

解説



赤外線データ通信技術の動向†

塚本昌彦††* 今井明††

1. はじめに

近年、計算能力が高く軽量のハードウェアが安価に提供されるようになり、持ち運びの可能な、真に個人のための計算機が市場に出てきている。特に、個人情報の管理を行う PDA (Personal Digital Assistant) と呼ばれる携帯情報機器は、利用者が情報を必要ときに「いつでも、どこでも」取り出したり、記録したりすることを可能とする。たとえば、ショッピング情報や地理情報など、そのときいる場所で情報を取り込んだり、電車や車の中でインターネットなどの広域ネットワークに接続してメールやニュースを読むなど、通信機能を中心とした新しい利用形態が徐々に拡大しつつある。

このように携帯情報機器の利用性が高まるにつれて、ユーザ層も計算機利用者よりむしろサラリーマンや家庭の主婦/主夫、高齢者、学生、中高生などの一般ユーザが中心となりつつあり、使いやすさがより強く求められるようになってきた。前述のように、携帯情報機器の利用形態を実現する上でネットワークへの接続が重要となるが、そのような意味から、それがコードレスで実現されることは、可搬性や利便性を考えると必須であるといえる。現在、特に、赤外線 (IR: InfraRed) を利用した通信が、小型化、軽量化、法規制、セキュリティなどの観点から有用性が高く、注目を集めている。

本稿では、赤外線を用いた無線データ通信の動向について、携帯情報機器での利用形態の中心である 1 対 1 あるいは 1 対 N 型の比較的短距離通信に絞って、その通信プロトコル、標準化動向、

応用について解説する。なお、赤外線を用いた無線 LAN に関しては、その用途が本稿が対象とする通信方式とは異なり、出力やプロトコルなどが異なるため、説明を省略する。赤外線を利用した LAN に関する動向は、本誌 Vol. 35, No. 11 の「無線 LAN」特集 (特に宮澤らの解説⁹⁾ に詳しい) を参照されたい。以下、2. で、赤外線データ通信の特徴を述べ、3. で、既存のプロトコルとして、携帯情報機器などで普及している物理層、データリンク層の方式を述べる。さらに、4. で、IrDA (Infrared Data Association) における標準化活動の内容について解説し、最後に 5. で、今後の展望について述べる。

2. 赤外線通信の特徴

無線による通信には、媒体として電波を利用するものと、赤外線を利用するものがある。携帯情報機器では、どこへでも持ち運べるという特長を生かすため、赤外線を利用した通信の方が以下の点で有利である。

- 送受信器の小型化、軽量化、低コスト化が容易である。

- 電波の場合は国や地域によって使用可能な周波数や出力の制限が異なり、また免許が必要となることがあるが、赤外線の場合は一般に使用範囲の柔軟性がある。

- 電波は壁を越えて伝わるが、赤外線は目に届く範囲にしか到達しないので、セキュリティなどの観点から運用上の管理が容易である。

また、赤外線は直進性が強くほとんど回折しないが、壁などでは多少反射するという性質がある。このような性質から、赤外線通信の特徴として、以下の点があげられる。

(1) 不安定な接続

送受信器の間に障害物が入り込むと、一般に通信が不可能となる。また、太陽光、蛍光灯などの

† Trends of Infrared Data Communication Technologies by Masahiko TSUKAMOTO and Akira IMAI (Information Technology Research Laboratories Corporate Research and Development Group Sharp Corporation).

†† シャープ(株)技術本部情報技術研究所

* 現大阪大学工学部情報システム工学科

ノイズ源の影響を受けやすい。このため、赤外線通信では、エラー時の再送を効率よく行うなど、信頼性を高めるプロトコルを実装する必要がある。

(2) 半二重

リンクを全二重化することが一般に困難である。これは、反射などの影響により、自ら発光した赤外線を受光してしまう点と、波長（周波数）がデバイスで固定されるため、電波のように送受信で異なる周波数を用いて全二重化することができないためである。

これらの点は従来の通信プロトコルではあまり考慮されてこなかったため、赤外線通信では物理層、データリンク層において独自のプロトコルが使われている。

3. 既存のプロトコル

既存の携帯情報機器では、機器同士で名刺交換やデータ交換を行ったり、プリンタ出力を行ったり、PCと接続してデータのバックアップや必要な情報のダウンロードするなど、様々なアプリケーションで赤外線通信を利用している¹⁰⁾。本章では、このような用途のための赤外線通信手段として最も普及している ASK 方式¹¹⁾と呼ばれる通信手段について簡単に解説する。ASK 方式は、シャープの電子手帳やザウルスのシリーズ、シャープ、Apple の Newton、IBM ThinkPad 755、Sun の Voyager などにも搭載されている。

3.1 物理層

ASK 方式の物理層は、波長 900~1050 nm の赤外線を用い、図-1 に示すように、500 kHz の副搬送波^{*}を用いた ASK (Amplitude Shift Keying) 変調方式を用いる。

ASK 方式の特長として、後述のベースバンド方式よりノイズに強いという点があげられる。赤外線通信のノイズとしては太陽光やインバータ蛍光灯などがあり、様々な環境下で利用できるようにするために、ノイズ対策は最も重要な課題の 1 つとなる。

ASK 方式の諸元は、表-1 のとおりである。

3.2 データリンク層

ASK 方式のデータリンク層プロトコルを図-2

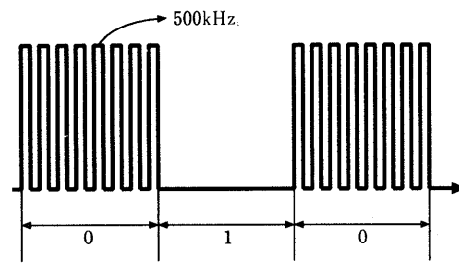


図-1 ASK 方式物理層プロトコル

表-1 ASK 方式の仕様

転送速度	9600 bps
データ長	8 ビット
パリティ	ODD (奇数)
ストップビット長	1 ビット
通信方式	調歩同期/半二重

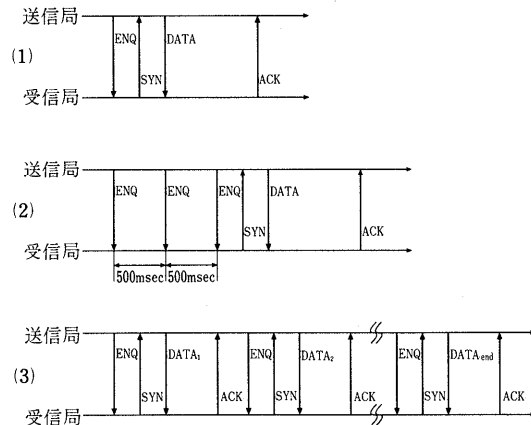


図-2 ASK 方式データリンク層プロトコル

に示す。これは 1 対 1 通信に限定されたプロトコルである。送信局は、最初に ENQ パケットを送信し、SYN パケットの到着を待つ。SYN パケットを受信するとデータパケットを送信する(1)が、SYN パケットが受信できない場合には、SYN パケットが受信できるまで、500 ミリ秒ごとに ENQ パケットの再送信を行う(2)。受信局は、データパケットをエラーなく受信できた場合には ACK パケットを送信し、そうでなければ NACK パケットを送信する。送信しようとするデータが、最大データパケット長 (512 バイト) を越える場合には、データを複数のパケットに分割し、それぞれのデータパケットを、ENQ-SYN-DATA-ACK の手順で送信する(3)。各データパケットには、パケット番号と、最終パケットかどうかを示すフラグが設定される。

^{*} 赤外線自体の周波数成分を変動させているのではなく、赤外線の強度を 500 kHz で変調している。

4. 標準化動向

従来の有線通信では、相互接続性のないものはコネクタの形状で物理的に接続できないようにすることができたが、無線通信は空間を媒体とするため、ケーブルやコネクタがない。このため、無線通信では利用者が相互接続性の判定を行うことは一般に困難である。

赤外線通信が特に携帯情報機器に向いている点を最初に述べたが、このような機器は、様々なところで、様々な相手と通信できることが重要になる。その結果、有線接続を仮定した情報機器以上に、相互接続性に対する要求が強くなるのは当然である。

このような背景から、赤外線通信の相互接続性を向上するため、1993年にIrDA (Infra-red Data Association) が設立された。IrDAは、民間の標準化団体であり、低出力、指向型、短距離、1対1あるいは1対Nの赤外線によるデータ通信のための標準を策定している。現在までに世界中から、AT&T, Apple Computer, British Telecom, Digital Equipment Corp, 富士通, Hewlett Packard, IBM, Intel, Microsoft, National Semiconductor, NOKIA, Novell, NTT, NEC, Siemens, シャープ, Sun Microsystems, 東芝など、100社近い企業が参加している。

IrDAのプロトコルスタックを図-3に示す。物理層としては2400 bps-115.2 kbpsのIrDA-SIR (Serial InfraRed)⁹⁾、データリンク層としてはHDLCをベースとしたIrLAP^{*} (Infra-red Link Access Protocol)²⁾、また、さらにその上位で通信路の多重化、および情報検索を行うIrLMP^{**} (Infra-red Link Management Protocol)³⁾、IrLMP上でフロー制御を行うためのオプション

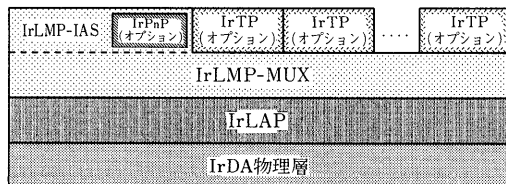


図-3 IrDA プロトコルスタック

* 「アイ・アール・ラップ」と発音される。
 ** 「アイ・アール・ランプ」と発音される。

としてIrTP (Infra-red Transport Protocol)⁴⁾が採用されている。IrLMPの附属書として、機器情報の形式を規定するIrPnP (Infra-red Plug and Play)⁷⁾がオプションとして採用される予定である。本章では、これらのプロトコルについて順に解説したのち、IrDAでの最近の話題の一部を紹介する。

4.1 物理層

IrDA-SIRは、2400 bps-115.2 kbpsの中低速通信の物理層プロトコルで、図-4に示すような波長850 nmのベースバンドのRZ (Return-to-Zero, パルス幅は3/16)方式を使用する(図-4参照)。通信可能な範囲は、距離0~1 m、中心角15度の円錐としている。115.2 kbpsは高速パソコンのシリアルポートの最高ビットレートであり、当面はこれでユーザの要求を十分満たすものと考えられている。

4.2 データリンク層

IrLAPは、広域網などで広く使われているHDLC (High-level Data Link Control)の半二重手順をもとにするコネクション型のプロトコルであり、以下のような特徴を持つ。

(1) リンク開設時のコネクションパラメタの折衝

リンクを開設する際に、以下のパラメタを折衝する。

- ビットレート

9600 bps以外のビットレートの実装はオプションであり、リンク開設時には必ず9600 bpsで通信を行う

- 最大パケット長

64~2 Kバイト。

- 最大ターンアラウンド時間

半二重通信のため、パケット送信権を5~500ミリ秒おきに交換し、送信権を一局が握り続

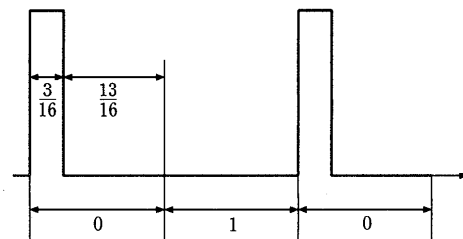


図-4 IrDA 物理層プロトコル (IrDA-SIR)

けないようにするとともに、リンクが切断していないことの確認を行う。各局は、最大ターンアラウンド時間を越えてパケット送信権を持つことはできない。

●ウィンドウサイズ

ACK なしで連続して送信できるパケットの数 (1~7)。

●BOF (Beginning of Frame) 数

パケットの先頭を示すフラグ (BOF) の数 (0~48)。割り込みの遅い局との通信にはこれを多めに設定することで、取りこぼしを防止できる。

●最小ターンアラウンド時間

パケットを受信してから送信するまでに最低限空ける時間 (0~10 ミリ秒)。

●リンク切断時間

正常なパケットを受信できなくなってからリンク切断を行うまでの時間 (3~40 秒)。

(2) 乱数を用いたアドレッシングと動的なアドレス衝突解決手続き

装置の移動、アドホック性 (接続先の動的な変更) を考慮して、各局は4バイトの乱数を用いたアドレスを生成する。アドレス衝突が発生した場合の解決手続きも定義されている。

(3) 動的な局発見

通信可能な範囲に存在する局が移動により変更されうるため、リンク開設時に動的に局を発見する手続きを行う。

(4) ターンアラウンドを利用したメディアアクセスルール

最初に送信を行おうとする際には、最大ターンアラウンド時間である500ミリ秒間は必ずメディアをモニタし、何らかのトラヒックが検出されれば (メディアビジー) 送信を控えることにより、現存するリンクに対する干渉の問題を回避する。

(5) スニフィング

省電力を重視する機器のため、間欠受信を行うモードがオプションとして用意されている。

データ転送時には2バイトのヘッダとFCS (Frame Check Sequence) が付与される (図-5 参照)。イーサネットなどのコネクションレス型のLANプロトコルで使われているパケットと比べるとヘッダが小さく、データ転送の効率がよい。

データ転送のシーケンス例を図-6に示す。通

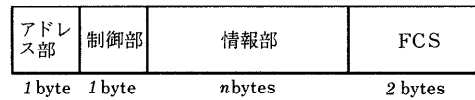


図-5 IrLAP フレーム

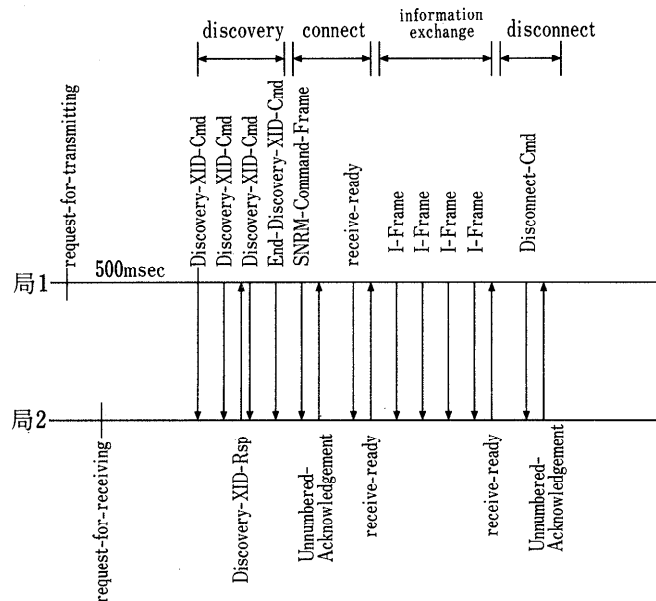


図-6 IrLAP プロトコル手順

常、互いの局アドレス情報を交換する手続きから開始される。一方の局が最初に 500 ミリ秒、トラヒックの有無を検査し、トラヒックがなかった場合のみ Discovery-XID-Command パケットを送信する。もう一方の局は、これに Discovery-XID-Response パケットを送信することで応じる。Discovery-XID-Command 送信後、応答がない場合には、500 ミリ秒おきにこの再送を行う。局アドレスの交換が終わった後、コネクションを設定し、データを送信し、コネクションを解放する。

4.3 上位層

IrLMP は、単一の IrLAP リンクを多重化する MUX (Multiplexer) と端末に関する情報のやりとりを行う情報アクセスサービス (IAS) という 2 つの部分からなる。リンクの多重化には 7 ビットの LSAP (Link Service Access Point) セレクタを識別子として用いる。LSAP セレクタ値の 0x00 および、0x70-0x7f は予約領域となっており、うち、0 番は IAS, 0x70 番はコネクションレス型通信に割り当てられている。IAS では、コマンド/レスポンス型の情報検索手続きと、いくつかの基本的なデータ表現方法が定義されている。

IrPnP は、機器の自動識別を行うための IrLMP-IAS 情報フォーマットを規定するもので、Microsoft, Intel から提案されている。接続されるデバイスを動的に識別、設定する OS のプラグアンドプレー機能を、赤外線を通じて接続されるデバイスに拡張するためのものである。

IrTP は、ISO トランスポート層クラス 2 をベースとして、アドレス表現を変更、余分な機能の削除をしたものである。アプリケーション別のフロー制御を行うことを主目的とする。

さらに上位のアプリケーションプロトコルに関しては、今後どのような形で標準化が行われるかについては見通しが立っていないが、アプリケーション相互でデータ交換を行うためには、アプリケーションデータフォーマットを含むさらに上位の層の標準化が必要であるという見方は多い。

4.4 認定

IrDA では、IrDA 標準にのっとって開発された製品の相互接続性を高めるため、IrDA に準拠することの認定と、認定製品に対するロゴの制度

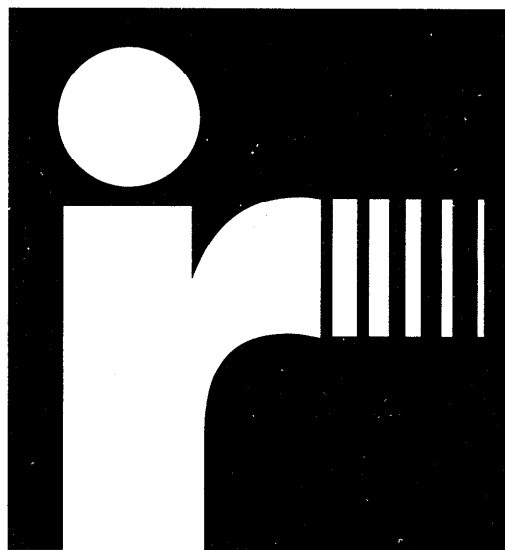


図-7 IrDA 認定ロゴ

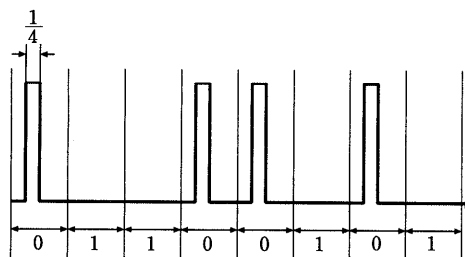


図-8 IrDA 高速物理層プロトコル (1 Mbps)

が検討されている。IrDA プロトコルの基準を満たす製品は、図-7 のようなロゴマークを使用し、よいものとされる予定である。このロゴマークは日本、アメリカをはじめ、世界数十カ国で商標として登録あるいは申請されている。

4.5 高速化

115 Kbps より高速の物理層の標準化の動きとして、1 Mbps, 4 Mbps の次世代の高速通信について、シャープ、Hewlett Packard, IBM の共同提案として IrDA に提案されている⁶⁾。この提案では、1 Mbps に対しては、ベースバンドの 1/4 のパルスを用いた RZ 方式が提案されている (図-8 参照)。また、4 Mbps に対しては、4 値 PPM (Pulse Position Modulation)* 方式が提案されている (図-9 参照)。これらの高速の物理層を有効に利用するためには、現規格の IrDA を搭

* パルスの有無で値を表現するのではなく、パルスの位置で値を表現する。

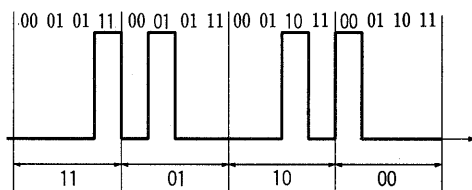


図-9 IrDA 高速物理層プロトコル (4 Mbps)

載した機器においても、高速プロトコルのトラヒックを検出できるような工夫や、転送効率を高めるためのデータリンクプロトコル/同期方式が必要であり、それらの点に関して IrDA でも審議される見込みである。

4.6 既存プロトコルとの共存

携帯情報機器に赤外線通信の技術を取り込む上では、いかに安く小さく実装するかということが最も重要な技術課題であるが、これを実現する回路の実装方式として、Digital ASK 方式¹⁰⁾が知られている。また、既存のプロトコルや今後開発されるプロトコルとの共存を可能にするための、マルチプロトコルサポート技術も重要である。それに対して、Digital ASK を用いて、相手局が持つプロトコルが IrLAP と ASK のいずれかであるかをデータリンク層で自動的に判別する方法が提案されている¹¹⁾。これらの点については IrDA でも提案および審議が行われた。

5. 今後の方向性と課題

IrDA の規格に基づいた携帯情報機器、ノートパソコン、プリンタなどの商品が市場に登場しはじめており、今後ますます普及することが見込まれている。

携帯情報機器においては、機器の小型化と無線通信機能、特に小型化に有利な赤外線通信機能が重要な役割を果たす。今後はさらに、上位層アプリケーションフォーマットの統一やスクリプト言語などによる柔軟性の高い RPC (Remote Procedure Call) 機能、また、効率のよい移動体対応プロトコル、アドレッシング方法などの技術的検討を行う必要がある。

赤外線通信プロトコルの標準化に関しては、今後、1~2 m の小規模 LAN、1~5 Mbps の高速の 1 対 1 型の赤外線通信に関しては IrDA で標準化が進められ、802.11 では中規模以上、10 m 以上、10 Mbps 以上の LAN を対象としてゆくもの

と思われるが、両者のリエゾンによって詳細な役割分担が決定されていくものと考えられる。

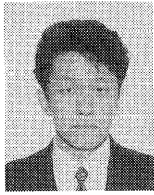
最近、携帯情報機器を、ページャ、携帯電話、PHS (Personal Handyphone System) などの移動体通信技術と組み合わせた応用に関する研究が盛んに行われるようになってきた⁹⁾。また、公衆電話を含む電話機が赤外線通信のインタフェースを備えることによって公衆網との接続が可能になると、「いつでもどこでも」広域ネットワークにアクセスできるという意味での利便性がさらに向上されるため、IrDA で定めた規格を元に、公衆網との接続プロトコルについても標準化の動きが立ち上がりつつある。

今後、テレビ、エアコンのリモコンなど、様々な家電製品や通信機器との組合せにより、赤外線通信技術の適用範囲はさらに拡大するものと期待される。

参考文献

- 1) Imai, A., Tsukamoto, M., Hieda, K. and Ichikawa, Y.: An Automatic Recognition Scheme of Infrared Communication Protocols, Proc. of Int'l Conf. on Information Networking (ICOIN-9), pp. 1-6 (Dec. 1994).
- 2) Infrared Data Association, Serial Infrared Link Access Protocol (IrLAP), version 1.0 (June 1994).
- 3) Infrared Data Association, Link Management Protocol, version 1.0 (Aug. 1994).
- 4) Infrared Data Association, Proposal for the use of ISO 8073 as an IrDA Transport Protocol (IrTP), version 1. (Aug. 1994).
- 5) Infrared Data Association, Serial Infrared (SIR) Physical Layer Link Specification, version 1.0 (Apr. 1994).
- 6) Infrared Data Association, Proposal: First Infrared (FIR) Physical Layer Link Specification, draft (Aug. 1994).
- 7) Infrared Data Association, Plug and Play, draft (Aug. 1994).
- 8) 宮澤正幸, 榎本 孝: IEEE 802.11 の動向, 情報処理, Vol. 35, No. 12, pp. 1104-1107 (Dec. 1994).
- 9) Ohno, H.: Improved Network Management using WIDE/PhoneShell, Proc. of INET'93 (Aug. 1993).
- 10) 塚本昌彦: 変わる電子文具: 可能性秘める赤外線通信, Computer Today, No. 63, pp. 46-51 (Sep. 1994).
- 11) ザウルス出現! Mark II ソフトバンク社 (Apr. 1994).

(平成 6 年 12 月 26 日受付)



塚本 昌彦 (正会員)

1987年京都大学工学部数理工学科卒業。1989年同大学院工学研究科修士課程修了。同年シャープ(株)入社。1995年より、大阪大学工学部情報システム工学科講師、現在に至る。知識処理およびネットワークシステムの研究開発に従事。1990年本会研究賞受賞。工学博士。人工知能学会、電子情報通信学会、日本ソフトウェア科学会、ACM、IEEE各会員。



今井 明 (正会員)

1987年大阪大学工学部通信工学科卒業。同年シャープ(株)入社。同年(財)新世代コンピュータ技術開発機構(ICOT)へ出向し、並列推論マシンPIMの研究開発に従事。1993年シャープ(株)技術本部情報技術研究所に復職。分散処理、並列処理、記号処理に興味を持つ。IEEE Computer Society 会員。1992年より本会学会誌編集委員。

