネットワーク形態における伝送路遅延条件下で最適な再送制御が可能であり、スループットが高い
- 同一呼内でのデータリンクの手動切り替えが可能
- データの分割・組立機能により、多様な上位プロトコルが選択可能
- スループット低下のない全二重通信が可能

(PIAFS: PHS Internet Access Forum Standard)

図-4 PIAFS の特徴

転送能力を有していることから大きな変更は行われていない。

上述の標準化により、PHS における 32 kbit/s 非制限デジタル情報のデータ伝送が可能となる。しかし、PHS のようにフェージングがあるような通信環境において、高速かつ高品質にデータ伝送するためにはエンド-エンドでの伝送制御手順 (レイヤ 2) を決めておくことが望ましい。そこで、1995 年 10 月に PHS インタフェースアクセスフォーラムが設立され、技術部会を中心に伝送方式の検討が進められた。1996 年 4 月に PHS Internet Access Forum Standard: PIAFS (ピアフと呼ぶ) として統一規格が策定され、最終仕様に向け相互接続性確認の作業が進められた。

本 PIAFS の特徴を図-4 に示す。ここで、誤り制御方式の高スループット再送制御技術としては、前述の MODS-ARQ がベースになっている。図-5 に PIAFS のスループット特性例を示す。応答遅延時間を 200 ms とし、伝送路遅延を 50 ms、

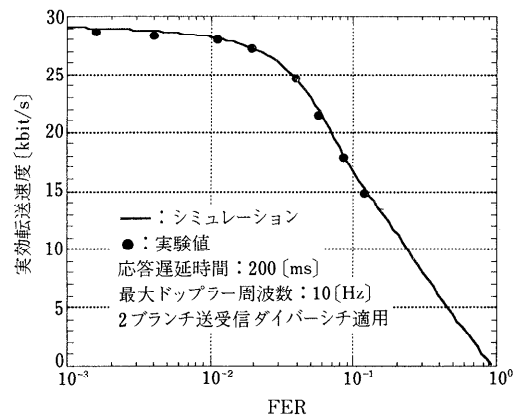


図-5 PIAFS のスループット特性

それ以外の遅延時間を 150 ms とした場合の特性である。図-5 より最高転送速度 29.2 kbit/s を実現しつつ、フレーム誤り率 (FER) が 3% 程度の劣悪な環境でも 25 kbit/s 以上の実効転送速度を達成できることが分かる。

PIAFS を適用した場合のシステム構成例を図-6 に示す。この例では、PHS 端末側の PIAFS アダプタ (ADP) と対向する ADP との間で PIAFS プロトコルによる誤り制御が行われ、最高実効転送速度として 29.2 kbit/s が得られる。プロトコル変換装置から V.34 によるモデム通信により電話網 (PSTN) 経由で一般の固定データ端末に接続することにより、エンド-エンドで 28.8 kbit/s の高速モデムデータ通信も可能となる。さらに、V.42 bis 方式のデータ圧縮により最高で 115.2 kbit/s の高速伝送を実現できる。また、センタ側 PIAFS アダプタ経由でイ

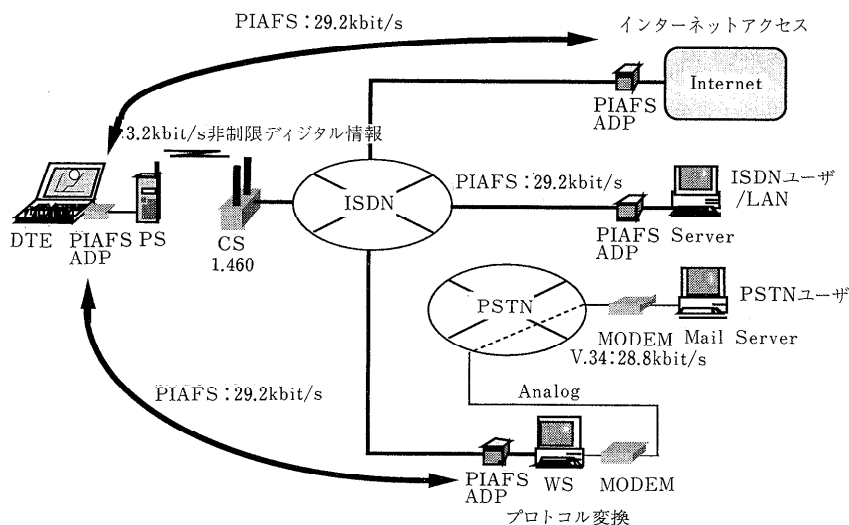


図-6 PIAFSを適用したPHSデータ伝送システム

インターネットに接続することにより、モバイル環境でのE-Mail利用やWWWなどへの高品質・高速インターネットアクセスが可能となる。

PHSの国際展開を促進するため1995年7月にPHSMoU（Memorandum of Understanding）グループが設立された。PHSMoUは、ユーザー利便性の向上と電気通信事業の発展を目的として、PHSを世界に広く普及拡大していくため、国内外の事業者、メーカーなどが集まり知的所有権（IPR）、インタフェース仕様の国際化など共通課題について対応することをねらいとしている。

5. モバイルマルチメディアへの展開

PHSを用いたデータ伝送においては、まず、PHSのサービスエリアにおいて、できるかぎり高いスループットで高品質にインターネットやホストコンピュータに接続したいというニーズが大きいと考えられる。このニーズに対しては、前述したPIAFSに準拠したアダプタや携帯情報端末を採用することにより対応可能となる。しかし、今後のモバイルマルチメディア通信サービスを実現するためには、PHSのひとつのチャネルである32 kbit/sを有効活用して、たとえば音声に8 kbit/sをデータに24 kbit/sを割り当てるような多重通信をしたり、画像情報を32 kbit/sという低い伝送速度の中で高品質に効率よく伝送することが要求され、移動通信環境における無線マルチメディア伝送技術の開発が不可欠となる。たとえ

ば、音声とデータの多重通信の場合、音声にはリアルタイム性を重視した低遅延で誤り耐力の強い音声コーデックを用い、残りのデータ部分のみに再送制御のような誤り制御を適用するような適応制御が必要になる⁹⁾。

また、不安定な移動無線環境の中で、快適にモバイルコンピューティングを行うためにはユーザーの位置や状況に応じた通信環境を提供するようなモバイルミドルウェアの研究開発が重要になる。

さらに、利用者の立場からはできるだけ安い料金で通信の目的を達成したいという要望があり、周波数有効利用の観点からはできるだけ無駄な通信をさけ加入者容量を高める必要がある。これらの要求を満たすための手段として、通信する人の周辺の無線環境（レイヤ1～3）を情報として取り上げ、これらを従来のエージェント通信機能に組み込むことにより無線回線の不安定性をユーザーに感じさせないようにするワイヤレスエージェント通信が有効と考えられる。

図-7は、ワイヤレスエージェント通信の概念図であり、図-8はレイヤモデルである。たとえば、PHS端末が認識できる圏内/圏外情報や受信レベル、位置情報などを端末側からエージェントサーバに適宜通知し、センタ側で適切な情報処理・判断をすることにより上位レイヤのみで処理するエージェント通信よりもさらに効率がよく品質の高い通信を実現できる。

図-9に圏内/圏外情報を活用した自動情報転送

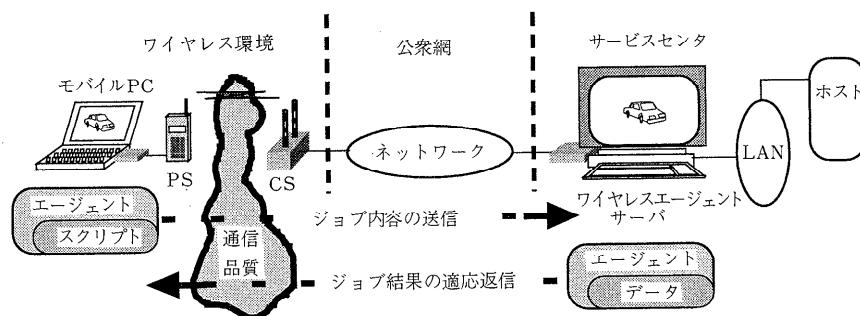


図-7 ワイヤレスエージェント通信サービス

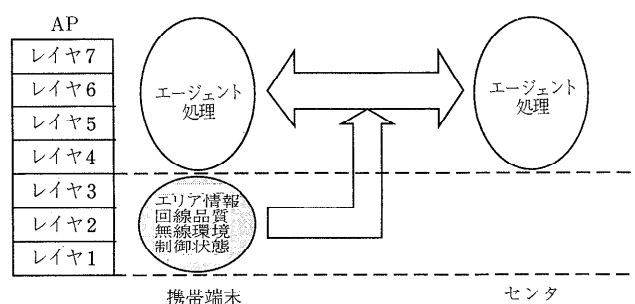


図-8 ワイヤレスエージェント通信のレイヤモデル

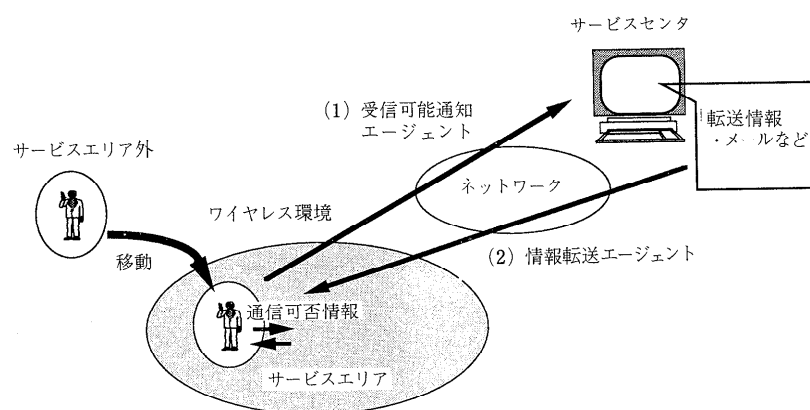


図-9 知的自動情報転送サービス

サービス例を示す。まずクライアントは無線通信環境条件にかかわらず希望するデータ処理ジョブをエージェント入力機能を用いてモバイル PC に入力する。ユーザの移動にともなって PHS 端末がサービスエリア内に入ると、先ほどのジョブがエージェントとして自動的にサーバ側に転送され PHS 回線は切断される。サーバ側のジョブ結果は PHS 端末からの圏内通知情報をトリガとしてクライアントに自動転送される。そのほかのワイヤレスエージェント通信サービスとして、位置情

報を利用した自動電話接続サービスや知的情報案内サービスなども考えられる¹⁰⁾。このようなワイヤレスエージェント通信サービスでは、無線回線の接続・切断が頻繁に発生するため発呼から通信状態になるまでにかかるネゴシエーション時間が問題になる。一般にモデム接続では15秒程度かかるのに対し、PIAFSでは0.3秒程度でありワイヤレスエージェントを活用したモバイルコンピューティングにはPIAFSが適する。

6. おわりに

本稿では、PHS を用いた回線交換モードの高品質・高速データ伝送技術、標準化動向および PHS を用いたマルチメディア通信の今後の展開について述べた。PHS の 32 kbit/s 非制限デジタル通信サービスは、端末、基地局およびネットワーク機能の整備により今年度から広域エリアで商用サービスが開始される。このことは世界的にみても初めてのことであり、日本が世界を1歩リードしたといえる。近年のインターネットの爆発的な発展、外出先でのビジネスチャンスの拡大などの社会現象の変化にともなって、モバイルコンピューティングへの要求はますます拡大していくであろう。この要求に対し、PHS によるマルチメディア通信サービスは十分適応できるものであり、今後の展開が期待される。

参考文献

- 1) 小川圭祐, 小林忠男: やさしいパーソナルハンディホン, 127 p., 電気通信協会 (1995).
- 2) 石川 宏: パーソナルハンディホンシステムと今後の展開, NTT R&D, Vol. 44, No. 2, pp. 15-22 (1995).
- 3) 田中利憲他: PHS マルチメディア伝送システム, NTT R&D, Vol. 45, No. 11, pp. 3-10 (1996).
- 4) 上林真司他: 非電話信号伝送サービス, NTT DoCoMo テクニカルジャーナル, Vol. 1, No. 1, pp. 47-49 (1993).
- 5) Matsuki, H., Takanashi, H. and Tanaka, T.: Throughput Performance of SR ARQ with Modulo Operation Using Data Field in Mobile Environment, ICUPC '96, pp. 586-590 (Sep. 1996).
- 6) 松木英生他: PHS における高品質・高速データ伝送に向けた誤り制御技術, NTT R&D, Vol. 45, No. 11, pp. 11-20 (1996).
- 7) 電波産業会: 第二世代コードレス電話システム (PHS) 標準規格第2版 (RCR STD-28) (Dec. 1995).
- 8) 電信電話技術委員会: PHS 公衆用基地局-デジタル網間インタフェース (レイヤ3仕様) JT-Q 931 b 第4版 (Apr. 1996).
- 9) 山階正樹他: PHS マルチメディア端末技術, NTT R&D, Vol. 45, No. 11, pp. 21-30 (1996).
- 10) 田中利憲: PHS を使用したモバイルコンピューティング, 第9回情報伝送と信号処理ワークショップ, pp. 89-96 (1996).

(平成9年2月21日受付)



田中 利憲

1951年生, 1975年大阪大学工学部通信工学科卒業, 1977年同大学院修士課程修了, 工学博士 (1988年大阪大学), 日本電信電話(株)ワイヤレスシステム研究所パーソナル通信研究部パーソナル通信方式研究グループグループリーダー 主幹

研究員, 衛星搭載通信機器, SS-TDMA などの衛星通信方式に関する研究, 電磁界解析, MMIC などの高周波回路設計に関する研究, 個人IDを用いた新サービス開発, パーソナル通信方式, PHS の高度化技術, PHS を用いた高速データ伝送システムなどの研究開発に従事, 著書「わかりやすいパーソナル通信技術」など, 電子情報通信学会, IEEE 各会員, e-mail: ttanaka@pcs.wslab.ntt.co.jp