

赤外線簡易放送型通信を用いたパーソナル情報配信システムアーキテクチャの提案

一岡 義宏^{*1} 長村 伸一² 青木 輝勝* 安田 浩*

筆者等は、不特定多数の人で混み合う都市型コミュニティでの人々の生活や行動を支援するパーソナル情報配信システム「都市情報システム」を研究している。本システムは、発信者から受信者への情報の生産、配信、消費という情報の流通を生み出すことを目的とし、取り扱う情報を「上映用コンテンツ」と「持ち帰り用コンテンツ」に分けることによって、発信者により生産・発信された情報を受信者が手持ちの携帯端末に受信し移動しながら自由に閲覧できるモバイル時代のスタイルを可能にする。

本システムの特徴は、狭いエリアでの集中した情報取得要求による配信サーバへの負荷を分散するためのメインサーバと近傍サーバによる階層化サーバ構成と、エリア内に点在させた近傍サーバにおける赤外線通信による情報取得にある。

本稿では、これらのうち特に後者に焦点をあて、今日普及している赤外線 IrDA 規格の問題点を指摘すると共に、本システムのために開発・実装した赤外線簡易放送型通信プロトコル IrBRC と IrUCIS を提案する。

Architecture of Personal Information Delivering System with Simple Infrared Broadcasting Telecommunication

YOSHIHIRO ICHIOKA^{*1} NAGAMURA SHINICHI² TERUMASA AOKI*
And HIROSHI YASUDA*

The authors have been studying UCIS: Urban Community Information System, the personal information delivering system that can support a life and an activity of people at the crowded place in metropolitan areas. The purpose of this system is to produce information flow from sender to receiver, such as creating-delivering-consuming. Classifying delivering information into two groups: "content to show" and "content to go" makes it possible for receiver to carry retrieved information with his/her mobile terminal. The characteristics of this system are two-hierarchy-server structure composed of main server and adjacent servers to reduce main server workloads and infrared telecommunication at adjacent servers distributed within the community. This paper addresses the issue about current IrDA protocol and proposes simple infrared broadcasting protocol: IrBRC and IrUCIS that can avoid the congestion caused by many receivers' multiple accesses for information retrieving.

1. はじめに

近年、移動体電話の普及に伴い人々のコミュニケーションの主体が加入電話による固定空間から携帯電話や PHS による移動空間へと移り変わってきている。また一方で、インターネットの爆発的な発展とネット

ワーク技術の進歩により、ネットワーク上でやり取りされる情報がビジネス情報からパーソナル情報へと変化してきている。こうしたコミュニケーション主体の移動空間への移行とパーソナル情報ニーズの高まりは、携帯電話や PHS への情報提供サービス契約者数の急増が示すように、若者を中心とした世代に「移動しながら欲しい情報を取得する」という新しいモバイル時代のライフスタイルを生み出した。

さらに、私たちが生活を営む大都市圏に目をやると、21世紀初頭を目指して、ショッピングセンタ、住居、オフィス、エンターテイメント施設などが一体となった

*東京大学 先端科学技術研究センター
Research Center for Advanced Science and Technology
the University of Tokyo

¹株式会社 大林組
Obayashi Corporation

²リンク・エボリューション 株式会社
Link Evolution Corp.

複合施設型の大都市再開発が進められおり、特定の狭いエリアにこうしたモバイル時代の情報取得行動を取る不特定多数の人々が集中する街が誕生してくる。

しかし、現在の通信技術を用いてこうした狭いエリアでパーソナル情報の配信を行うと、個人のニーズに合ったサービス品質の高いコンテンツの提供ができないだけでなく、情報取得アクセスが集中すると輻輳を起し通信の不安定を引起こしてしまう。このため、パーソナルな情報を効率良く提供するシステムの開発が早急に求められている。¹⁾

筆者等は、このような不特定多数の人で混み合う街中や建物等の狭いエリア内において、人々の生活や行動を支援するパーソナルな情報サービスを安価に且つ効率良く提供できる「都市情報システム (Urban Community Information System: UCIS)」の研究を進めている²⁾。

本論文では、2. で従来の赤外線通信技術や放送型通信による情報提供方式に関する研究とその問題点を指摘し、3. で「都市情報システム」の概要について述べる。続く4. では赤外線通信の優位性を投資効果の面から考察する。また、5. において情報取得アクセスに対する赤外線通信について現状のIrDA規格の問題点を指摘するとともに、本システムのための赤外線簡易放送型通信プロトコルIrBRCとIrUCISを提案する。最後に、6. で本論文のまとめと今後の課題について言及する。

2. 従来の研究および関連技術

赤外線通信は、当初非常に近距離に位置する2端末同士を接続する目的で開発されたが、近年はその機能拡張に関する研究も行われ、無線アドホックLAN等に用いられている。文献³⁾⁴⁾では、会議等の場面において、参加者が持ち込んだ携帯端末間で自律的に1対1通信を繰り返して周囲の端末を認識し、一時的にLANを構築する技術が提案されている。しかし、これらの研究は1対1通信を基本とするため、本研究が対象とするような同時多発するアクセスの処理には不向きである。

また、IrDA規格の通信手順に「マルチプレクス処理」と「受信待機処理」を付加した赤外線1対多通信が実現されている⁵⁾が、この方式の場合「受信待機処理」を行うため、同時多発するアクセスに対しては遅延時間が大きくなる問題がある。

一方、放送型通信を利用した情報提供方式に関する研究に文献^{6)~10)}等がある。文献⁶⁾は、放送型通信において、データのアクセス頻度に基づいて各データの放送頻度を決定することで取得時間の期待値を最適化する方法を提案している。文献^{7)~10)}は、放送型通信路とデマンド型通信路の統合方式を提案しており、アクセス頻度に基づいて放送データとオンデマンドデータを分類している。これらの方式は、いずれもアクセス頻度に基づいてデータ配置や分類を行うことにより特定情報への情報取得要求に対する待ち時間の短縮を図っているため、販売チラシやレストランメニューのように利用者に均等に配信する情報提供サービスには必ずしも適していない。

3. 都市情報システムの概要

2. では既存赤外線通信の概要および放送型通信の研究について言及したが、本章では筆者等が研究を進めている都市情報システムの概要について述べる。本システムの構成ならびに取り扱うコンテンツの流れを図1に示す。メインサーバはコンテンツ発信者からアップロードされた「上映用コンテンツ」ならびに「持ち帰り用コンテンツ」を「上映スケジュール」と共に近傍サーバに配信する。前者は、広場に集まる人々やロビーを行き交う人々に対し配信サービスへの興味を誘発するためのコンテンツで、「上映スケジュール」に従って近傍サーバのディスプレイ上に再生される。一方、後者はコンテンツ発信者がコンテンツ受信者に情報を伝達するために制作した配布情報で、近傍サーバに接続

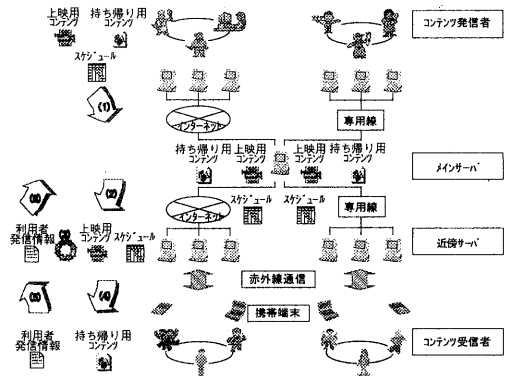


図1 都市情報システム概念図ならびにコンテンツ・情報の流れ
Fig. 1 UCIS System Configuration and Its Contents/Information Flows

された赤外線通信ポイントから簡易放送型通信により常時繰り返し配信される。コンテンツ受信者は、携帯端末を赤外線通信ポイントに近づけることでいつでも「持ち帰り用コンテンツ」を取得し持ち帰ることができる。さらに、コンテンツ受信者側から近傍サーバへの上り方向の通信に1対1通信を利用し、コンテンツ受信者の個人情報等を収集しワン・ツー・ワンマーケティングに活用したり、火事や地震等の災害時に、安否情報や災害情報を収集し広く一般に公開するような災害情報システムとして機能させたりする。コンテンツ受信者は、携帯端末上の通信ソフトのモードを変更し自らをサーバにすることで、受信した情報コンテンツを他へ配布することができる。このことにより災害時における緊急情報の連鎖的な伝達が可能となる。

4. 赤外線通信の投資効果における優位性

本章では都市情報システムにて赤外線通信を採用する理由について述べる。特に、携帯電話、PHSとのコスト比較を行い、赤外線が最も優位であることを示す。

携帯電話の場合、1基地局当たりで可能な通話チャンネル数は、次に示す基地局の通話能力から324チャンネルと考えることができる。

- ・36搬送波/基地局
- ・3チャンネル/搬送波
- ・3セクタセル方式

この条件下で携帯電話を用いたデータ通信と筆者等が提案するシステムでの近傍サーバに接続された赤外線通信ポイント324組のデータ通信の投資効果を比較する。伝送データサイズの変化による性能比較を図2に示す。速度は、携帯電話が28.8Kbps、赤外線は4Mbpsである。ただし、赤外線通信では1対1通信を基本としたアクセス時の利用者側での携帯端末の立ち上げや通信ソフト操作によるオーバーヘッドとして8秒を見込んでいる。

図2から携帯基地局1台の処理能力を赤外線通信系189台でカバーできることが分かる。携帯電話の基地局1台の設備投資と近傍サーバと赤外線通信ポイント1セットに対する設備投資を比較すると、両者に10³倍程度の格差があることから判断すると、投資効果の観点から赤外線通信系の方が優れていることが分かる。

一方PHSは、以下に示す基地局の処理能力から、全周波数帯域において231チャンネルでの同時通話が可能

である。この状態における伝送データサイズに対するPHSの性能を図3に示す。

- ・77搬送波/周波数帯域
- ・3チャンネル/搬送波
- ・通信速度：64Kbps

設備投資の点では両者に10倍程度の格差があることから、図3より携帯電話と同様に、赤外線通信系の方がPHS系より投資効果に優れていることが分かる。

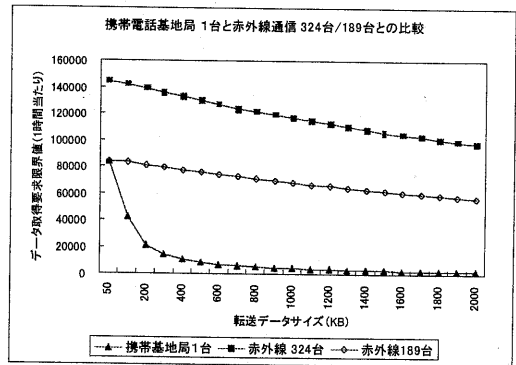


図2 携帯電話と赤外線通信の性能比較
Fig. 2 Comparison of System Performance between Cellular Phone and Infrared

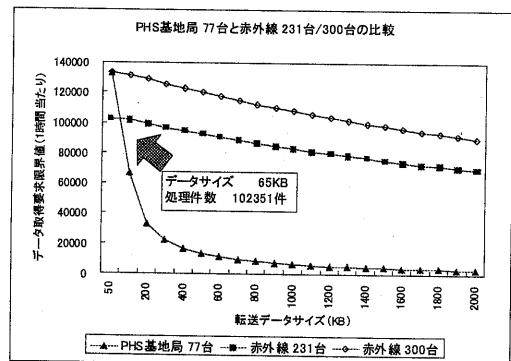


図3 PHSと赤外線通信の性能比較
Fig. 3 Comparison of System Performance Between PHS and Infrared

5. 簡易赤外線放送型通信の提案

5.1 都市情報システム向け放送型配信

現在、赤外線通信プロトコルとして最も普及しているIrDA規格はポイント・ツー・ポイント通信用のプロトコルである。このため、都市情報システムのように

同時多発アクセスを必要とする場合には適していない。そこで筆者等は、赤外線による簡易放送型通信プロトコルを開発し、都市情報システムに実装した。

一般に、放送型通信は図4に示すような一定速度Vで回転する円形ディスク上に配置されたコンテンツがアクセスポイントに到達した時に配信される仕組みと同等と考えることができる。

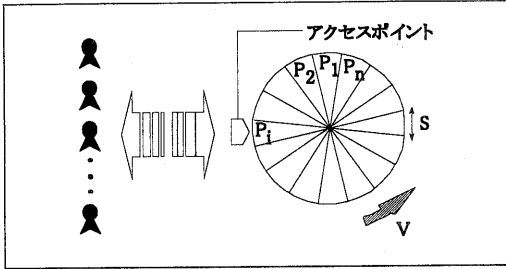


図4 放送型通信のモデル
Fig. 4 Broadcast Telecommunication Model

P_i をコンテンツ i へのアクセス頻度、 S をデータサイズ(Byte)、 T を放送周期、 V を伝送速度(bps)、 W_{ir} を平均待ち時間、 R_{ir} を平均応答時間とすると、次の(1)式から(5)式が得られる。

$$T = \frac{Sn}{V} \quad (1)$$

$$W_{ir}^i = \frac{S}{2V} (n+1 - \sum_{i=1}^n P_i) \quad (2)$$

$$R_{ir}^i = \frac{S}{2V} (n+3 - \sum_{i=1}^n P_i) \quad (3)$$

$$P_1 = P_2 = \dots = P_n = \frac{1}{n} \text{ の時} \\ W_{ir}^i = \frac{Sn}{2V} \quad (4)$$

$$R_{ir}^i = \frac{S}{2V} (n+2) \quad (5)$$

本稿では、筆者等が提案するシステムにおいて以下の3方式の放送型通信について各方式の平均待ち時間を求めて検討を行った。

■方式1：上映時間を一定にする場合

上映用コンテンツの上映時間をある一定値Tsh秒に固定し、その間に関連する「持ち帰り用コンテンツ」の

伝送を繰り返す(図5の「方式1」)。この場合、平均待ち時間 W_{ir} と平均応答時間 R_{ir} は(6)式と(7)式になる。

$$W_{ir}^i = \frac{1}{2} \left\{ T_{sh}(n-1) - \frac{T_{sh}(n-1)}{n} + \frac{S}{V} \right\} \quad (6)$$

$$R_{ir}^i = \frac{1}{2} \left\{ T_{sh}(n-1) - \frac{T_{sh}(n-1)}{n} + \frac{3S}{V} \right\} \quad (7)$$

■方式2：一度にまとめてn本配信する場合

上映用コンテンツの上映内容に関わらず、1回のアクセスで1度に「持ち帰り用コンテンツ」n本をまとめて伝送する。ただし、伝送中の割り込み受信は認めない(図5の「方式2」)。この場合、平均待ち時間と平均応答時間は以下の2式となる。

$$W_{ir}^i = \frac{Sn}{2V} \quad (8)$$

$$R_{ir}^i = \frac{3Sn}{2V} \quad (9)$$

■方式3：受信開始からの連続n本を配信する場合

方式2で他の受信者の受信中での割り込みを認め、受信者毎にそれぞれの受信開始時点に応じた連続したn本の「持ち帰り用コンテンツ」を受信させる(図5の「方式3」)。この場合n平均の時間と平均応答時間は次の2式となる。

$$W_{ir}^i = \frac{n}{2V} \quad (10)$$

$$R_{ir}^i = \frac{S}{2V} (2n+1) \quad (11)$$

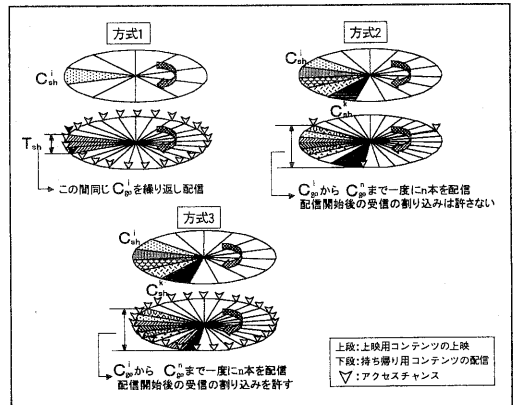


図5 3方式の赤外線放送型配信
Fig. 5 3 Methods of Infrared Broadcast Delivering

図6に、サイズ700KB、赤外線通信の伝送速度4Mbpsの場合における放送データ個数に対する平均待ち時間を示す(方式1においては上映時間を15秒に固定)。図6から方式3の放送型通信が、放送データ数の増減に関わらず一定の応答を確保できるため、最も効率が良いことが分かる。

そこで、筆者等は本研究において方式3に基づく赤外線簡易放送型通信プロトコルを開発し、提案システムにおける近傍サーバからの下り方向の情報配信に対し放送型通信を導入することで、同時多発する情報取得アクセスに対する赤外線処理効率の向上を図った。

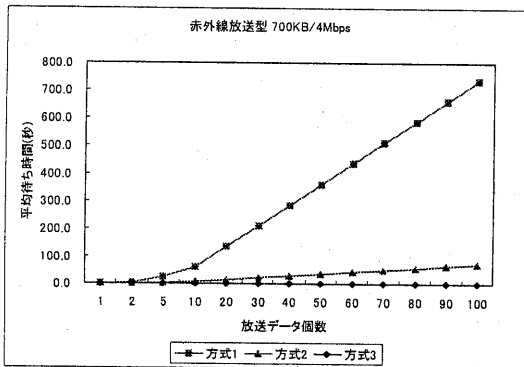


図6 赤外線放送型通信方式1、2、3の比較
Fig. 6 Comparison of 3 Methods of Infrared Broadcast Delivering

5.2 赤外線通信による放送型配信プロトコルの開発

筆者等は、先の5.1の方式3に基づく赤外線放送型通信プロトコルを開発するに当たって、IrDA規格¹¹⁾¹²⁾の利用検討を行った。

しかし、現行のIrLAPを用いて高速な放送型通信を実現するには以下の2点から不可能である。

- (1) 競合状態にある時の物理層のモニタで、過去500ms以内に先行する通信を検出した場合、割り込んで通信を行うことができない。
- (2) 競合状態での通信速度は9600bpsと規定されている。

そこで、筆者等はIrDA規格の物理層での規定はそのままに、図7に示すような「都市情報システム」のための新たな赤外線簡易放送型通信プロトコルとして、フ

ロー制御を行うTinyTPと通信を行うIrLAPの機能を合わせ持つIrBRC(Infrared Broadcast)とIrUCIS(Infrared UCIS)を開発し、実装した。また、パケットの多重化を行うIrLMPは本システムでは不要な機能なため取り除いた。

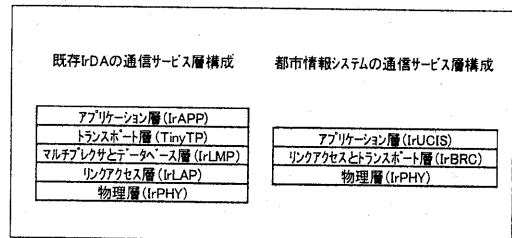


図7 赤外線通信サービス層の構成比較
Fig. 7 Comparison of Service Layers between IrDA and UCIS Protocol

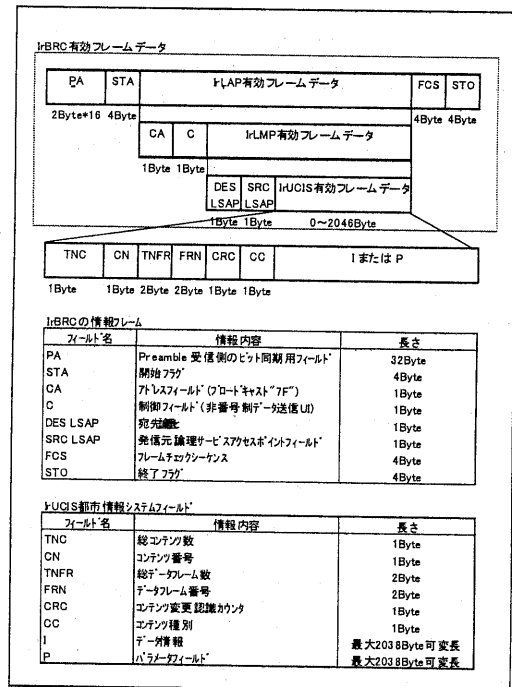


図8 IrBRCとIrUCISのデータフレーム形式
Fig. 8 Data Frame Format of IrBRC and IrUCIS

IrBRCとIrUCISは、IrDA規格の核となる部分のみを取り出した簡易版IrUltraをベースに、それぞれCとJavaで開発した。IrBRCとIrUCISのデータフレーム構成を図8に示す。

IrBRCの特徴は、以下の2点である。

- (1) 従来のIrLAPにある500msの無通信監視時間ならびに競合状態での9600bpsの通信速度制限をなくす。
- (2) 性能の異なる端末間での送受信におけるバッファ溢れを防ぐためのフロー制御を行う。

(1)に関しては、通信速度を現行のIrDA規格の物理層で規定されている最高速度4Mbpsとした。また(2)に関しては、クライアント側での受信処理時間を考慮して、サーバでのデータ送出時に各データフレーム間にインターバルを設けた。

表1にIrBRCで用意した9個のプロトコルドライバ関数の一覧を示す。

表1 IrBRCプロトコルドライバ関数
Table. 1 IrBRC Protocol Driver Functions

関数名	処理内容
Open	プロトコルドライバの初期化
QuerySupportBauds	利用可能な転送速度の問い合わせ
SetBaud	転送速度の設定(4Mbps)
SetTurnaroundTime	フレーム間のインターバル時間の設定(2ミリ秒)
Start	サーバ/クライアントモードの設定
Transmit	データ送信
Receive	データ受信
Stop	切断
Close	プロトコルドライバの終了

表2に送信距離が20cm時の文字データによるIrBRCのパフォーマンス測定結果を示す。表2より、受信側でのパケット処理時間を考慮するためのターンアラウンドタイム(TAT)を1ミリ秒に設定した際に転送レートが最も良いことが分かる。

表2 IrBRCパフォーマンス測定結果
Table. 2 IrBRC Performance

TAT (ミリ秒)	計測時間 (分:秒)	転送レート (bps)	受信フレーム数 (個)	損失フレーム数 (個)	損失率 (%)
0	37:00	376128	51014	480416	90.4006
1	40:12	1641384	241876	16	0.0066
2	32:38	1638616	196018	8	0.0041
4	32:28	1637120	194839	11	0.0056
6	35:23	1112936	145789	9	0.0062
8	37:07	1124008	148551	5	0.0034
10	37:15	1090152	148857	7	0.0047
20	52:43	654848	126545	12	0.0095

TATが0ミリ秒の時は、クライアント側でのパケット処理時間が全くないために受信バッファあふれが生じ、膨大な受信損失が生じていることが分かる。この計測値を例外値として排除して計測結果を見みると、フレーム受信損失は30分間に10フレーム以下程度であり、受信損失率の平均は 10^{-5} のオーダーである。

TATが2ミリ秒の時、理論上の理想的なデータ転送レートは、転送速度を4Mbps、DPL:転送データ長(2046Byte)、FOH:フレームオーバーヘッド(48Byte)、TAT(1000Byte)とすると、次式から2,645,120bpsと計算できる。

$$\text{転送レート} = 4 \times 10^6 \times \frac{DPL}{DPL + FOH + TAT} \quad (12)$$

例えば、表2のTATが2ミリ秒の時の転送レート1,640,000bpsは、計算上の理想性能値と比較してその実効レートは62%である。

このように、実験からIrBRCは低遅延、低損失であることが証明できた。

一方、アプリケーション層であるIrUCISは、以上の結果を考慮し、IrBRCでの受信時における損失フレームのリカバリを含め以下の4点を考慮して設計した。

- (1) コンテンツ受信側では、サーバが送信する連続したn本の「持ち帰り用コンテンツ」のどのコンテンツからでも受信することができる。
(図9受信者A, B, C)
- (2) コンテンツ受信者の受信中に、既に受信しているコンテンツの更新があった場合は、最新版を受信した上で、旧コンテンツと入れ替える。
(図9受信者B, C)
- (3) 受信エラーで受信できなかったデータフレームは次の周期まで待つて再受信する。
(図9受信者C)
- (4) クライアントとして近傍サーバから配信されているコンテンツを受信できるとともに、モード変更することにより、サーバとして受信済みのコンテンツや自らが制作したコンテンツを他に配信することができる。

IrUCISは、IrBRCが受信時に損失したデータフレームを補い復元する。図10に近傍サーバからの赤外線放

送型通信の実験に用いた「持ち帰り用コンテンツ」画面の一例を示す。実験では、サーバ機から3台のクライアント機に対して、HTMLソース、画像、テキスト等のコンテンツ部品ファイルをそれぞれオブジェクトデータとして個別に配信した。その結果、各クライアント機では個々のオブジェクトデータの支障ない受信が確認できるとともにコンテンツとしての再生も可能であり、放送型通信を確認することができた。また、障害物を用いての断続的な通信経路遮断に対しても、受信側のIrUCISの損失フレームリカバリにより元の送信データに復元できることが確認できた。

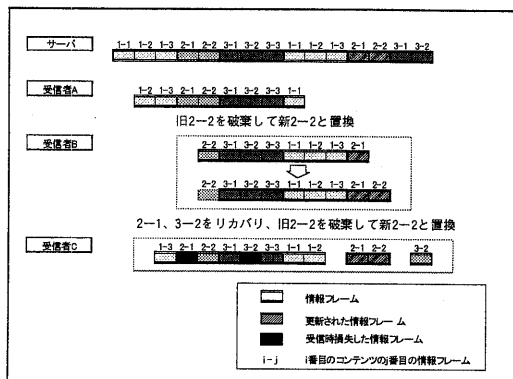


図9 データフレームと放送型通信
Fig. 9 Data Frame and Broadcasting



図10 「持ち帰り用コンテンツ画面例」
Fig. 10 An Example of Content to Deliver to Receiver

6. おわりに

本稿では大都市圏で建設が進む大型都市再開発に見られる複合施設型コミュニティのような不特定多数の人が集まるエリア内において、就労者、居住者、来訪者の生活や行動を支えるパーソナル情報提供システム、「都市情報システム」における赤外線通信によるアクセス系ネットワークについて、性能面およびコスト面で既存の無線系に比べ優れていることを示し、本システムにおけるサービスのための赤外線簡易放送型通信プロトコルIrBRCとIrUCISを提案した。さらに、その性能について、実効速度ならびに受信損失率共に実用レベルであることを報告した。

今後は、今回開発、実装できたIrBRCとIrUCISを用いたアプリケーション事例の開発や上映スケジュールに従って近傍サーバ上で「上映用コンテンツ」を再生するプログラム等の開発を進める予定である。

謝辞

本研究を進めるにあたりご支援をいただいたNTT移動体通信網ゲートウェイビジネス部の皆様に対し深く感謝の意を表します。

文献

- 1) 安田 浩, 21世紀: 情報大量消費時代の課題, 電子情報通信学会総合大会, 情報・システムソサエティ講演, Mar. 1998.
- 2) Ichioka, Y., Oguri, M., Aoki, T., Yasuda, H., UCIS: Urban Community Information System with Infrared Communication technology, Proc. International Conf. on Computer Communication (ICCC) Vol. 1, PP. 443-449, Tokyo Sept. 1999.
- 3) 片桐秀樹, 河口信夫, 外山勝彦, 稲垣康善, 赤外線通信を用いた頑健なモバイルアドホックネットワーク構築手法, 情報処理学会モバイルコンピューティング研究会報告, pp. 63-70, Dec. 1998.
- 4) 渡部瑞枝, 飯島洋介, 松本充司, 富永英義, IrDAプロトコルを基礎としたアドホックネットワークの一検討, B-7-124, 電子情報通信学会総合大会, Mar. 1999.
- 5) 梶原史雄, 八槨博史, 顧程, 西村俊和,

- 石田亨, 1対多赤外線通信プロトコルとその情報ベースアクセスへの応用, 第52回情報処理学会全国大会, 3B-7, 1996.
- 6) Acharya, S., Franklin, M., and Zdonik, S., Dissemination-based Data Delivery Using Broadcast Disks, IEEE Personal Communications, Vol. 2, No.6, Dec.1995.
 - 7) Imielinski, T. and Viswanathan, S., Adaptive Wireless Information Systems, Proc. IPSJ SIGDBS Workshop, pp. 19-41, 1994.
 - 8) Wong, J. W., Broadcast Delivery, Proc. IEEE, Vol. 76, NO. 12, pp. 1566-1577, Dec.1988.
 - 9) 箱守 聡, 田辺雅則, 石川祐治, 井上 潮, 放送/オンデマンド通統合型情報提供システム MobiCasterにおけるデータ提供方法の決定方式, DICOmOシンポジウム, pp. 499-506, July 1998.
 - 10) 箱守 聡, 田辺雅則, 石川祐治, 井上 潮, 放送型通信とオンデマンド型通信を統合した情報提供システム, 情報処理学会論文誌, Vol.40, No. 10, pp. 3772-3781, 1999.
 - 11) 松本充司監修, 北角権太郎著, 「赤外線通信プロトコル - IrDA 基礎編 - 」, トリケップス社, 東京, 1999.
 - 12) 松本充司監修, 北角権太郎著, 「赤外線通信プロトコル - IrDA 応用編 - 」, トリケップス社, 東京, 1999.