

## JXTA-Overlay P2P システムの設計と実装

松尾 慶太<sup>†</sup>, バロリ レオナルド<sup>††</sup>

<sup>†</sup>福岡工業大学大学院工学研究科  
E-mail: bd07002@ws.ipc.fit.ac.jp

<sup>††</sup>福岡工業大学情報工学部情報通信工学科  
E-mail: barolli@fit.ac.jp

**概要** 現在のインターネットは C/S 型のトポロジーが中心でありながら、コンピュータの高性能化によって、私たちの手元には以前のスーパーコンピュータ並みの能力を持った端末がある。このような端末資源を有効に活用するために、筆者らは P2P JXTA-Overlay システムを開発している。今回、提案する P2P システムは、ネットワークの Firewalls, Routers, Bridges 及び NATs などの障壁を越えることができるシステムである。そのため、ネットワークデバイスを動作させるための制御信号を転送することが可能となる。本稿では、提案するシステムの設計と実装について述べるとともに e-learning への応用について検討する。

## Design and Implementation of a JXTA-Overlay P2P System

Keita Matsuo<sup>†</sup> and Leonard Barolli<sup>††</sup>

<sup>†</sup>Graduate School of Engineering, Fukuoka Institute of Technology  
E-mail: bd07002@ws.ipc.fit.ac.jp

<sup>††</sup>Department of Information and Communication Engineering  
Fukuoka Institute of Technology  
E-mail: barolli@fit.ac.jp

**Abstract** Present Internet is based on C/S architecture. However, now with the development of high-speed computing and devices, the computers of today have the same characteristics with conventional super-computers. In order to use efficiently these computer resources, we are developing in our laboratory a JXTA-Overlay P2P system. The proposed system is able to overcome Firewalls, Routers, Bridges, and NATs. Furthermore, by using proposed P2P system is possible to control different devices in remote areas. In this paper, we present the design and implementation of the proposed system and give some discussions how to use it for e-learning.

### 1. はじめに

近年の情報通信技術の発展にともない、インターネットに代表される IP ネットワークは IP4 から IP6 へと発展し、さらに成熟したネットワークへと成長している。しかし、IP 及び TCP によるネットワークトポロジーは Client/Server(C/S)型であり、クライアントの能力を十分に活用できていない現状がある。C/S 型の特徴はリソースの少ないクライアントに対し

てサーバが様々なサービスを提供することを前提に設計されたものであり、クライアントの性能を引き出すシステムではない。しかしながら、私たちの手元にあるクライアントの性能はコンピュータ技術の発展により、以前のスーパーコンピュータ並みの能力を持っている。現在の C/S 型のネットワークトポロジーでは、このクライアントの性能を十分に活かしていない。さらに、情報

通信技術の発達により、ネットワークを支える関連の装置や技術も発展してきた。代表的なものに、Repeaters や Routers, Bridges などがある。これらのネットワーク関連装置の役割は、信号の転送距離を延長したり、通信経路の制御をしたり MAC アドレスに従ってデータを中継し効率よく通信を行なうこと等である。

このようなネットワーク関連装置の進化は、ネットワークの接続性を保つために広く活用されてきた。しかし、インターネットに代表されるような、大規模なネットワークへの接続が進むにつれ、接続性を保つ機器の利用は接続を制限する使い方へと変化していった。

ネットワークの接続を制御する機能で最も有効なものに Firewall がある。Firewall は、信頼できるネットワーク（自分側のプライベートネットワーク）と信頼できないネットワーク（インターネットのような不特定多数の利用者が存在するパブリックネットワーク）間でやり取りされるパケット信号を監視し、予め決められたルール通りに信号を通過させたり、遮断したりする。このネットワークのルールは、各組織のネットワーク毎にセキュリティポリシーとして規定されており、簡単には変更できないようになっている。

このようなネットワークの運用は、多くの閉鎖的で小さなネットワークを生成する結果となった。特に、日本では「e-Japan 重点計画 2004」以来、地域イントラネット基盤施設整備事業[1]等により地域公共ネットワークが全国的に構築された。その結果、地域イントラネットに接続される学校や図書館では、地域外ネットワークからのサービスを受けられない状況も発生している。

そこで、筆者らは組織のネットワークに関するセキュリティポリシーを変更せず、容易に特定の端末同士を結びつけることができる P2P システムに着目し、イントラネット内の端末へサービスを提供できるシステムの設計と実装を行なうこととした。特に、ネットワーク外からネットワーク内の特定のクライアントを識別し、ネットワークデバイスを制御できれば e-learning に有効なシステムが構築できると思われる。

以下、2 章では関連研究について述べる。3 章で Project JXTA について紹介し、4 章では JXTA-Overlay について説明する。さらに、5 章で P2P 遠隔教育システムについて提案するとともに、6 章でまとめ及び今後の課題について述べる。

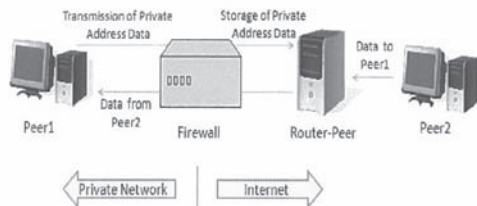


図1 Firewall を越える通信方法

## 2. 関連研究

TCP/IP プロトコルは、そろそろ古いものになりつつある。そのような中で、近年 P2P システムに関する多くの研究がなされ、重要な成果も報告されている[2-7]。P2P システムは技術的な特徴と設計や実装において新しい分野を生み出している。Sun Microsystems [8]が提唱する JXTA は現在の TCP/IP ベースの限界を超えて、インターネットの及ぶ範囲を拡大することを目的に開発された P2P プロトコルである。この JXTA はオープンソースとして公開されており、現在多くの研究がスタートしている。とりわけ、インターネット上にある様々な資源を P2P システムで共有し、さらに有効に利用しようとする研究が中心である。例えば、世界中に点在する Peer(端末)を組織的にまとめあげる Grid Application(並列分散システム)[9]としての応用や P2P を運用する際のインターネット上におけるアドレスの処理に関する研究、資源の割り当て方法に関する研究がある。これらに共通していることは、世界中に分散する Peer を組織的に運用し資源の有効活用を目指すというものである。

## 3. Project JXTA

JXTA は、ネットワークに接続された機器同士が機種を問わず通信ならびにコラボレートできるようにするオープンな汎用 P2P プラットフォームである。P2P ネットワークにおける最大のメリットは、Firewalls 内に存在する Peer を Routers や Bridges を越えてプライベートネットワーク内のコンピュータと外部のコンピュータを接続できる点である。現在のところファイル共有やファイル転送等の基本的なサービスにすぎないが、世界中の端末を結びつける可能性を持っている。



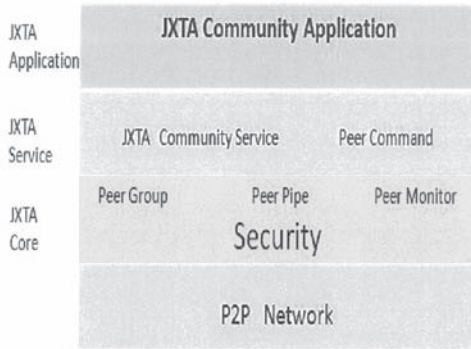


図2 JXTA の論理レイヤ

図1にFirewallを越えてP2P通信を行う方法を示す。ここでは、Peer2からPeer1へデータを転送する場合を例に説明する。

- 予めPeer1からFirewallを通過できるプロトコル(HTTPなど)を使ってアクセスを受けたRouter PeerがPeer1の内部アドレスの蓄積を行う。
- Router PeerはPeer2からのデータ転送要求を受けてプライベートアドレス内のPeer1へ代理アクセスを行いデータを転送する。

次にJXTAの論理レイヤ(図2参照)について述べる。JXTAはコアレイヤを中心にサービスレイヤとアプリケーションレイヤから構成されている。それぞれの役割は次のとおりである。

- コアレイヤ  
Peerの管理, Peerグループの管理, ネットワークトランスポート(Pipe, Endpoint, Message)の管理, アドバタイズメント(サービスに関する告知), エンティティ(識別子), プロトコル(発見, 通信, 監視), セキュリティと認証などの要素を持つ。
- サービスレイヤ  
Peerリソースの検索, Peerのドキュメント共有化や, Peerの認証を行う。このレイヤで構築されるサービスは, 様々なP2Pアプリケーションで必要とされる機能を提供するものであり, 組み合わせることでより良いP2Pソリューションを提供する。
- アプリケーションレイヤ  
サービスレイヤの機能を土台にしてP2Pアプリケーション(インスタントメッセージングなど)を提供する。

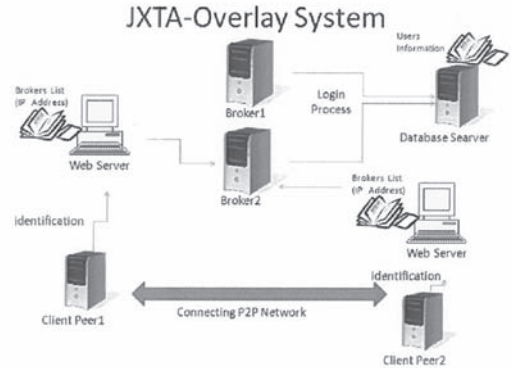


図3 JXTA-Overlay のシステム構成

#### 4. JXTA-Overlay

JXTA-Overlayは, 世界中にあるパブリックネットワーク上のPeerやプライベートネットワーク上のPeerを接続し, コンピュータリソースを有効に活用するためにインターネットをベースとしてP2Pシステムを稼働させるものである。筆者らは, 現在のTCP/IPによるC/S型のネットワークとJXTAのようなP2Pプロトコルを利用したネットワークトポロジーが共存することで, 今後のインターネット発展に寄与できると考えている。そこで, ネットワーク上の資源をさらに有効に活用するためにP2PシステムであるJXTA-Overlayを開発している。

JXTA-Overlayを稼働させるには, ClientマシンとBrokerマシンが必要である。ClientはPeerのことであり, BrokerはClientのグループ管理やユーザ認証を行うとともにClient同士を結びつけるための役割を持っている。また, インターネット上にRendezvous-Peerと呼ぶ他のPeerの位置情報を記録する端末も必要である。

図3の例ではClient Peer1とClient Peer2のP2P通信を行うための構成とプロセスを示している。ここでは, Peer1が他のPeerと通信を開始するためにBrokerと呼ばれる端末によってユーザ認証を受ける。認証を受けることによりユーザはグループに分けられ, タスクの共同実行やファイル共有・メッセージサービスなどを受けることができる。認証を受けるためには, Web ServerにBrokerの位置情報を問い合わせ, アクセスを行う。

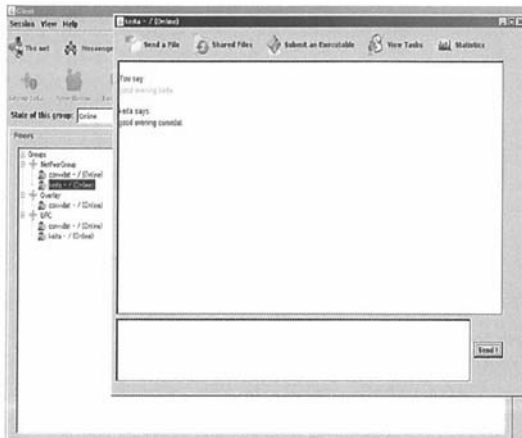


図4 JXTA-Overlay システムの画面イメージ

また、インターネット上に Broker は複数展開しており、お互いに情報交換ができるように Relay 接続している。Peer1 は複数の Broker から一番最初に接続された Broker1 にログイン処理を要求し、ユーザ名とパスワードをデータベースと照合し、システム利用の許可を受ける。同様の方法で Peer2 もログインする。それぞれのログイン処理が終了すると Peer1 と Peer2 の P2P 通信が可能となり、それぞれの通信記録や利用するサービスは Broker によって管理される。また、Peer1 と Peer2 の通信を実現するためには同じ Broker を利用する必要があるが、仮にそれぞれ違う Broker に接続されていても Broker の Relay 接続機能により同じ Broker に自動的に接続される。

JXTA-Overlay システムは現在、以下のような機能を持っている。

- ・ファイル共有機能  
(ファイルやディレクトリの共有, ファイル検索)
- ・ファイル転送機能  
(特定の Peer を選択し転送)
- ・チャット機能  
(ユーザ検索, グループやルームマネジメント)

また、JXTA-Overlay システムが今後実装を予定している機能は以下の通りである。

- ・リモートタスクマネジメント機能
- ・ラーニングタスクマネジメント機能

現在のところ、基本的なサービスしか提供していないが、将来的には分散処理システムへの応用と e-learning システムの実装を目指す。図4にユーザ管理画面とチャット機能の JXTA-Overlay システム画面イメージを示す。

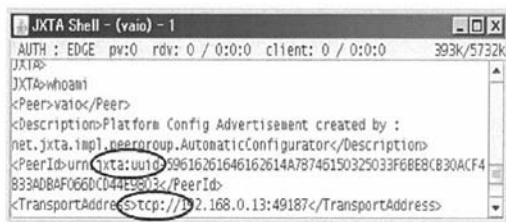


図5 JXTA の UUID と IP アドレスの対応

#### 4.1 P2P システムによる制御信号の転送

JXTA-Overlay に関するこれまでの研究で文字やファイルをインターネットなどのパブリックネットワークから転送する実験を行った。その結果、Firewalls や Routers 等のネットワーク機器を越えてプライベートネットワーク内の Peer に対して情報をダイレクトに転送できることを明らかにした。次のステップとして、P2P システムによるネットワークデバイスへの制御信号の転送を提案する。

ここでは、JXTA プロトコルでプライベートネットワーク外の Peer から内部 Peer ヘドバイスの動作信号を文字ベースで送信し、内部の Peer は受け取った文字列からどの機器を動作させるかを判断するシステムの構築を目指している。以下に JXTA プロトコルによるメッセージ転送について説明する。

JXTA プロトコルは、プライベートネットワーク内の端末をインターネットなどのパブリックネットワークから特定するために、UUID (Universally Unique Identifier) を使う。UUID は、汎用一意識別子でありコンピュータの NIC アドレスや日付、時間などを使って生成される。この UUID と IP アドレスを対応させることで、アドレス変換にも対応できる。図5に JXTA の Shell 環境で表示した UUID と IP アドレスを示す。Firewall 越えの通信については図1に示したとおりであるが、通常の TCP/IP の通信では、一つの IP アドレスは複数のポートと組み合わせられた Socket を構成し、他の IP アドレス上のポートと接続して通信を行う。しかし、JXTA プロトコルでは Pipe という概念を利用する。Pipe は、Peer 同士が情報を共有するための通路である。この Pipe は Advertisement(告知されたサービス)として提供されるものであり、Peer が他の Peer と通信する場合はまずこの Pipe-Advertisement を見つけ、その Pipe にバインドしてメッセージを送受信することになる。

```

Pipe の作成
JXTA>MyPipeAdvertisement = mkadv -p
① 入力 pipe と出力 pipe の定義
JXTA>MyInputPipe = mkpipe -I My pipeAdvertisement
JXTA>MyOutputPipe = mkpipe -O MyPipeAdvertisement
② ネットファイルのインポートとメッセージ内へパッケージ化
JXTA>importfile -f test.txt SomeDate
JXTA>MyMessage = mkmsg
JXTA>put My Message MyDate MyMessage
③ メッセージの送信
JXTA>send MyOutPutPipe MyMessage
④ メッセージの受信
JXTA.>ReceivedMessage = recv -t 5000 MyInputPipe

```

図6 JXTA Shell によるメッセージ送受信

図6は、JXTAのShell上でパイプを使ってメッセージの送受信を行うためのコマンド例である。本稿では、図7に示すようにプライベートネットワーク外のPeerから内部のPeerに対して制御信号を送ることができるシステムを設計する。制御対象ハードウェアは、ネットワーク対応デバイス、RS232C、LPTポート、USBポートを対象とする。このシステムの実装ができれば遠隔で世界中からのデータ収集が可能となると同時にどこからでもPeerを特定しPeerに接続された機器をコントロールできるようになる。この機能の応用については5章で具体的に述べる。

また、ここではUSB機器のコントロールとRS232C機器の制御に重点を置くことにした。USB機器は汎用性が高く様々なコンピュータに実装されており、USB接続でモータやLED等を制御しようと考えている。また、RS232Cはレガシイインターフェイスではあるが、現在も様々な計測装置に実装されている。計測器とP2Pネットワークを組み合わせることで遠隔地の情報収集などに成果が期待できる。

## 5. P2P 遠隔教育システム

現在e-learning(遠隔教育)の普及は目覚しく、様々な活用がなされコンテンツも多く開発されている。学校教育の分野においては、ICTの利活用により教育の質の向上を図る取り組みが最重要課題となっている。特に、高等教育においては文部科学省が推進する「特色ある大学教育支援プログラム(特色GP)」や「現代的教育ニーズ取

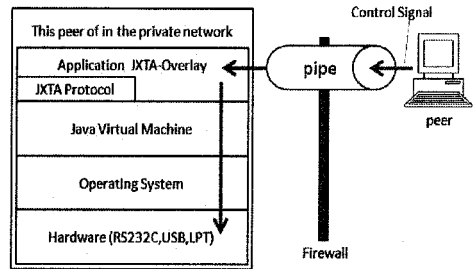


図7 JXAT-Overlayへの遠隔制御機能の実装

組支援プログラム(現代GP)」などの取組のなかでe-learningを活用した教育への関心も高く、ICT利活用による教育の質の向上に関する研究が盛んに推進されている。さらにe-learningは、地域や年齢、時間や場所を問わず誰もが平等で格差のない教育環境を提供できる大きな可能性を秘めた新しい教育手段であり、社会全体へますます広がるものである。

そのような中、e-learningシステムでは、音声ガイダンスや映像などのメディアと組み合わせたり、アニメーション画面等を使って、学習者の学習に対する意欲や集中力を高めようとする方法がよく使われている[10, 11]。さらに効果を高めるためには学習者自身に直接的に働きかける刺激の与え方が必要である。例えば、学習者に対して物理的な運動を与えることなどが考えられる。

そのためには、学習者の端末の制御信号をコントロールする必要がある。しかし、現在のe-learningを支えるネットワークの環境はFirewallsやRouters、Bridges及びNATs機能などにより外部からのアクセスに対して強固なセキュリティが施されており、インターネットを通じて学習者の利用するコンピュータに直接刺激を与えるための制御信号を転送することは、困難な状況である。

そこで、筆者らはRFID(Radio Frequency Identification)や生体センサ(Vital Sensors)によるスマートルームを利用したP2P遠隔教育システムを提案する。具体的には、制御信号の転送にP2Pネットワークを活用することで学習者のコンピュータに直接制御信号を転送できるシステムを考えた。あわせて、PDAや携帯電話が搭載している音楽機能やパイプレーション機能を活用しながら学習者の学習に対する意欲や集中力の低下を抑制できるシステム構築を目指す。

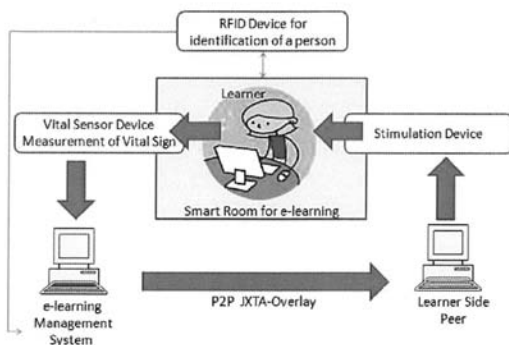


図 8 スマートルームによる遠隔教育システム

図 8 に示すように学習者の状況を生体センサで常に測定し、学習者の意欲の低下を自動的にコンピュータが診断する。学習者の意欲低下の度合いに対して e-learning Management System は適度な物理的刺激を与える。物理的な刺激には次のようなものが考えられる。

- ・学習者の椅子を振動させる
- ・刺激的な匂いを出す
- ・スピーカから音を鳴らす
- ・部屋の照明の明るさを変化させる
- ・部屋の温度を変化させるなど

学習意欲を持続させるために、このような刺激を学習者に与えるが、与える判断は生体センサからの信号やキーボード入力の時間的間隔などをもとに e-learning を管理するコンピュータが自動的に行う。このような機能により学習者の意欲を持続させることができると考える。

また、RFID で学習者を認証するとともに部屋に居るか居ないかを確認できる。学習者が部屋に長時間戻らない場合などは、予め登録してある学習者の携帯電話へ自動的に電話をしたり、電子メールを送信したりなど、学習室に戻るよう促すような機能を実装する。

## 6. 結論

本稿では、JXTA-Overlay P2P システムの設計と実装について報告した。提案する P2P システムはネットワークの Firewalls, Routers, Bridges 及び NATs などを越えることができ、ネットワークデバイスを動作させるための制御信号を転送することが可能である。今後、提案するシステムの性能評価を行い、P2P 遠隔教育システムへの実装と検証を行う予定である。

## 参考文献

- [1] 地域イントラネット基盤施設整備事業, 総務省, [http://www.soumu.go.jp/s-news/2005/050615\\_1.html](http://www.soumu.go.jp/s-news/2005/050615_1.html)
- [2] B. J. Wilson, 倉骨 彰, 佐野元之, “JXTA のすべて”, 日経 BP 社, (株) データ通信システム技術推進部 監修, pp.21, 79-82, 2005.
- [3] F. Xhafa, R. Fernandez, T. Daradoumis, L. Barolli, S. Caballe, “Improvement of JXTA Protocols for Supporting Reliable Distributed Applications in P2P Systems”, accepted, to appear in Proc. of NBiS-2007, Regensburg, Germany, September 2007.
- [4] N. Nakamura, S. Takahama, L. Barolli, J. Ma, K. Sugita, “A Multiplatform P2P System: Its Implementation and Applications”, Proc. of IEEE AINA-2005, pp.171-176, March 2005.
- [5] 丸山 不二夫, “P2P for Java/JXTA”, <http://www.wakhok.ac.jp/~maruyama/jxta/html/index.html>
- [6] IBM Corporation, “Making P2P Interoperable: Creating JXTA Systems Design P2P Systems that Extend Beyond Traditional Network Boundaries”, <http://www.ibm.com/developerworks/java/library/j-p2pint3/index.html>.
- [7] J. Ma, L. Barolli, M. Shizuka, and R. Huang, “A Pure P2P Synchronous Collaborative System”, Journal of Applied System Studies (JASS), Vol. 5, No. 2, pp. 133-145, July 2004.
- [8] Sun Microsystems, “JXTA Java Standard Edition v2.5: Programmers Guide”, June 2007.
- [9] S. Caballe, F. Xhafa, T. Daradoumis, J. Esteve, L. Barolli, A. Duresi, “Using a Grid Platform for Enabling Real Time User Modeling in On-line Campus”, Proc. of Complex, Intelligent and Software Intensive System (CISIS-2007), pp. 5-42, April 2007.
- [10] L. Barolli, A. Koyama, “A Web-based Distance Learning System Using Cooperative Agents”, Chapter in Encyclopedia of Online Learning and Technology, Idea Group Inc. Publishing, Vol.4, pp.430-439, April 2005.
- [11] L. Barolli, A. Koyama, A. Duresi, G. De Marco, “A Web-based E-learning System for Increasing Study Efficiency by Stimulating Learner Motivation,” Journal of Information Systems Frontiers, Springer Publishers, Vol. 8, No. 4, pp. 297-306, September 2006.