

分散型 e-Learning システムにおける NAT 透過性の実現

NAT Traversal for a Distributed e-Learning System

倉持 一生[†] 本村 真一[†] 川村 尚生^{††} 菅原 一孔^{††}

Kazuo Kuramochi[†] Shinichi Motomura[†] Takao Kawamura^{††} Kazunori Sugahara^{††}

[†] 鳥取大学大学院 工学研究科 ^{††} 鳥取大学 工学部

1 はじめに

我々は、一般的な e-Learning システムにおける負荷集中による応答性や安定性の低下を解決すべく、分散型 e-Learning システム [1] を開発している。

このシステムは、システムに参加する各ノードに学習コンテンツを分散する P2P 型のシステムである。学習コンテンツは、データと採点などの機能を併せ持つモバイルエージェントとして実現されており、エージェントは学習コンテンツの提供のためノード間を移動する。エージェントの移動はノード間の通信で実現する。

これまで、プライベート IP アドレスを持つノード（以下、プライベートノード）同士でシステムを構成したり、グローバル IP アドレスを持つノード（以下、グローバルノード）同士でシステムを構成することは可能であった。しかし、プライベートノードとグローバルノードの両方でシステムを構成することは不可能であった。本稿では、これを解決する仕組みとその実装について述べる。

2 NAT 透過性を持つ提案システムの設計

2.1 NAT を含むネットワークにおけるノードの識別

NAT (Network Address Translation)¹ は、複数のプライベートノード間でグローバル IP アドレスの共有を可能とする技術であり、インターネット上で広く用いられている。NAT を利用したネットワークの問題点として、NAT の外側のノードから NAT の内側の任意のノードへ通信が確立できない点が挙げられる。

提案システムにおいて、エージェントは既知のノード間を移動する。インターネット上のシステムの多くは、ノードの識別にグローバル IP アドレスを用いる。しかし、インターネット上で NAT の内側のプライベートノードも識別対象とすると、グローバル IP アドレスのみでは一意性を確保できず、不十分である。そこで提案システムでは、ノードの識別のためグローバル IP アドレスに加えポート番号を利用する。

2.2 NAT を越えたエージェントの移動

グローバルノードとプライベートノードの両方で提案システムを構築することを可能とするため、ノードを 2.1 節に示したグローバル IP アドレスとポート番

号の組で識別可能し、グローバルノードとプライベートノードの間で通信を確立可能とすることを考える。

ここでは、あらかじめ NAT のアドレス・ポート変換テーブル上に、NAT の外側の任意のノードから NAT の内側のノードへの変換項目を設定しておくことで、NAT を越えたノード間の通信を実現する。

エージェントが、グローバルノードから NAT の内側のプライベートノードへ移動する様子を図 1 に示す。図 1 において、IP アドレス 160.15.30.200 のノード上のエージェントが、IP アドレス 120.50.35.10、ポート番号 50002 宛に移動する際、IP アドレス 120.50.35.10 の NAT 上でのアドレス・ポート変換により移動元ノードから IP アドレス 192.168.1.3 のノードへ通信が確立され、エージェント移動のための通信が行われる。

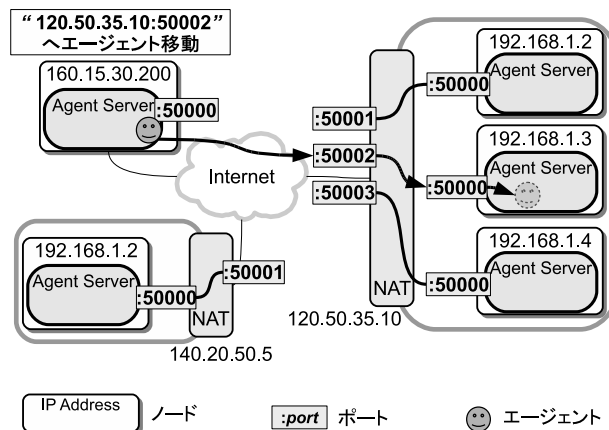


図 1: グローバル IP アドレス 120.50.35.10 のノード上のエージェントが、グローバル IP アドレス 120.50.35.10 を持つ NAT の内側のプライベート IP アドレス 192.168.1.3 のノードへ移動する様子

このように、移動先ノードの識別情報としてグローバル IP アドレスと NAT 上のポートの組を用いることで、NAT 外側のノード上のエージェントは移動の宛先としてプライベートノードを指定し移動することが可能となる。

同様に先の識別情報を用いることで、NAT を越えたプライベートノード間の通信や、プライベートノードからグローバルノードへの通信も実現する。

¹このうち本稿では、NAPT (Network Address Port Translation) [2] を対象とする。NAPT は、IP アドレスに加え、ポート番号も変換することで、1 つのグローバル IP アドレスを複数のプライベートノードで同時に共有することを可能とする技術である。以後、NAPT 機能をもつ機器を単に NAT と呼ぶ。

3 NAT 透過性を持つ提案システムの実装

3.1 提案システムの構成

提案システムは、二次元直交座標空間に基づく分散ハッシュテーブルによる P2P ネットワークを構築しており、これをエージェントによって実現している。

提案システム上のエージェントは、我々が開発するモバイルエージェントシステム構築用フレームワークの Maglog[3] 上に実現している。提案システムにおけるエージェントは、Maglog のエージェント実行環境であるエージェントサーバ上で動作する。

3.2 NAT を越えた通信の実現

NAT を越えた通信を実現し、プライベートノードとグローバルノードの両方でシステムを構成するための処理について、以下に示す。

3.2.1 エージェントサーバ起動時の処理

あるノードで提案システムを利用するにあたり、ユーザはまずエージェントサーバを起動する。エージェントサーバが起動する際に行われる処理を次に示す。

- もし、自身のノードがプライベートノードであれば、次を行う。
 - NAT のアドレス・ポート変換テーブル上に、表 1 に示す NAT 内側のノードへの通信のための項目を追加する。
 - 設定した NAT 外側のポートと、NAT 外側のグローバル IP アドレスを、エージェントサーバの識別情報として設定する。
- もし、自身のノードがグローバルノードであれば、次を行う。
 - ノードのグローバル IP アドレスとエージェントサーバのポートを、エージェントサーバの識別情報として設定する。

表 1: NAT 上のアドレス・ポート変換テーブルへの追加項目。なお $ip : port$ は IP アドレス ip 、ポート番号 $port$ を示す。また $*$ は任意の値、 NAT_IP は NAT のグローバル IP アドレス、 P_IP はプライベートノード自身の IP アドレスを示し、 n は他の項目の NAT のポート番号と重複しない値、 m はエージェントサーバのポート番号の値を示す。

NAT 外側のノード	NAT	NAT 内側のノード
* : *	$NAT_IP : n$	$P_IP : m$

なお上記 1.(a) において、もし NAT が UPnP (Universal Plug and Play) [4] に対応していれば、エージェントサーバは UPnP を通じて 1.(a) の処理を行う。また、NAT が UPnP に対応していなければ、ユーザは手動で 1.(a) の処理を行う。

上記の処理を行うことで、グローバルノード・プライベートノードは共に一意に識別可能となり、これらノードが NAT を介して互いに通信できる準備が整う。

3.2.2 エージェント起動時の処理

エージェントサーバが起動すると、このエージェントサーバ上で提案システムのためのエージェントが生成される。ノードが提案システムの P2P ネットワークに参加する際、エージェントが実行する処理を次に示す。なお、エージェントは P2P ネットワークに参加しているあるノードの識別情報をすでに持っていることとする。

- 既知の参加ノードへ、P2P ネットワークへの参加を依頼する。
- 依頼の結果、すでに参加しているいくつかのノードの識別情報を受け取り、それらノードへ自身のノードの識別情報を送る。

上記の処理により、自身のノードの識別情報を他のノードに送り、他のノードから識別されるようになる。

3.2.3 エージェントサーバ終了時の処理

提案システムの利用を終了する際、ユーザはエージェントサーバを終了する。もし、NAT のアドレス・ポート変換テーブル上に項目を追加していれば、エージェントサーバが終了する際に項目を削除する。このとき、NAT が UPnP に対応していれば、エージェントサーバが UPnP を通じて項目の削除を行う。

4 動作確認

本稿にて示した手法に基づくシステムを実装し、プライベートノードとグローバルノードの両方で構成される提案システムが正常に動作することを確認した。

5 おわりに

本稿では、提案システムについて、プライベートノードとグローバルノードの両者によってシステムを構成する手法とその実装について述べた。またこの手法に基づくシステムの動作を確認し、その有用性を確認した。この手法は、NAT が複数段となる場合、NAT 内部のプライベートノードと外部のグローバルノードとでシステムを構成できない場合がある。これを解決する手法の開発が今後必要である。

参考文献

- [1] 川村尚生, 菅原一孔: モバイルエージェントに基づく P2P 型 e-Learning システム, 情報処理学会論文誌, Vol. 46, No. 1, pp. 222-225 (2005).
- [2] Srisuresh, P. and Egevang, K.: Traditional IP Network Address Translator (Traditional NAT), RFC 3022 (Informational) (2001).
- [3] Motomura, S., Kawamura, T. and Sugahara, K.: Logic-Based Mobile Agent Framework with a Concept of "Field", *IPSJ Journal*, Vol. 47, No. 4, pp. 1230-1238 (2006).
- [4] UPnP Forum: Welcome to the UPnP™ Forum! <http://www.upnp.org/>.