

ID タグと P2P ネットワークを用いた分散情報共有技術の検証

谷川 桂子¹⁾ 福沢 尚司¹⁾ 大平 栄二¹⁾ 万中 哲夫²⁾ 河村 英之²⁾ 水野 洋一²⁾

- 1) 株式会社日立製作所 システム開発研究所
(〒215-0013 神奈川県川崎市麻生区王禅寺 1099)
- 2) 株式会社日立製作所 情報制御システム事業部
(〒108-6613 東京都港区港南 2-15-2 品川インターシティ B 棟)

概要

国内外において、ID タグを利用した商品流通制御システムの導入開始など、「ユビキタス社会」が現実のものとなりつつある。ID タグは、人間が生活する実世界と、情報通信手段などを通じて知覚・認識される仮想的な世界とを結びつけるための技術の一つである。一方、サーバを経由しないで端末同士が直接通信を行う P2P ネットワーク技術が実用化されつつある。P2P ネットワークは、サーバコンピュータへのトラフィック集中がボトルネックとなることがないため、流動性の高いユビキタス環境における通信手段として効果的である。ID タグと P2P ネットワークを用いた分散情報共有技術を開発し、(株) 豊島園殿のご協力を頂き、一般参加者による実証実験を行った。

Evaluation of Distributed Information Sharing Method using ID tag and P2P network

Keiko TANIGAWA¹⁾ Shoji FUKUZAWA¹⁾ Eiji OHIRA¹⁾ Tetsuo MANCHU²⁾ Hideyuki KAWAMURA²⁾ Youichi MIZUNO²⁾

- 1) Hitachi, Ltd., Systems Development Laboratory
(1099, Ohzenji, Asao-ku, Kawasaki-shi, Kawagawa-ken, 215-0031, Japan)
- 2) Hitachi, Ltd., Information & Control Systems Division
(Shinagawa Intercity tower B, 2-15-2, Konan, Minato-ku, Tokyo, 108-6613, Japan)

ABSTRACT.

The introduction of the commercial distribution control system using ID tags is started, and “the ubiquitous society” is being realized. The ID tag is one of technology that connects the real world and the virtual space. At the same time, the P2P network technology that the terminals communicate directly is expected in the world where tens of millions of terminals move around and interact with each other. Combining the recognition of the real world environment using ID tags and the bi-directional communication among mobile devices using P2P network, we developed the software that enables dynamic creation of context-aware virtual communities bound to the physical object in real world. We have developed prototype software running on wireless LAN capable PDAs and did the demonstration experiment of the system at the amusement park.

1. 背景

国内外において、ID タグを利用した商品流通制

御システムの導入が始まるなど、「ユビキタス社会」が現実のものとなりつつある。ID タグは、人間が生活や仕事を行う実世界と、情報通信手段な

どを通じて知覚・認識される仮想的な世界とを結びつけるための技術の一つであり、規格の標準化が進められている。ID タグ自体は、実世界に存在するオブジェクトに何らかの識別子を対応付けるために使用される。

一方、ネットワーク通信分野では、サーバを経由しないで個人どうしが直接ファイルを交換したり、全世界規模に分散された多数のコンピュータを連携させて複雑な科学技術計算を行ったりすることを可能にするピアツーピア(Peer-to-Peer: P2P)型ネットワーク技術が実用化されつつあり。一般家庭においても ADSL や FTTH 等の「ブロードバンド化」が進み、大量のマルチメディアデータの授受が可能となった現在、P2P 型ネットワークは、サーバコンピュータへのトラフィック集中がボトルネックとなることがないため、きわめて多数の端末が移動したり、ネットワークに参加・離脱したりする流動性の高いユビキタスコミュニケーション環境における通信手段として効果的である。

これらの技術を組合せることにより、従来にはなかった新しいコミュニケーションサービスを提供できるものと考えられる。

2. 目的

独立法人情報処理推進機構(旧情報処理振興事業協会) 殿の「平成 14 年度 次世代ソフトウェア開発事業」において、上記背景で述べたような ID タグと P2P ネットワーク技術を活用したサーバレス完全分散型のコミュニケーションサービスを実現するための情報共有技術を開発した²⁾。ID タグとして μ チップを用い、ID タグのメタ情報の管理、メタ情報オーナー検索、コンテンツ情報の P2P 通信機能などを実装した。これにより、不特定多数の人が、あるオブジェクトに付随する ID タグを読み取ることでオブジェクトに関するコミュニティの生成、情報の共有を行えるサービスの基盤を提供した。

本年度は、02 年度の基盤技術の上に、実用化の観点から、本システムをアミューズメントパークへ適用したサービスを搭載して、一般参加者による実証実験を行い、実用サービスへ向けた課題の洗い出し、機能及びインタフェースへのフィードバックを行うものとする。

3. コミュニティ端末

本開発においては、利用可能な ID タグ技術の中から、日立製作所が開発している超小型 RFID タグである μ チップを採用した。

分散型情報共有システムは、ID タグの読み込みをトリガとして、ID タグがついている「モノ」に関するコミュニティを作成し、同じ ID タグを読み込んだ端末間で構成されるコミュニティ内で、メッセージやコンテンツの送受信を行うものである。基本機能の概要を、図 1 にコミュニティ形成の基本的な流れを示す。

(1) 実世界リンクの認識

本システムでは、ID タグを「実世界リンク」と呼ぶ。実世界リンクを通じて、現実世界と仮想世界との関連付けが可能となる。実世界リンクには固有の ID 番号が振られており、これを認識することにより、ユーザが注目している対象を特定することができる。

(2) ディスカバリ

実世界リンクには、「メタ情報」と呼ぶ管理情報が対応付けられている。本システムでは、任意の端末がメタ情報を保持する「オーナー」になることができる。

本開発では、ネットワーク通信を行うことにより、オーナー端末を発見し、実世界リンクに対応するメタ情報を取得するための仕組みを開発した。

(3) コンテンツの取得

実世界リンクに関連付けられたテキストメッセージや音声、動画等のコンテンツは、端末間で、直接 P2P 通信を行うことによって取得される。1個の実世界リンクに複数のコンテンツを関連付けることが可能であり、かつ、各コンテンツを所有する端末はそれぞれ異なってよい。

(4) プレゼンテーション

メタ情報を発見し、必要なコンテンツを取得すると、それを端末ユーザに対して表示する必要がある。プレゼンテーションの方法としては、一般的なメッセージボード型のアプリケーションやインスタントメッセージ(IM)型のアプリケーションなど、様々な形態が考えられる。

(5) キャッシング

ディスカバリやコンテンツ取得のための通信を効率よく行うため、必要に応じて取得した情報のキャッシングを行う。例えば、メタ情報のディスカバリを行うと、ディスカバリのためのメッセージを中継した端末は実世界リンクとそのオーナーとの対応関係をキャッシングする。

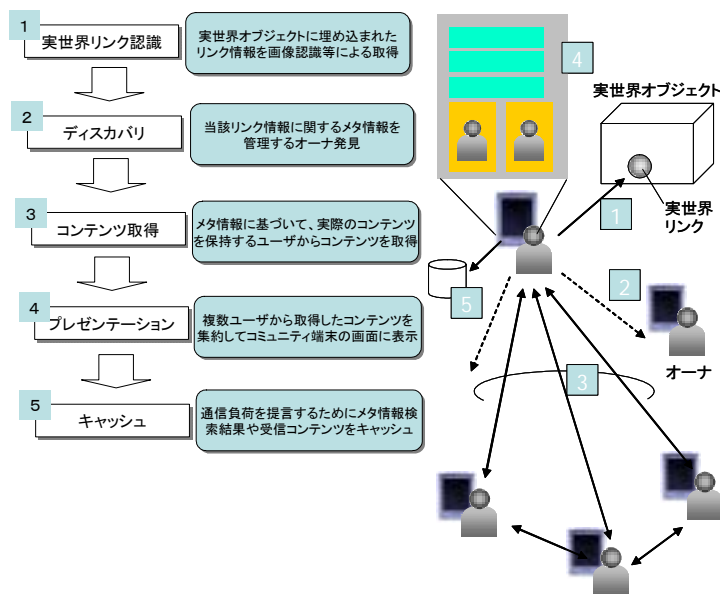


図1 コミュニティ形成の流れ

4. 実証実験システム

4.1 実験概要

3章に示した分散型情報共有技術をアミューズメント分野へ適用する場合の一例として、実証実験を行うためのアプリケーションプログラムを開発した。様々な種類のコンテンツを蓄積型のメッセージとして交換できる「メッセージボード型アプリケーション」を利用した「宝探しゲーム」とした。図2に、開発したコミュニティ端末の外観を、図3にユーザインタフェースを示す。



図2 開発したシステムの外観

- コミュニティ端末 (max30 台)
ハードウェア：日立製作所製 無線 LAN 内蔵 PDA
ネットワーク：内蔵無線 LAN(IEEE 802.11b 準拠)
- 実世界リンク
ハードウェア：日立製作所製 μチップおよび CF カードタイプ μチップリーダー

●実証実験

日時：2003年11月8、9、15、16日

参加者人数:25~30名/日

ネットワークは、アドホックネットワークとし、コミュニティ端末及び中継用 PC に、マルチホップ機能を有するアドホックネットワークルーティングソフトウェア OLSR (Optimized Link State Routing : IETF RFC3626) ³⁾ を搭載した。ユーザインタフェースは、PDA を知らないユーザでも分かりやすく扱えるよう、シンプルで直感的なデザインとした。

参加者は「チーム ID カード」を読み込むことにより、複数のチームに分かれ、園内に貼られている「宝 ID」を探す。「チーム ID カード」に付随するコミュニティ「A チームの広場」や新規に生成したコミュニティで、取得した「宝 ID」情報の通知や、チームリーダーからの隠し場所のヒントや、チームメンバーからの情報を共有する。チームメンバーの誰かが「宝 ID」を取得した場合、他のチームメンバーに取得情報が通知され、「見つけた宝」表示画面により、取得状況を確認できる。メッセージの入力には、質問・回答共に定型文を提供し、容易にコミュニケーションを取れるようにした。



図3 実証実験アプリケーション

図4に、アドホックネットワークの中継用 PC を設置した場所を示す。基点となる端末 101 (IP アドレス 192.168.1.101) を起動後、電界強度を計測しながら、(1)電源を確保できる、(2)係員の目の届く範囲であることを考慮し、順次中継用 PC を配置していく。「としまえん」園内は、各アトラクションの建物が比較的接近して配置されている上、建物の形状、電

源を確保できる場所等、様々な要因により、中継用 PC を設置できる場所はごく限られてくる。それらの中で、比較的電波状況の良い場所を探し、まず、中継用 PC 11 台によるアドホックネットワークを構築した。全中継用 PC の配置が完了したら、起点の中継用 PC から末端の PC へ向けて「ping コマンド」を発行し、応答があることを確認する。

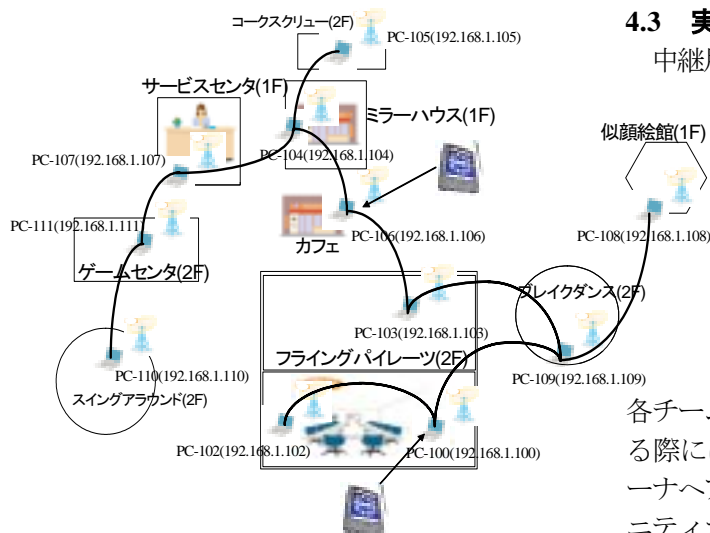


図4 実証実験構成

4.2 アドホックネットワークの通信網性能不良

中継用 PC の配置完了後、以下の2点の振舞いが観測された。

- (1)中継用 PC のみでアドホックネットワークをしばらく保持していると、中継用 PC103 と 106 との間の経路が切断する。これは、101-109-103 間で使用されているチャンネルと 106 以降の PC 間で使用されているチャンネルとが分離してしまうことによる。103 と 106 間の経路が細いため、OLSR において、経路再構築のタイミングで一定数の応答が返ってこない場合、当該経路を切断する。この結果、全チャンネルサーチ処理が行われ、別チャンネルで「島」を作ってしまうことになる。一旦、チャンネルが別れてしまうと、自動復帰は難しい。この現象は、特に午後になると顕著に現れた。
- (2)コミュニティ端末で OLSR を動作させてアドホックネットワークに接続する。5~7 台のクライ

アント端末がまとまって移動し、ある中継用 PC の近くを通過すると、その PC がコミュニティ末端群に引きずられてしまい、安定していた中継路が崩れ、コミュニティ端末群との間で別チャンネルに落ち着いてしまう。

4.3 実証実験アプリケーションの振舞い

中継用 PC の配置後、中継路が一つのネットワークとして動作している時に、園内に分散した後、コミュニティ端末を立ち上げ、アプリケーションを動作させた場合「コミュニティオーナーへ接続できない」という現象が多発した。今回のアプリケーションでは、「宝探しゲーム」のチームリーダーが、各チームのコミュニティ「○チームの広場」のオーナーになっている。

各チームのメンバは、コミュニティ情報を取得する際には必ずチームのリーダー=コミュニティオーナーへアクセスする。しかし、この時点でコミュニティオーナーへ接続することができない。これには、複数の原因が考えられる。

- (1)現状の OLSR ソフトウェア (internet draft ver.3) では、ネットワークを構成する全端末がフラットな関係であるため、コミュニティ端末が中継機能も担当する。コミュニティ端末の移動に伴い、ルーティングテーブルが更新される。経路が変更すると、ネットワーク全体として中継路が落ち着くのに現状 5 秒程度の時間がかかる。アプリケーションの通信中に経路変更が起きると、ネットワークは一時遮断された状態に等しいため、通信不能な状態に陥る。
- (2)複数のコミュニティ端末が、ある中継用 PC との間で、それぞれ見えたり見えなかったりする位置にある場合、経路変更のタイミング毎に、各コミュニティ端末に中継先が切り替わり、経路のふらつきが発生する。
- (3)アドホックネットワークが複数の島に分かれてしまった。
以上のように、経路のふらつきが主な原因であるため、OLSR ソフトウェアに、

- ・コミュニティ端末は中継路に組み込まない。必ず中継用 PC を経由する。
 - ・中継用 PC において、中継路を固定する。2 ホップ先の PC が見えても経路変更しない。
- という修正を加えた。これにより、一旦経路が切断しても自動復帰するようになったが、全中継用 PC が一つのネットワークに復帰するまでには、やはり数秒の時間がかかった。また、コミュニティ端末群に引きずられてチャンネルが変わってしまうという現象は改善しなかった。

以上のように、アドホックネットワークが安定しないと、アプリケーションの検証ができないため、アプリケーションの検証を目的として、無線 AP(Access Point)を配置したインフラモードのネットワークを構築することとした。図5にネットワーク構成を示す。中継路として AP 間を無線接続する Buffalo 製 AirStation WLM2-G54 を、コミュニティ端末との通信用に日立製作所製 PC-CN3300 を WLM2-G54 と有線接続して設置した。各 AP の設置場所は、中継用 PC と同じである。

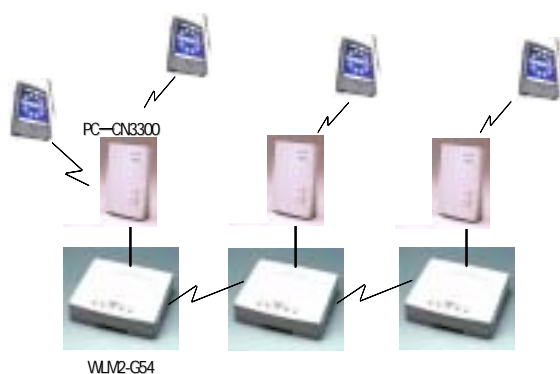


図5 ネットワーク構成

4.4 実証実験結果

通信可能エリアでは、宝 ID の授受やコミュニティにおけるメッセージの送受信が比較的スムーズに行われた。通信が上手くできなかった、遅延があった等の場合の原因は、

- ・AP のハングアップ(本実験では、コミュニティ端末 30 台が1AP に接続している状況でブロードキャストが走るとハングアップした)
- ・コミュニティオーナーやコンテンツオーナーへのアクセ

スの集中

- ・コンテンツオーナーが通信可能エリア外だった等が考えられる。

参加者によるアンケート調査では、

- 宝探しゲームは面白かったが、通信状態が携帯電話ぐらいよければ、さらに良かった。
 - 通信状態があまり良くなかったので、なかなかメッセージを送受信できなかった。
- 等、通信状態に満足していない旨の意見が多かった。

5. 実証実験の検討

5.1 ネットワーク

本開発において、「グローバル化」「ダイナミック化」のネットワーク側の対策案の一つとしていたアドホックネットワークに様々な問題点が見つかった。

(1) チャンネルの島分かれ

- ・電波状況が悪くなり、他の端末からの応答が得られなくなった場合、全チャンネルをサーチする。この際、別チャンネルに落ちてしまう。
- ・複数台の端末がまとまって移動すると、側にある中継端末が引きずられてしまう。

(2) 経路のふらつき

- ・OLSR draft-ver.3 では、中継専用モードに設定できないため、端末の移動に伴い、中継路の変更が頻繁に発生する → RFC3626(=ver.11)では対策可能。
- ・見えたり見えなかったりする位置に複数の端末が存在すると、その時々電波状況により経路が切り替わる。切り替えが発生すると、全端末に経路変更が波及するまでに時間がかかる。

(3) 中継端末設置場所の特定

- ・経路を安定させるため、電波状況がよほどひどくならない限り、一度接続した相手を保持し続ける。これは、自動的に電界強度を考慮した経路制御をしていないことが原因と考える。物理的につながっていても、上位のアプリケーションに十分な帯域を保証できない。

本来のアドホックネットワークを考えた場合、チャンネルが固定されていると、同じチャンネルの端末としか接続できず、結果、近くにいるのに見えない＝接続できない端末が存在することになる。

従って、端末数台が持ち寄られて構築されるようなごく小規模のネットワークではチャンネルは固定されない方が良く、あるいは簡単にチャンネルを設定できるインタフェースが提供されていることが望ましい。反対に、今回のような実験環境、実験内容では、チャンネル固定は絶対条件であり、チャンネルを設定できるインタフェースは必須であるとする。アプリケーションの観点では、下位の物理ネットワークは何でもよく、指定した相手との接続を快適に行ってくれれば良い。本開発ソフトウェアのように、頻繁にメッセージのやり取りが生じるようなアプリケーションをアドホックネットワーク上でも快適に動作させるには、

- 端末移動に伴う経路変更処理の安定化
- 実用通信に耐え得る帯域を確保できる経路の選択、品質監視、経路更新などの機能が必要であるとする。

5.2 実用化に向けた課題

本システムのアプリケーションは、下位のネットワーク構成に関わらず、動作可能であることを目的の一つとした。しかし、実際には携帯端末やネットワークの性能以上の処理を要求する仕様であった。

(1) コンテンツ取得

02 年度開発分がベースとなっているため、HTTP を用いた方式であり、アドホックネットワークにとって難しい組み合わせであった。アドホックネットワークとしては、経路変更時に一瞬パケットロスが起きるのはやむを得ず、アプリケーションでリカバリすることが望ましい。反対に、アプリケーションとしては、通信路が何で構成されているかは意識していないため、本実証実験で発生したような頻繁なロスには考慮しない場合が多い。アプリケーション側にも、リカバリ機能を持ったコンテンツ取得方式を検討する必要がある。

(2) 隣接端末発見機能の負荷軽減

本システムは、ID タグを読み込んだ際、オーナー問い合わせ要求を通知する端末を、予め取得しておく。参加端末発見機能では、アプリケーションを始めて起動する際、初期化处理として、隣接端末問い合わせコマンドをブロードキャストにて発行する。実証実験においても、1 AP に 30 台のコミュニティ端末が接続している状態でアプリケーションを起動すると、ブロードキャストが原因の一つであると思われる AP のハングアップを確認している。

P2P システムでも同様の検索問題を抱えており、非ブロードキャスト型 P2P 要求ルーティングによる分散コンテンツ発見アルゴリズム DHT(Distributed Hash Table)⁴⁾等が提案されている。このようなアルゴリズムを参加端末発見機能に組み込むことにより、ブロードキャストが不要となり、負荷軽減が期待できる。

6. 謝辞

本研究の機会を与えてくださった情報処理推進機構の関係者の方々、本プロジェクトをご指導頂きましたカリフォルニア大学アーバイン校の須田達也プロジェクト・マネージャ、実証実験の場を提供して頂きました(株)豊島園殿に、心より感謝を申し上げます。

7. 参考文献

- [1] The Gnutella Protocol Specification v0.4 (Document Revision 1.2).
http://www9.limewrite.com/developer/gnutella_protocol_0.4.pdf.
- [2] 石崎健史、小泉稔、宮川克彦、河村英之
“ID タグと P2P ネットワークを用いた分散型情報共有技術の開発 -ダイナミックなコミュニティサービスを実現-” 情報推進機構 2002 年度成果報告集
- [3] OLSR(Optimized Link State Protocol) RFC3626
<http://www.ietf.org/rfc/rfc3626.txt>
- [4] Hari Balakrishnan, M.Frans Kaashoek, David Karger, Robert Morris, Ion Stoica
“Looking Up Data in P2P Systems”
Communications of the ACM, Vol.46, No.2, February 2003.