

モバイル環境における 簡易メッセージ交換システムの検討

－ 携帯電話環境を包含するP2Pシステム －

吉田正人 大野邦夫
ドコモ・システムズ株式会社

無線LANによるホットスポットや第三代携帯電話などの実用化によりモバイル環境においてもサービスの高速広帯域化が進展しつつある。それと並行してネットワークのIP化も今後進行してゆくと見られている。そのような環境上では、従来の回線交換やクライアント・サーバといった方式とは異なるパラダイムの通信が展開すると考えられる。その有力な方式として個人対個人間通信におけるP2Pシステムが注目され始めている。ここでは、P2Pをベースとする携帯電話環境を包含する簡易なメッセージ交換システムの検討結果を紹介する。

A Study on a Simple Message Exchange System Over Mobile Environment

－A P2P System Which Includes Mobile Phone Environment－

Masato Yoshida Kunio Ohno
DoCoMo Systems, Inc.

Broadband services are going to be introduced to mobile environment. Also IP based network has been planned and will be realized in the near future. Under such circumstances, new communication paradigm which is different from the circuit switching system or client server system will be expected. A possible answer will be P2P system based on personal communication. This paper describes a simple message exchange system based on P2P technology which includes mobile phone network.

1. まえがき

PDAやノートPCの高機能化に伴い、モバイル環境下でのP2Pシステムが注目を集めつつある。一昨年、Sun Microsystems社によって提供されたJXTAはJavaを用いるP2P環境としては比較的完成度の高いシステムであり、筆者らもこれを用いるPIMを携帯電話環境とインターネット環境に融合させる検討を試みたことがある[1]。このシステムは、サーバ上に置かれたスケジュール帖とアドレス帖のデータを携帯電話からの音声を用いてVoiceXMLやSOAPのような音声認識機構を使って検索し、その結果を携帯メールに転送するシステムであった。

その後、無線LANによるホットスポットの進展、携帯電話やPDAなどのハードウェアの高性能化などで、個人を支援する情報環境の高度化は思っていたよりも急速に普及しそうな気配である。ADSLの普及に伴うインターネット上のコンテンツが音声や映像を活用するようになり、そのようなマルチメディア情報を個人のモバイル環境でも参照する機会が増大すると予想される。さらに最近では携帯電話が

デジタルカメラ機能や、簡易なデジタルビデオ的な機能を持つようになり、携帯環境から発信される情報においてもマルチメディア化が進展している。このような状況では、従来から用いられているクライアント・サーバ方式では負荷の集中が問題になる。この問題を解決するには、CDN (Content Distribution Network) [2]といった、コンテンツサーバのProxyを設置して解決を図る方法が検討されているが、そのような中途半端な方式よりは、サーバを経由しないで直接に情報の提供者と受信者を結び付けてしまうP2P方式の方が本質的なソリューションとなる。

P2Pに関して歴史的に有名なシステムとしては、MP3の音楽ソフトの配信サービスを提供したNapsterが挙げられるであろう[3]。このソフトは、1999年、ショーン・ファニング (Shawn Fanning) により開発されたが、当時彼はノースイースタン大学の学生であった。発端は、個人がPC上に保有するMP3ファイルの検索・交換に適合するソフトがあれば便利であろうと言う単純な発想からであったが、これが非常に人気を博したのであった。その結果、共有ファイルのデータベース化が計られ共有コミュニティ

が実現した。配布されたNapsterは参加者がさらにバグを取り、サポートにも協力し、最終的に法人化された。

しかし、影響の大きさから却って全米レコード協会（RIAA）から提訴され、社会問題化してしまった。たとえ違法コピーするのは個々の利用者であっても、システム運営者は責任を負うかどうか争われ、結果的にはシステム運営者は責任を負うことになってしまったのである。このように社会問題化してしまった側面を持つP2P技術であるが、この技術は今後大きな影響を持つと予想される。その背景としては、マスメディアからパーソナルメディアへという個人指向の通信の増大と、先に指摘したマルチメディア化を指向するコンテンツの変化が挙げられる。

技術の進展に伴うネットワークのIP化は着実に進展する。無線LANによるホットスポットや次世代携帯電話な

ど、モバイル環境における個人ベースでの情報のやりとりが今後急激に増大することが予想される。そのような状況では、クライアント・サーバ形式のような負荷が集中する方式に全面的に依存するわけには行かなくなりP2P方式が活用されるざるを得ないと思われる。以上のような背景に基づき、P2Pシステムの開発に取り組んでみた。

2. P2Pにおける通信相手の発見

一般に、通信と言うものは、通信以前に相手を見つける手順を必要とする。電話をかける場合であれば、電話帳を見たり名刺をさがすし、年賀状を書く場合は、差出人のリストを手間をかけて作成する必要がある。P2Pの場合もまったく同様で、図1に示すように通信する以前に相手をさがす手順を必要とし、それをディスカバリー・フェーズと言う。[3]

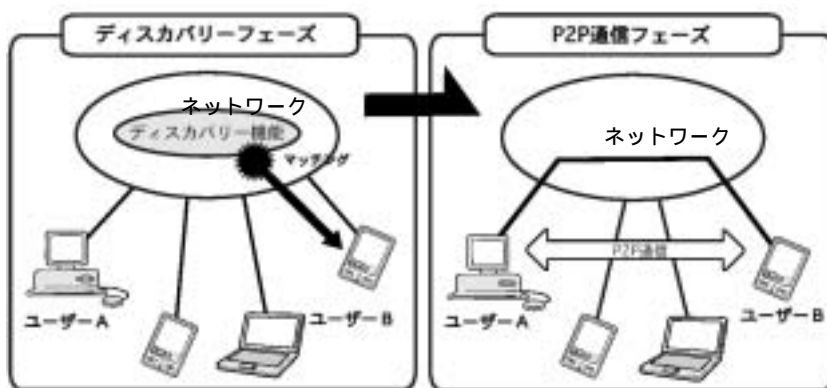


図1 P2P通信のための2つのフェーズ

ディスカバリー・フェーズで相手を見つけた後にP2P通信フェーズに入り、本来の通信目的を達成する。

図1に示すように、通信相手をさがすことは、目的とする情報を持ったPeerをネットワークから探し出すことであるが、相手を探し出す過程で、隣接Peerの電源が入っていない場合や故障している場合には、通信できなかった期間に

欠落した差分情報の検出やその補償を必要とする。それらを支援するPeerはリレーPeerと呼ばれる。さらに、Firewallを越える特別なプロトコルをサポートする特別なPeerや、スコープ拡大して別の閉域網への中継を担当するPeerもある。それらはランデブーPeerと呼ばれる。図2は、JXTAによるP2Pネットワークの例を示す[3]。

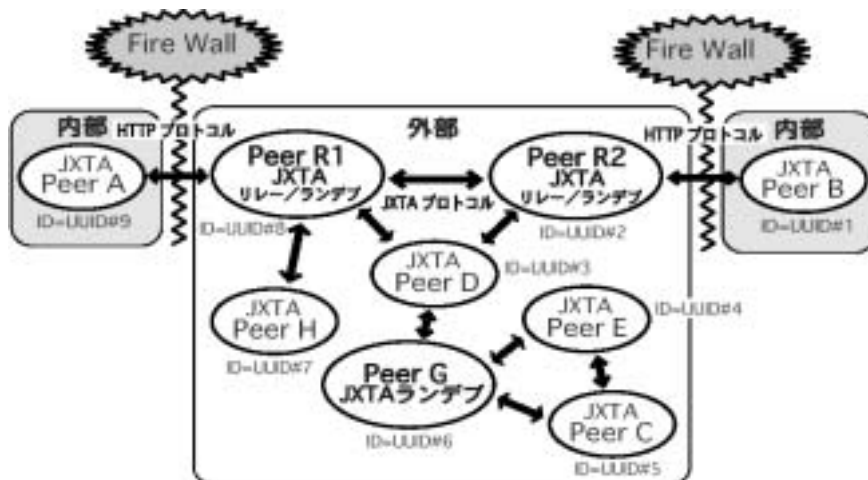


図2 P2Pネットワーク

2.1 ハイブリッド型とピア型

ディスカバリー・フェーズのメカニズムの差に基づき、P2Pにはハイブリッド型P2Pとピア型P2Pの2種類の方式が存在する。ハイブリッド型P2Pは、ディスカバリフェーズを参照サーバを用いて集中的に支援するもので、

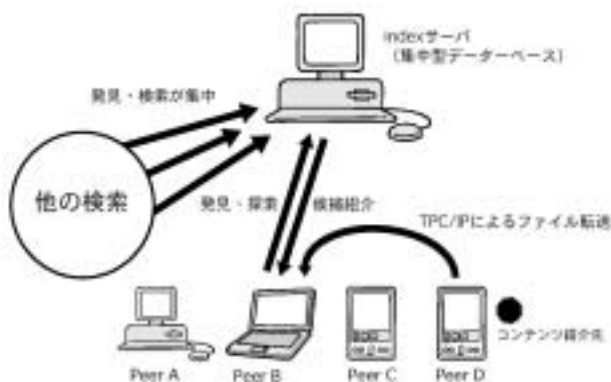


図3 ハイブリッド型P2Pのメカニズム

Gnutellaは、図4のように振舞う。最上位のPeerが、対象のPeerを探すには、近隣のPeerに照会し、パケットリレー式に探索を行う。目的のPeerに到達すると、そのPeerは照会を送られたPeerにQueryHitの信号を返し、パケットリレーの逆を經由して、送信Peerに到達する。その結果、対象Peerと送信Peerは、直接に通信が可能となり、ファイル転送やチャットを行う。図5は、GnutellaのWebサイトである[5]。ピア型は、実装が難しい面があるが、負荷分散が可能なのでシステムを柔軟に運営することが可能になる。

表1 実装対象の端末の機能、性能

	PDA	携帯電話
実装環境	PocketPC環境(メモリ 32~64Mバイト)	iアプリ環境(最大30Kバイト)
実装言語	Java	携帯電話 Java
通信インフラ	無線LAN, Bluetooth	公衆網(端末からHTTPリクエストを送信することしかできず、双方向通信はできない)
通信速度	PHS(32Kbps), 無線LAN(11Mbps)	9,600bps(503i) ~ 28,800bps(504i)

3. 試作システム

3.1 ねらい

ここではPDAや携帯電話などのようなモバイル環境に適合する簡易なP2Pシステムを検討する。現在の携帯電話は

代表例としては、Napsterが挙げられる。図3に、ハイブリッド型P2Pのメカニズムを示す[3]。ピア型P2Pは、ディスカバリ機能を個々のPeerが分散して分担するもので、代表例としてはGnutellaが有名である[4]。図4にピア型P2Pの様子を示す。



図4 ピア型P2Pのメカニズム

制限が多く、完全なP2Pを行うことはできない。しかし将来、携帯電話の機能や性能が現在のPDA並になっていき、無線LANによる通信がどこでもできるようになっていくと考えられる。そこで今回は現在の携帯電話でどこまでP2Pが実現できるかの検討を行う。

JXTAは比較的完成度が高いシステムであるが、動作環境が極めて重く、その実装のために個々のPeerは大量のリソースを要求され、現状のモバイル環境においては必ずしも適合するシステムとは言えない。本システムはJXTAの対極のようなシステムで、極小のリソースでP2Pを実現することを狙ったものである。

3.2 端末の機能、性能

今回、携帯電話としてはドコモのJava対応iモード端末504i、PDAとしてはJavaVMを搭載したPocketPC機をターゲットとした。端末の機能、性能の概要を表1に示す。

3.3 プロトタイプ作成

3.3.1 システムの構成

Java対応のPC、Java対応のPDA(PocketPC)、Java対応iモード端末(504i)を用い、Javaで実装した。PC、またはPDA同士はEthernet、あるいは無線LANによって接続する。PC、またはPDAのうち一台をインターネットからアクセス可能な状態にし、iモード用の中継サーバとした。構成図を図6に示す。

3.3.2 機能概要

(A) システム部

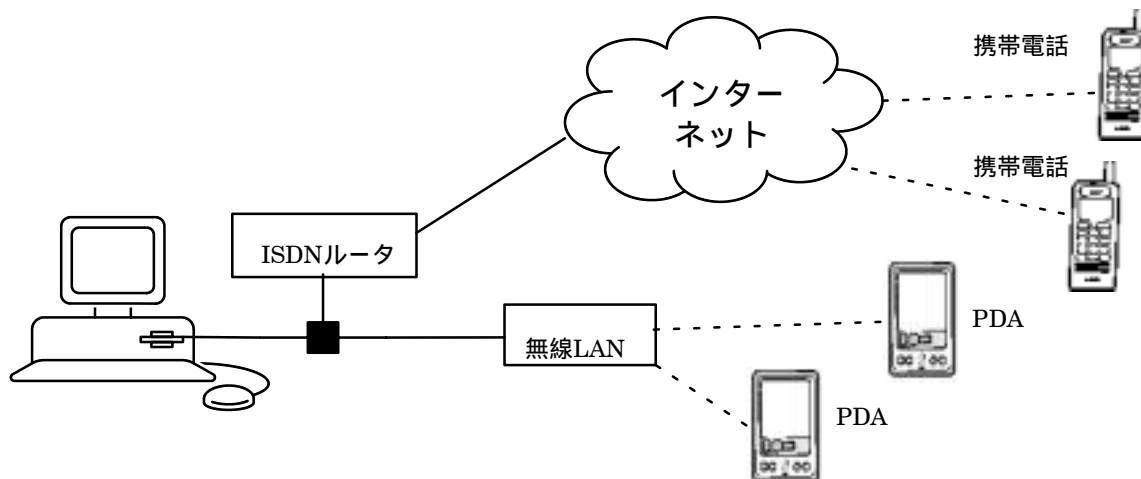


図6 システムの構成

1対1通信のみを実装する。TCP接続によるピア同士の直接通信をサポートする。iモード端末の場合、中継サーバが代理通信をおこなう。短いメッセージをやりとりする。

(B) デモアプリケーション部

最小機能のチャットアプリケーション。複数ピアとの接続をサポートする。それぞれのピアと個別に接続する。あるピアとの接続時にそのピアが接続しているピアの一覧を取得して、全てのピアと接続する。

3.3.3 プロトコル概要

HTTPをベースにした通信を行う。これは現在のiモードがHTTPによる通信しかサポートしていないためである。メッセージ送信はHTTPリクエストを使っておこなう。メッセージの結果はHTTPレスポンスで返却する。処理に時間がかかる場合、レスポンスでは遅延することを伝え、処理が終わった後にackメッセージで結果を送信する。iモード端末以外のピアはHTTPサーバ機能を持ち、直接メッセージを受信することができる。

iモード端末の場合は送信と受信を同時におこなう。送信時のレスポンスとして、サーバに蓄積されたメッセージを受信する。送信メッセージがない場合も定期的にサーバにpingメッセージを送ってポーリングをおこなう。一度の接続で一つのメッセージを送信する。そのためメッセージを送信するたびにコネクションを切断することになる。

全てのピアはユニークなピアIDを持つ。接続は相手ピアのIPアドレスとポート番号を指定しておこなう。したがってIPアドレスとポート番号が既知のピアにしか接続できない。セッション開始時に送信側は自分の待ち受けポート番号を送信する。送信IPアドレスを待ち受けIPアドレスとして使用する。iモード端末に対してメッセージを送る場合は、サーバピアのIPアドレスとポート番号とiモードピアのピアIDを指定する。

iモード端末のサーバになったピアはiモード端末の代理ピアとして、サーバ機能を代行する。iモード端末宛のメッセージはiモード端末からアクセスがあるまで蓄積される。

ピア間のセッションはセッションIDを使って管理する。sopenメッセージでセッションを開始し、scloseメッセージで終了する。表2に通信に用いるメッセージを示す。

表2 メッセージ一覧

メッセージ名	機能
sopen	セッションを開始する。
sclose	セッションを終了する。
ping	生存報告をする。
send	アプリケーションメッセージを送る。
relay	メッセージの中継を依頼する。
ack	遅延されたメッセージの結果を返す。

3.4 メッセージのシーケンス

それぞれのメッセージは以下のようなシーケンスになる。ピアがiモードの場合、メッセージの中継が必要なのでやや複雑になる。

3.4.1 通常のピア同士の場合(即時レスポンス)

最も一般的なP2P通信のモードである。ピア1からピア2へのHTTPリクエストメッセージに対し、ピア2からピア1へのレスポンスで結果を返す(図7)。

3.4.2 通常のピア同士の場合(遅延レスポンス)

このシステム特有の遅延レスポンスのモードを説明する。HTTPリクエストに対するレスポンスでは図7の場合のように即時に結果を返すことをせずに、とりあえずはDELAYEDレスポンスを返し、その後ackメッセージを送信して結果を返す(図8)。

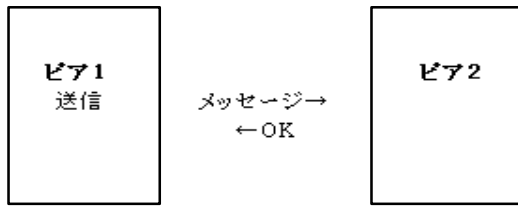


図7 通常ピア同士の通信(即時レスポンス)

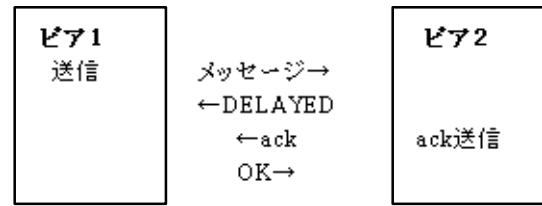


図8 通常ピア同士の通信(遅延レスポンス)

3.4.3 iモード端末からサーバピアへ(即時レスポンス)

トに対するレスポンスでメッセージの結果を返す(図9)。

図7におけるピア1がiモード端末に、ピア2がサーバピアとなった場合である。図7の場合と同様にHTTPリクエスト

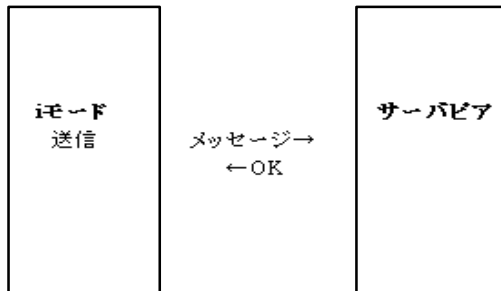


図9 iモード端末からサーバピアへ(即時レスポンス)

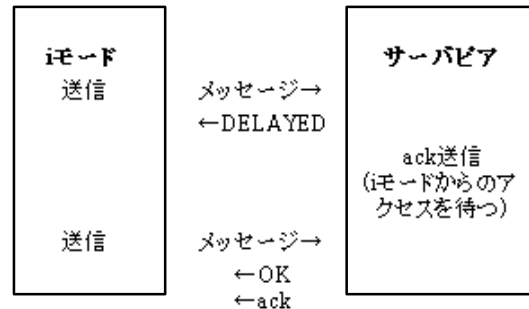


図10 iモード端末からサーバピアへ(遅延レスポンス)

3.4.4 iモード端末からサーバピア(遅延レスポンス)

3.4.5 iモード端末から通常ピア

図8におけるピア1がiモード端末に、ピア2がサーバピアとなった場合である。図8の場合と同様にHTTPリクエストに対するレスポンスでは結果を返さず、ackメッセージを送信して結果を返す。iモード端末はサーバピアからのメッセージを受信する機能を持たない。そのためサーバピアからiモード側に直接送信できないので、iモード側が次のメッセージを送信してきたときにレスポンスと共に結果を返す。(図10)

これは、図10の場合の延長で、サーバピアを仲介してiモードと一般のピアとが通信する場合に相当する。iモードとサーバ間はあらかじめ接続しておく。仲介する必要上、図9のように即時にレスポンスを返すことはできない。iモードとサーバ間はあらかじめ遅延レスポンスの方法を用いて接続しておく。サーバピアと一般のピアとの通信は、図7または図8のモードを用いて通信することになるが、ここでは前者を想定する(図11)。

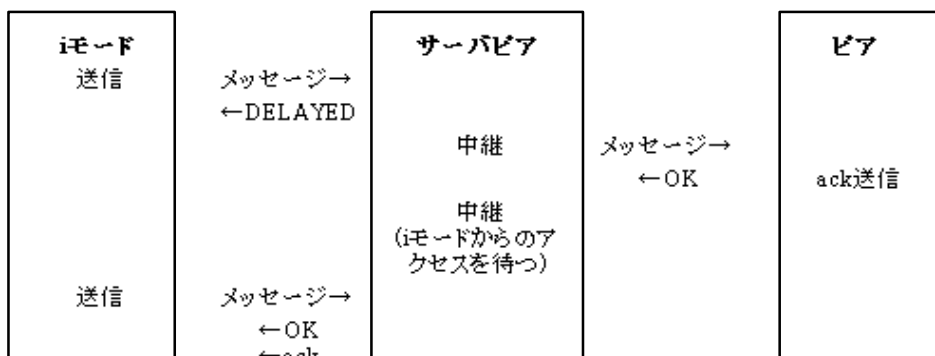


図11 iモード端末から通常ピアへの通信

3.4.6 通常ピアからiモード端末

図11の逆で、通常のピアからiモードを呼び出す場合がある。サーバピアとiモード間はあらかじめ接続しておく。その理由は、サーバピアからiモード端末を呼び出せないからである。とは言っても常時接続しておくわけにも行かないので、何らかのディスカバリ機構を提供して事前

にiモード端末側から接続しておく必要がある。本プロトタイプではディスカバリ機構をサポートしていないので、これは今後の課題である。ピアからサーバピアへの通信は、図8の遅延レスポンスの方式を用いて行う(図12)。

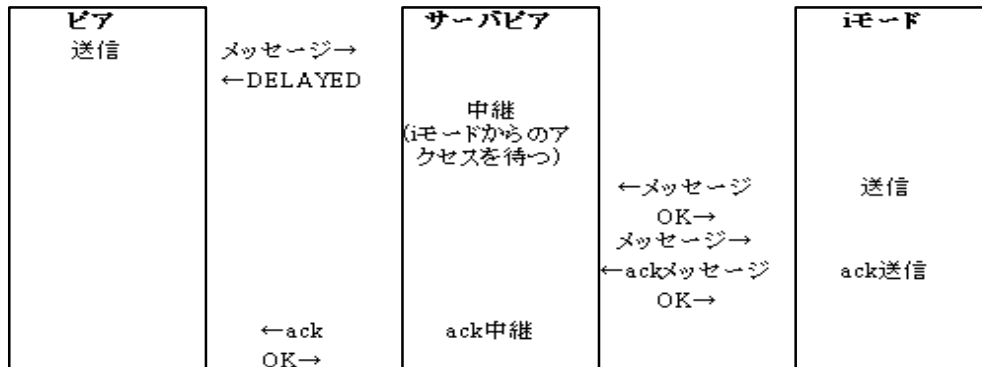


図12 通常ピアからiモード端末への通信

3.4.7 iモード端末からiモード端末

この場合は、図11と図12を組み合わせた場合に相当する。この場合も図12と同様にサーバと各iモード端末間は

あらかじめ接続しておいた状態でメッセージの送信を行う。発信側のiモード端末からサーバピアまでの間の手順は、図11と同様である。(図13)

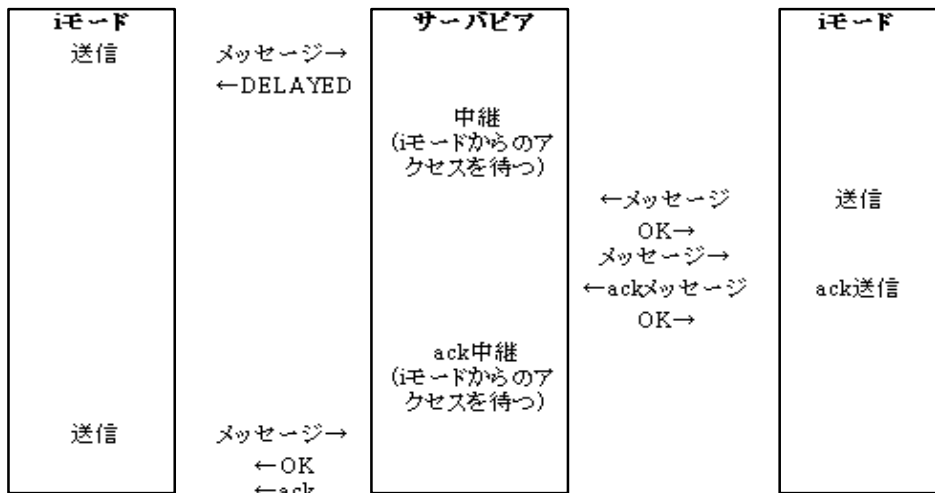


図13 iモード端末からiモード端末への通信

3.5 コードのサンプル

図14に最小限のプログラム例を示す。単に接続をするだけのプログラムである。

3.6 動作確認

本システムを用い、チャットのアプリケーションを具体的に動作させてみた。今回Javaを使って実装したので、PCとPDAで同じ同じプログラムで動作した。PDAもPCとまったく同じ機能を実現できた。速度的にもほとんど問題なかった。

4. 考察

4.1 モバイル P2P の有用性

iモード端末では端末やネットワークの制限のため、機能的にもかなり制限されたものになった。ポーリングによるメッセージの受信のため、リアルタイムのチャットはかなり困難であった。通信速度が遅く、パケット料金がかなり高価なため、ポーリングの周期はあまり短くすることができない。

4.2 問題点

4.2.1 携帯電話用実行モジュールのサイズ

```

import com.docomo_x.p2p.*;
import java.net.InetAddress;
import java.util.Hashtable;

class Test
{
public static void main(String[] args) {
int port = 8080;
final SessionListener sessionListener = new SessionAdapter() {
public void connected(SessionService session, PeerAddress address) {
System.out.println("connected");
}
public void disconnected(SessionService session, PeerAddress address) {
System.out.println("disconnected");
}
}
public Hashtable processMessage(SessionService session,
Message message) {
System.out.println("Session: " + session.getSessionID());
String messageName = message.getMessageName();
Hashtable ret = new Hashtable();
ret.put("status", "OK");
return ret;
}
};
EndpointPeerListener peerListener = new EndpointPeerAdapter() {
public SessionListener acceptEndpointPeerSession(Message msg) {
return sessionListener;
}

public void logger(String log) {
System.err.println(log);
}
};

try {
EndpointPeerService eps =
new EndpointPeerService("PEER", peerListener);
eps.startInetListener(null, port).listen();
while (true) {
Thread.sleep(1000);
System.out.println("running");
}
}
catch (Exception e) {
e.printStackTrace();
}
}
}

```

図14 プログラム例（接続をするだけのプログラム）

504iの制限は30Kバイトであるが、システム部だけで既に25Kバイトを越えている。アプリケーションを含めるとほぼ30Kバイトに達してしまい、この環境を前提にする限りこれ以上の拡張は不可能である。しかし、携帯電話

上のメモリ空間は今後増加すると思われるので、この問題は将来的にはクリアされると思われる。

4.2.2 携帯電話での使い勝手の悪さ

メッセージがリアルタイムにやりとりできないので、会話が不自然になりやすい点は問題である。無線LANのように常時接続というわけにはいかないのが、現状の携帯電話の方式を前提にする限りは、このような制約でも使えるアプリケーションを選択せざるを得ないであろう。また通信料が高価で気軽に使うことができないことも問題であるが、これは定額制と言った料金体系を設定すれば良い。

4.2.3 ネットワークトラフィック

今回のシステムでは1対1の接続しか対応していないので、ピア数が増えると接続数が爆発的に増え、ネットワーク的に破綻する恐れがある。

5. 今後の課題

5.1 欠けている機能の実装

携帯電話の制限された環境でも動作することを優先させたため、P2Pに必要なと思われる機能の多くが実装されていない。今後、携帯電話のさらに高性能になることが予想されるため、より多くの機能を盛りこむことが可能になるだろう。

5.2 グループ

このシステムでは1対1のセッションしかサポートしていない。多数のピア間で通信する場合はそれぞれのピアとの間にセッションを確立する必要がある、通信効率が著しく低下することがある。あらかじめ定義されたピアグループに対するメッセージを中継する機能があれば、グループ全体に対するメッセージを効率的に送信できる可能性がある。

5.3 ディスカバリ

このシステムではピアの探索をサポートしていない。接続先のIPアドレスとポートを直接指定する必要があり、実用的とはいえない。目的のピアを見つけるため、ブロードキャストを使ったLAN内のピアの探索、ディレクトリサービス、ピア間の探索メッセージなどを実装することが必要となるだろう。

5.4 メッセージ中継

現在の実装ではクライアントピアの中継以外はメッセージの中継を行わず、ピア間が直接HTTPコネクションを張る必要がある。ファイアウォールの内部など、直接コネクションを張れない場合や、プライバシー保護のためにアクセスの匿名化を行う場合は、メッセージを中継する機能が必要だろう。

5.5 セキュリティ

現在の実装はセキュリティについて一切考慮していない。実用的なシステムにするためには以下のような事を検討していく必要があると思われる。

- (1) 認証 - 接続ユーザの限定
- (2) 署名 - なりすまし、メッセージ改竄の防止
- (3) 暗号化 - 通信路の暗号化

特に無線LANの場合はセキュリティ的に非常に脆弱なので、十分に考慮する必要があると思われる。

6. あとがき

以上、携帯電話環境を含むP2Pシステムについての検討経過を簡単に説明した。今回は、動作の確認をねらいとした原理試作であり実用的な課題はこれから検討する必要がある。

冒頭に述べたとおり、携帯電話の普及とともに、個人をベースとする情報通信と情報処理、情報管理、情報利用の状況が急速に変化しつつある。その時代の主流の個人間通信は、P2Pに移行する可能性が高い。今後、無線LANによるホットスポットが人が集まる場所に次々に設置され、ノートPCやPDAで通信するような場面が数多く見られるようになるであろう。そのような状況において、サーバへの負荷集中を避ける目的でP2Pへの期待も高まると考えられる。本システムは、以上のような情報環境で、既存の携帯電話が関与してメッセージ交換などを可能とさせるP2Pシステムを検討したものであるが、解決せねばならない課題も多いことが認識された。

最後に、本システムを検討するに当たりご支援いただいた青山事業開拓室長、中川事業開拓企画部長に感謝します。

参照情報・文献

- [1] 大野、前、吉田；”モバイル・インターネット環境構築支援システムの検討”，情報処理学会研究会報告，FI-66、DD32、(2002.3)
- [2] 田代、西角、西木、小島、神原；”インターネットコンテンツ配信技術の最新動向” 情報処理，Vol.42, No.11, pp.1082-1091 (2001.11)
- [3] 河内、小柳；”P2Pインターネットの新世紀”，電気通信協会，(2002.5)
- [4] G. Kan; “Gnutella”, PEER-TO-PEER,(Edited by Andy Oram), pp.94-122, O'REILLY, (2001)
- [5] <http://www.gnutella.com/>