

アドホックネットワーク向けサービス構成システム： 井戸端 LAN の設計と実装

北形 元[†] 渡辺将一郎[†] 松島 悠[†] 永井 克幸[†] 長谷川大介[†]
木下 哲男^{††} 白鳥 則郎[†]

† 東北大電気通信研究所 〒980-8577 仙台市青葉区片平2-1-1

†† 東北大情報シナジーセンター 〒980-8577 仙台市青葉区片平2-1-1

E-mail: †{minatsu,mash,yu,nagai905,hasegawa,norio}@shiratori.riecl.tohoku.ac.jp, ††kino@riecl.tohoku.ac.jp

あらまし 本稿では、アドホックネットワークにおける利用者間コミュニケーションに関する利便性を向上するシステムとして、アドホックネットワーク向けサービス構成システム：井戸端 LAN を提案する。井戸端 LAN システムは、研究会や会議の場において利用者が無線 LAN 搭載マシン等を持ち寄った際に、各マシンの利用者情報を相互に交換し、通信したい相手の名前と利用したいサービス名を選ぶだけで、メッセージングサービスやファイル転送などの各種コミュニケーションサービスを利用可能とするシステムである。本稿では、井戸端 LAN システムにおけるエージェント指向サービス構成手法について述べ、その設計とプロトタイプ実装について述べる。

キーワード エージェント指向サービス構成、コミュニケーションサービス、アドホックネットワーク、ピアツーピア

Service Construction System for Ad-hoc network: design and implementation of Idobata LAN

Gen KITAGATA[†], Shoichiro WATANABE[†], Yu MATSUSHIMA[†], Katsuyuki NAGAI[†], Daisuke HASEGAWA[†], Tetsuo KINOSHITA^{††}, and Norio SHIRATORI[†]

† Research Institute of Electrical Communication/Graduate School of Information Science, Tohoku University, 2-1-1 Katahira Aoba-ku, Sendai, 980-8577, JAPAN.

†† Information Synergy Center / Graduate School of Information Science, Tohoku University, 2-1-1 Katahira Aoba-ku, Sendai, 980-8577 JAPAN.

E-mail: †{minatsu,mash,yu,nagai905,hasegawa,norio}@shiratori.riecl.tohoku.ac.jp, ††kino@riecl.tohoku.ac.jp

Abstract In this paper, we propose Idobata LAN system, which improves usability of user communication on Ad-hoc networks. Idobata Lan system exchanges user information among computers and makes users possible to use various communication services by only selecting target user's name and service name. In this paper, we describe agent-oriented service composition method of Idobata LAN, and show detailed design.

Key words Agent-oriented Service Composition, Communication Services, Ad-hoc Network, Peer-to-Peer

1. はじめに

近年、IEEE802.11 に代表される無線デバイスの普及とともに、ノート PC や携帯型端末 (PDA) において、無線によるネットワーク接続が一般に広く利用されるようになってきた。現在多く利用されている無線デバイスである IEEE802.11(以下、無線 LAN と表記) は、基地局を介して通信を行うインフラストラクチャモードと、端末間で直接通信を行うアドホックモードの 2 つのモードが用意されているが、前者のインフラス

トラクチャモードを用いて上位の有線ネットワーク、例えばインターネットへ接続されることが多い、後者のアドホックモードが利用される機会は一般に少い。この原因としては、アドホックモードを利用したネットワーク(以下、アドホックネットワークと表記)の本質的な性質である“一時性”に起因する、次のような利用者視点から見た利便性の欠如が挙げられる。

- 1) このようなサービスが稼働しているか判らないため、サービスを利用しづらい。
- 2) コンピュータとその所有者の関連が不明なため、利用者間

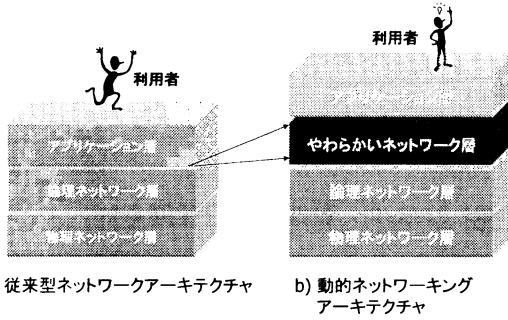


図 1 動的ネットワーキングアーキテクチャ
Fig. 1 Dynamic Networking Architecture.

コミュニケーションに利用しづらい。

1)を改善する関連研究として、アドホックネットワークを構成する各コンピュータ上で提供可能なコンテンツのサマリーをもとに、利用者をナビゲートするシステム等がある[1]。これに対し本稿では、2)の問題点、すなわちアドホックネットワークにおける利用者間コミュニケーションに関する利便性の欠如を解決するシステムとして、エージェント型サービス構成システム：井戸端 LAN を提案する。

井戸端 LAN システムは、研究会や会議の場において利用者が無線 LAN 搭載マシンを持ちよった際に、各マシンの利用者情報を相互に交換し、通信したい相手の名前と利用したいサービス名を選ぶだけで、メッセージングサービスやファイル転送などの各種コミュニケーションサービスを利用可能とするシステムである。これまで、ネットワークを利用する一般的なコミュニケーションサービスは、通信対象のホストを指定する識別子として、URL やホスト名などの半固定識別子を用いてきた。しかし、無線 LAN のアドホックモードを利用してコミュニケーションサービスを利用する状況を考えた場合、DNS サーバ等の名前管理サーバが利用できないため、通信相手の利用者と、その利用者が使用しているホストの IP アドレスを何らかの手段を用いて関連付ける必要があった。これは、利用者にとって、アドホックモードを利用してコミュニケーションサービスを利用する際の大きな負担となっていた。これに対し本システムは、やわらかいネットワーク層の高レベル通信ユニットを活用し、利用者指向のアドレッシング、すなわち、通信相手の名前を用いて通信対象を特定する仕組みを提供し、上述の負担を大幅に軽減する。具体的には、本システム利用者は、付近の利用者のプレゼンスを示すユーザインターフェイスから通信したい相手を選び、ポップアップメニューから利用可能なコミュニケーションサービスを選択するだけで、自ホストと通信相手ホストの両者に必要なエージェント組織が構成され、コミュニケーションサービスが即座に利用可能となる。本稿では、井戸端 LAN システムにおけるエージェント指向サービス構成手法について述べ、その具体的設計を与える。

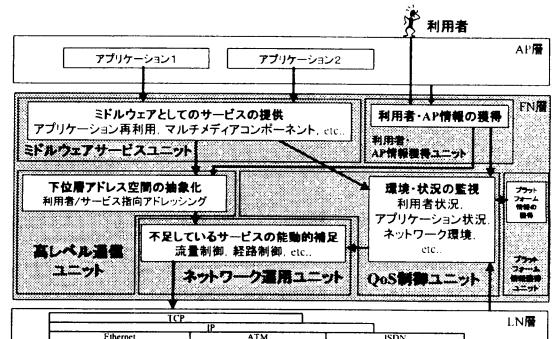


図 2 FN(Flexible Network) 層のユニット構成
Fig. 2 Units of Flexible Network Layer.

2. 井戸端 LAN システム

2.1 エージェント型ネットワークミドルウェア

従来のネットワークアプリケーションの多くは、TCP/UDP などが提供するトランスポート通信サービスを直接用いて構成されてきた。しかしながら、これらトランスポート通信サービスを直接利用することによる、次のような問題が生じつつある。まず、通信相手との通信路確保のために、通信相手に対応する IP アドレス、ポート番号を推定しなければならないといった接続時の不自由さがあげられる。次に、トランスポート通信サービスが提供する QoS 制御等の高度な機能を利用しようとする場合、個々のアプリケーションが独自にそれらの機能への対応を行わなければならず、アプリケーションの複雑化をまねくという問題があげられる。これらの問題は、様々な通信基盤上で頻繁に移動しながら通信を行う将来のネットワーク利用形態を考えると、今後更に大きな問題となるであろう。これらの問題を解決するためには、ソフトウェア工学的、あるいは利用者指向的な観点を考慮した新たなネットワークアーキテクチャを構成する必要がある。

そこで我々は、これらの問題点を解決するために、これまで行ってきたやわらかいネットワークに関する研究成果[2]～[5]に基づき、次世代広域ネットワーク環境のモデルとして、動的ネットワーキングアーキテクチャに関する研究を行っている[6]、[7]。

図 1 に動的ネットワーキングアーキテクチャの層構成を示す。本アーキテクチャでは、IP ネットワーク等のサービス機能層である論理ネットワーク層（以下 LN 層と表記）とアプリケーション層（以下 AP 層と表記）の中間に位置するネットワークミドルウェアとして、新たに「やわらかいネットワーク層（以下 FN 層と表記）」を導入する。FN 層は、AP 層からの要求と LN 層のサービスを効果的に連結し、AP 層と LN 層の双方における大・小、一時的・長期的変動を自律的に調整する機能を持つ。以下に、図 2 に示す FN 層の各ユニットの役割について概要を述べる。

(1) ミドルウェアサービスユニット

アプリケーションから共通的に利用される、品質調整を伴う

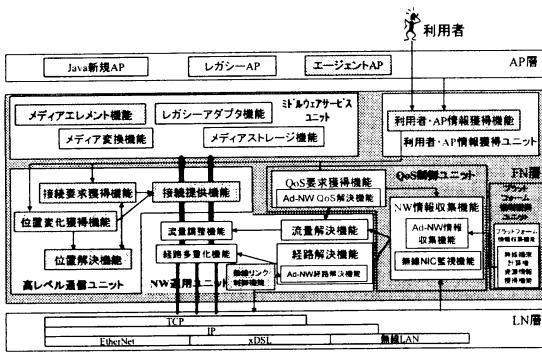


図 3 FN 層の機能構成

Fig. 3 Functions of Flexible Network Layer.

動画、静止画、音声等のメディア送受信機能をコンポーネントとしてアプリケーションに提供する。

(2) 高レベル通信ユニット

LN 層で用いられる IP アドレスのようなホスト指向のアドレス形式ではなく、より利用者に近い形式（人物名やサービスの種類など）で、利用者が接続相手を指定する機能を提供する。

(3) QoS 制御ユニット

QoS 制御ユニットは、以下の 2 つの機能から構成される。

- QoS 要求獲得機能: 上位層からの QoS 要求を獲得する。
- ネットワーク情報収集機能: LN 層あるいは上位層から、ネットワークにかかる様々な情報を収集、管理する。

(4) ネットワーク運用ユニット

ネットワーク運用ユニットは、以下の 4 つの機能から構成される。

- 流量解決機能: 個々のアプリケーションが送受信するデータのストリーム（以下、フローと表記）毎の流量を決定する。
- 経路解決機能: LN 層の提供する通信路の利用法を決定する。
- 流量調整機能: 流量解決機能と連携して、フロー毎の流量を調整する。
- 経路多重化機能: 経路解決機能と連携して、LN 層が提供する通信路の切替え、多重化等を行う。

(5) 利用者・APP 情報獲得ユニット

本ユニットは、利用者のログイン状態や作業状態、およびアプリケーションの動作状態を監視、獲得する役割を持つ。獲得した利用者は（2）高レベル通信ユニットへ、アプリケーション情報は（3）QoS 制御ユニットへそれぞれ伝達され、サービスの構成、および QoS の調整に活用される。

(6) プラットフォーム情報獲得ユニット

本ユニットは、稼働中のプラットフォーム、すなわち計算機に関する資源状況を監視し、QoS 制御ユニットへ伝達する。監視する資源状況は、CPU 負荷、メモリの状況、計算機に接続されているデバイスの状況等である。

FN 層が AP 層と LN 層の双方における変動を自律的に調整

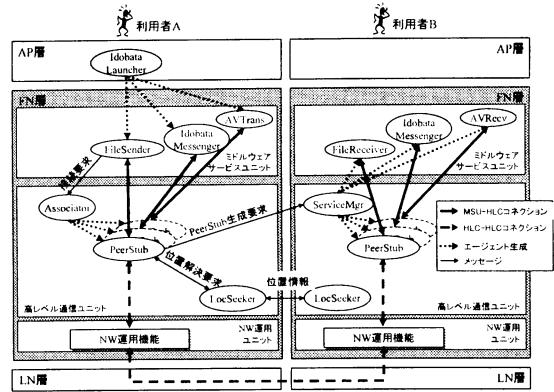


図 4 井戸端 LAN システムのエージェント構成

Fig. 4 Agents of Idobata LAN System.

するためには、性能的調整すなわちパラメータ的な調整のみならず、必要であれば FN 層自体の機能構成を変更し、より大きな変動にも適応できることが求められる。そこで、これらユニットの設計に際しては、それぞれのユニットが持つべき機能を分割し、自律・協調動作可能な小規模な機能部品、すなわちエージェントとして設計し、これを格納庫に格納する。この格納庫を、FN-Repository と呼ぶ。そして、FN-Repository に格納した部品を実行時にインスタンシエート（インスタンス化）、および組織化することにより、実行時の環境に応じたシステムを構築可能とする。これにより、アプリケーションやネットワーク環境の違いに応じたユニットの機能調整や、ユニット間の連携・協調が容易となる。

2.2 FN 層における位置づけ

図 3 に、井戸端 LAN システムの FN 層における位置づけを示す。本システムは、FN 層の（2）高レベル通信ユニットを中心に、複数のユニット内の機能の連携によって実現される。具体的には、利用者のログイン状態を取得するために、利用者・APP 情報獲得ユニットの設計を与える。また、利用者のログイン状態の管理、および利用者の名前に基づくホスト間の通信路を確保するために、高レベル通信ユニットの設計を与える。さらに、無線 LAN のアドホックモードにおける IP アドレス管理に、ネットワーク運用ユニットの一部である無線リンク制御機能を設計する。アプリケーション層においては、無線 LAN のレンジ内に存在する利用者の表示、およびファイル送信やメッセージ送信などのミドルウェアサービスを起動する利用者インターフェイスが配置される。

2.3 利用者名指向サービス構成

従来の TCP/IP を利用したコミュニケーションサービスは、通信相手をホスト単位、すなわちホスト名や IP アドレスを用いて指定するのが一般的であった。すなわち、コミュニケーションサービスの利用者や、通信したい相手が利用しているホストのホスト名、もしくは IP アドレスを何らかの手段で入手し、コミュニケーションサービスへ通信先を指定する必要があった。これはすなわち、誰と通信したいのかという利用者要求と、ど

のホストと接続するのかというコミュニケーションサービスが必要とする入力形式の間にギャップがあることを示している。このギャップは、利用者にとってコミュニケーションサービスを利用する際の大きな負担となっていた。そこで、上述の問題を解決するために、本システムでは、FN層の高レベル通信ユニットにより、利用者名を用いたアソシエーション確立を実現する。これにより、従来のホスト指向のアドレッシングに代わり、利用者指向のアドレッシングを利用することが可能となる。この機能を利用し、本システムでは利用者名指向のサービス構成を行う。これらは、以下の機能(1)～(4)により実現される。

- (1) 近接する無線 LAN 搭載ホストの利用者情報の取得
- (2) 利用者へ提供可能なコミュニケーションサービスの列挙
- (3) 利用者への他ホスト利用者情報の提供
- (4) サービスの動的構成

3. 井戸端 LAN システムの設計

本節では、前述した機能(1)～(4)の具体的な設計を与える。

3.1 機能(1) 近接する無線 LAN 搭載ホストの利用者情報の取得

本機能は、高レベル通信ユニット内の位置変化獲得機能、および位置解決機能により実現される。位置変化獲得機能は、利用者情報を他のホストへ通知し、またこの通知を受信する。これにより、無線 LAN のレンジ内のホスト間で利用者情報を交換する。

3.2 機能(2) 利用者へ提供可能なコミュニケーションサービスの列挙

本機能は、2.1節にて述べた FN-Repository 内に格納されたエージェントのうち、ミドルウェアサービスユニットに属するものを列挙することにより実現される。具体的には、FN-Repository へエージェントを探索するメッセージを送信し、ミドルウェアサービスユニットに属するエージェントからの返答メッセージに含まれるサービス名を列挙する。

3.3 機能(3) 利用者への他ホスト利用者情報の提供

本機能は、上述した機能(1)により取得した利用者情報と機能(2)により取得したコミュニケーションサービスを、ユーザインターフェイスを通じて利用者へ提供することで実現される。ユーザインターフェイスは本システム固有のものであり、アプリケーション層に実装される。また、このユーザインターフェイスからは、コミュニケーションサービスの起動要求を受け付ける。

3.4 機能(4) サービスの動的構成

本機能は、機能(3)にて提供するユーザインターフェイスにて獲得したコミュニケーションサービスの起動要求に基づき、2.1節にて述べた FN-Repository へミドルウェアサービスを実現するエージェント（以下、ミドルウェアサービスエージェントと表記）の構成要求を行うことで実現される。まず、ユーザインターフェイスが、通信相手の利用者名とコミュニケーションサービスの仕様を含むミドルウェアサービスエージェントの構

成要求を FN-Repository へ送信し、その結果利用者環境へミドルウェアサービスエージェントがインスタンシートされる。インスタンシートされたミドルウェアサービスエージェントは、通信相手の利用者名を基に高レベル通信ユニット内の接続要求獲得機能へ対向エージェントの起動要求と通信路の確保を要求する。これをうけ、接続要求獲得機能が位置解決機能より通信相手ホストの IP アドレスを取得し、通信相手ホスト内の接続要求獲得機能へ、対向エージェントの起動を要求する。その後、接続提供機能によりホスト間のアソシエーションが確立され、通信路が確保される。以上の仕組みにより、利用者名に基づくサービスの動的構成が実現される。

4. エージェント指向設計

4.1 エージェント構成

図4にて述べた設計に基づく、本システムのエージェント構成を示す。

(1) アプリケーション層のエージェント

Idobata Launcher Idobata Launcher はユーザインターフェイスを提供するエージェントであり、他利用者情報と利用可能サービスの表示を行う。また、利用者から選択されたサービスを基に、ミドルウェアサービスエージェントの起動を行う。

(2) ミドルウェアサービスユニットのエージェント

ミドルウェアサービスエージェント (MWSAg) ミドルウェアサービスエージェント（以下、MWSAg と表記）は、Idobata Launcher から起動され、利用者にコミュニケーションサービスを提供するエージェントである。ミドルウェアサービスエージェントは、随時 FN-Repository に登録し追加していくことが可能であるが、現在設計済みのエージェントとしてファイル転送サービスを提供する FileSender, FileReceiver, ショートメッセージサービスを提供する Idobata Messenger, マルチメディアコミュニケーションサービスを提供する AVTrans, AVRecv などがある。

(3) 高レベル通信ユニットのエージェント

LocSeeker LocSeeker は、位置変化獲得機能と位置解決機能を実現するエージェントであり、Idobata Launcher から受け取った利用者名と自ホストの IP アドレスを、アドホックネットワーク上にアドバタイズする。また、受信した他ホストからのアドバタイズを格納し、周囲に存在する利用者の名前を Idobata Launcher を通じ利用者へ提示する役割を持つ。

Associator, ServiceMgr Associator と ServiceMgr は、接続要求獲得機能を実現するエージェントである。Associator はローカル（自ホスト）内のエージェントからの接続対象の利用者名と、サービス名からなる接続要求を受け付ける。さらに Associator は、接続先のホストの IP アドレスを LocSeeker から獲得し、該当 IP アドレスを持つホスト上の ServiceMgr へ、自ホストの利用者名と利用者から要求されたサービス名からなる接続要求を送信する。

PeerStub PeerStub は、接続提供機能を実現するエージェントであり、ローカルとリモートの MWSAg 間のアプリケーションデータ送受信用チャネルを確立し、通信路を提供する。

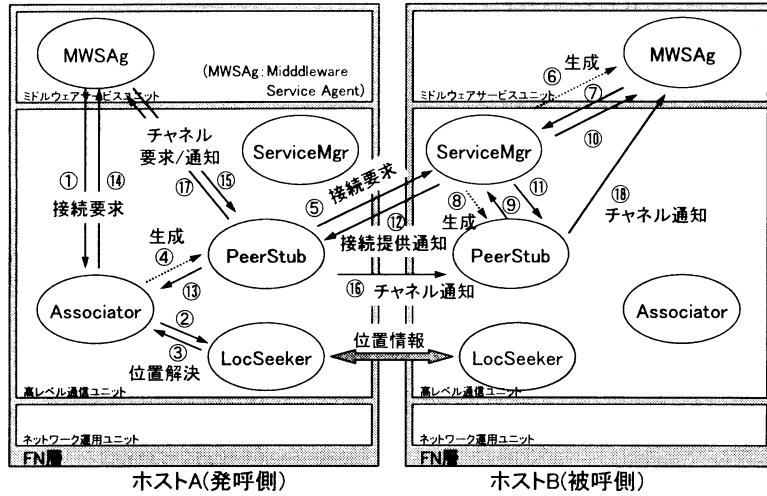


図 5 サービス構成メッセージの流れ
Fig. 5 Picture of Service Composition Messages Flow.

すなわち、異なる 2 つのホスト上の MWSAg 間の通信路は、ローカルの MWSAg と PeerStub 間の MSU-HLC(Middleware Service Unit – High Level Communication) コネクションと、HLC-HLC(High Level Communication – High Level Communication) コネクション、さらにリモートの MSU-HLC コネクションの 3 つに分割される。このように PeerStub を導入し MWSAg からの通信路を一旦ローカルホスト内で終端させることにより、MWSAg は通信対象のエージェントのネットワーク上の位置、すなわち IP アドレスから完全に隠蔽され、ローカルの PeerStub とのみ通信を行うよう設計することが可能となり、MWSAg の設計・実装が容易となる。さらに、無線品質の悪化や IP アドレスの変化により HLC-HLC コネクションが一時切断された場合、PeerStub 間で再接続を行うことにより、MWSAg へ通信路の切断を隠蔽することが可能となる。

4.2 サービス構成メッセージ

図 5 に、サービス構成のためのエージェント間メッセージの流れを示す。以下、各メッセージの内容を述べる。なお、特に明記しない限り、各エージェントは発呼側を示す。

(1) MWSAg が通信対象の利用者名とエージェント名からなる接続要求を通知。

(2) Associator が利用者名からなる、通信対象ホストの IP アドレスの問い合わせを通知。

(3) LocSeeker が通信対象ホストの IP アドレスの問い合わせを通知。

(4) 発呼側 FN-Repository から、発呼側の PeerStub を生成。この際、通信対象ホストの IP アドレスと通信対象エージェント名が通知される。

(5) PeerStub が被呼側 ServiceMgr へ通信対象エージェント名からなる接続要求を通知。

(6) 被呼側 ServiceMgr が通信対象エージェント(被呼側 MWSAg)を生成。

- (7) 被呼側 MWSAg が生成完了を通知。
- (8) 被呼側 ServiceMgr が被呼側 FN-Repository から被呼側 PeerStub を生成。
- (9) 被呼側 PeerStub が生成完了を通知。
- (10) 被呼側 ServiceMgr が被呼側 MWSAg へ被呼側 PeerStub のエージェント名を通知。
- (11) 被呼側 ServiceMgr が被呼側 PeerStub へ被呼側 MWSAg のエージェント名を通知。
- (12) 被呼側 ServiceMgr が PeerStub へ接続提供完了を通知。
- (13) PeerStub が Associator へ生成完了を通知。
- (14) Associator が MWSAg へ PeerStub のエージェント名を通知。
- (15) MWSAg が PeerStub へ、チャネル識別子を指定しアプリケーションデータ送受信用チャネルを要求。
- (16) PeerStub が HLC-HLC コネクション用に TCP/IP の受信ポートを開き、被呼側 PeerStub へ自 IP アドレスとポート番号を通知。被呼側 PeerStub から発呼側 PeerStub へコネクション確立。
- (17) PeerStub が MSU-HLC コネクションの生成完了を通知。
- (18) 被呼側 PeerStub が MWSAg へ被呼側 MSU-HLC コネクションの生成完了を通知。

以上、(1)～(14) によりサービス構成が行われ、さらに(15)～(18) により、サービス間のアプリケーションデータ送受信用チャネルが確立される。

5. 実装と実験

5.1 実装

前節までの設計に基づき、本システムのプロトタイプ実装を行った。OS は Microsoft Windows2000/XP を用い、実装言語には Java 言語を用いた。さらにエージェントフレームワーク

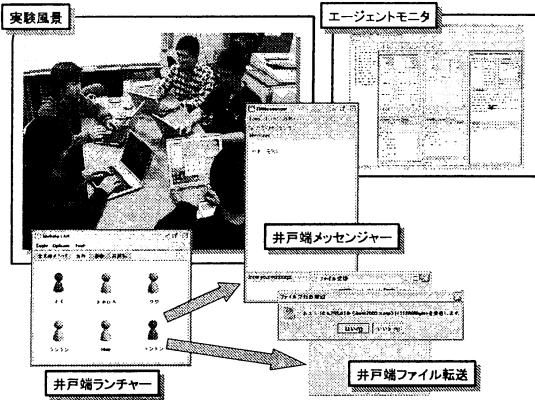


図 6 実験の様子とスナップショット

Fig. 6 Picture of Experiments and Snap-shots.

として、DASH[8]を用いた。また、高レベル通信ユニット内のLocSeeker エージェントの実装に、JXTA[9]を使用した。図6に本システムのプロトタイプを用いた運用の様子と、スナップショットを示す。

5.2 実験

提案システムの有効性を確認するため、プロトタイプシステムを用いた動作実験を行った。実験環境は以下の通りである。

- ノート PC 3台(マシン A,B,C)
- 利用者 A,B,C がマシン A,B,C をそれぞれ使用
 - CPU PentiumM 1GHz
 - メモリ 256MB
 - 無線 LAN IEEE802.11b
- 各ノート PC をアドホックモードで接続
- 各ノート PC において井戸端 LAN を起動済み

まず、利用者 A,B,C が井戸端 LAN システムにログインすると、マシン A,B,C それぞれのユーザインターフェース(井戸端ランチャー)において、各利用者がアドホックネットワーク上に存在する旨が表示された。これは、機能(1) 近接する無線 LAN 搭載ホストの利用者情報の取得、および機能(3) 利用者への他ホスト利用者情報の提供が有効に働いたことによる。ログインを行ってから表示が完了するまでの時間は、ほとんどの場合瞬時であったが、時折 20~30 秒遅れて表示される場合があった。これは、ログイン情報の交換に JXTA を用いたことに起因している。この遅延は、今後、ログイン情報の交換にアドホックモードに適した改良プロトコルを用いることで解消することができると考えられる。つづいて、利用者 A が利用者 B に対してファイル送信を行うため、ユーザインターフェースから利用者 B の名前がついたアイコンをクリックし、表示されたサービスの一覧からファイル送信を選択した。すると、マシン A にファイル送信用サービス、マシン B にファイル受信サービスがそれぞれ起動した。これは、機能(2) 利用者へ提供可能なコミュニケーションサービスの列挙、および機能(4) サービスの動的構成が有効に働いた結果による。サービスの起動に要する時間は、両者とも約 5~10 秒であった。今後、実装の改良

により、この起動時間は短縮可能であると考えられる。以上の結果より、機能(1) ~機能(4) の働きによりアドホックネットワークにおいて利用者名指向のサービスの自動構成が実現され、アドホックモード利用時における利用者負担を軽減できることを検証し、提案システムの有効性を確認した。

6. まとめ

本稿では、アドホックネットワークにおける利用者間コミュニケーションに関する利便性の欠如を解決するシステムとして、アドホックネットワーク向けサービス構成システム：井戸端 LAN を提案した。井戸端 LAN システムは、研究会や会議の場において利用者が無線 LAN 搭載マシンを持ちよった際に、各マシンの利用者情報を相互に交換し、通信したい相手の名前と利用したいサービス名を選ぶだけで、メッセージングサービスやファイル転送などの各種コミュニケーションサービスを利用可能とするシステムである。本稿では、井戸端 LAN システムにおけるエージェント指向サービス構成手法と、生成したサービス間の通信路確保の手法について詳述し、その具体的設計を与えた。また、この設計を基に、プロトタイプシステムの実装を行った。今後の課題として、本システムにより、アドホックネットワークにおける利用者間コミュニケーション利用の際の利便性が向上することを定性的・定量的に評価を行う予定である。

文 献

- [1] I. Kondo and S. Ueshima: Content-based Navigation System over Ad Hoc Wireless Network, *Proc of 5th Asia-Pacific Symposium on Information and Telecommunication Technologies (APSITT2003)*, pp.333~338, Nov. (2003).
- [2] N. Shiratori and K. Sugawara: Developing of a Next Generation Network Based on Knowledge-based Design Methodology, *IEICE Technical Report*, AI93-28, Jul. (1993).
- [3] N. Shiratori and K. Sugawara: Towards Developing Flexible Network,-Knowledge-based Design Methodology, *IEICE Technical Report*, AI93-46, Sep. (1993).
- [4] N. Shiratori, K. Sugawara, T. Kinoshita and G. Chakraborty: Flexible Networks: Basic concepts and Architecture, *IEICE Trans. Comm.*, Vol. E77-B, No. 11, pp.1287-1294, (1994).
- [5] N. Shiratori, T. Suganuma, S. Sugiura, G. Chakraborty, K. Sugawara, T. Kinoshita and E.S.Lee.: Framework of a flexible computer communication network, *Computer Communications*, Vol.19,pp.1268-1275, (1996).
- [6] T. Kinoshita, S. Sugiura, T. Suganuma, K. Sugawara, and N. Shiratori: Evolutional Flexible Network, *IPSJ Technical Report*, 99(56):143~148, 1999.
- [7] T. Suganuma, T. Kinoshita, and N. Shiratori: Flexible network layer in dynamic networking architecture, *Proc of The 1st International Workshop on Flexible Networking and Cooperative Distributed Agents (FNCDA2000)*:473~478, 2000.
- [8] Distributed Agent System based on Hybrid architecture, <http://www.agent-town.com/>.
- [9] Project JXTA home page, <http://http://www.jxta.org/>.