

クラスタリングに基づく DHT による SIP アドレス解決手法の提案

澤田あかね[†] 白石陽[†] 高橋修[†]

公立はこだて未来大学 システム情報科学部 情報アーキテクチャ学科[†]

1 はじめに

SIP (Session Initiation Protocol) [1]は IP 電話で利用される IETF 標準の通信プロトコルであり、2つ以上のクライアント間でセッションの開始・変更・終了などといったセッション制御を行う。SIP におけるセッション確立時には、電話番号に相当する SIP アドレスとそれに対応する IP アドレスの解決をサーバが行うため、ユーザ数の増加によってサーバに負荷が集中し、ボトルネックとなってしまう。このように、従来のクライアント・サーバ型の SIP はノード数の増加に対するスケーラビリティや耐故障性という点において問題を抱えている。

そこで、近年では、DHT [2] (Distributed Hash Table) を用いてノード同士が対等に通信する P2P (Peer-to-Peer) ネットワークを構成し、SIP サーバの機能を P2P ネットワーク上に分散化することで、高いスケーラビリティと耐故障性を確保するセッション制御の手法 (P2P 型 SIP) が提案されている [3]。しかし、P2P 型の SIP はクライアント-サーバ型よりもセッション確立時の遅延が大きいということが知られており、相手呼び出し実際に通信が開始するまでに時間がかかってしまう。そこで本研究では、クラスタリングを用いて P2P ネットワークの構成を階層化することで、スケーラビリティと耐故障性を保ちつつ、従来の P2P 型 SIP よりも短いセッション確立時間を提供する SIP アドレス解決手法を提案する。

2 関連研究

2.1 DHT

DHT は Pure-P2P ネットワークを構築するための複数のアルゴリズムの総称である。Pure-P2P ネットワークとは、従来のクライアント-サーバ型のネットワークとは異なり、中心となるサーバが存在せず、クライアントとサーバの役割を同時に担うピアと呼ばれるノードのみから構成されるネットワークのことである。DHT は、通常のネットワークの上にオーバーレイネットワークを構築する。そしてオーバーレイネットワーク上のノード (ピア) の識別子 (ID) に IP アドレスのハッシュ値を用いることによって、ノードはオーバーレイ ID 空間上に一様に分散配置される。これらのノードがオーバーレイ ID 空間の一部をそれぞれ均等に分担して持ち合い、それらの情報に基づいて互いに協調動作を行うことでオーバーレイ ID 空間全体をカバーする。探索時には任意のデータのハッシュ値を key とし、key を管理するノードまでクエリが転送される。DHT は、ネットワークに参加しているノード数を N としたとき、オーバーレイルーティングにおける中継ホップ数が $O(\log M)$ となることを保証する [2]。

これまでに提案されている代表的な DHT は複数あるが、本研究では P2P ネットワークの構成を階層化するため、比較的動作がシンプルで、オーバーレイ ID 空間全体を円状スキップリストとして捉える Chord [4] を用いる。

2.2 提案方式の実現における課題

P2P ネットワーク上で DHT を形成し、セッション制御に SIP を用いた研究例 [5, 6, 7] があるが、アドレス解決に DHT を用いることによりセッション確立時の遅延は増大してしまう。本研究ではクラスタリングによって DHT 参加ノード数を最適化し、スケーラビリティと耐故障性を確保しながら遅延を減少させることを目的とする。よって DHT 参加ノード数を管理しその最適値を見つけ、最適値に近い状態でネットワークを維持する必要がある。

3 提案方式

3.1 提案方式の基本構成

本提案方式は図 1 に示すように、階層型 P2P システムの構成をとる。提案方式では、システムに参加するノードをクラスタリングし、 n 個のクラスタにまとめる。さらにクラスタごとに、DHT ネットワークに参加するスーパーノードと、DHT ネットワークには参加せずそのサービスのみを利用する子ノードに分類する。スーパーノードは、クラスタ内の子ノード情報を一元管理する代表ノードである。スーパーノードは DHT ネットワークに参加し、クラスタ内の子ノードのアドレス解決要求を代理で処理する。子ノードの情報はプロキシテーブルと呼ばれるテーブルで管理される。また、自分自身も SIP クライアントとしての機能も持つ。DHT ネットワークへの参加時間が長いノードがスーパーノードとして選出され、頻繁な離脱動作を防ぐことで制御メッセージの発生を抑制し、DHT ネットワークを安定させる。

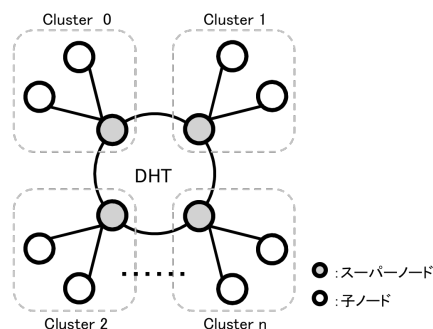


図 1 : 階層型 P2P システム

このシステムを実現するため、本提案方式は 1) クラスタリング、2) アドレス解決、3) スーパーノード数の管理の 3 つのアルゴリズムによって構成される。

3.2 クラスタリング

クラスタリングは、参加ノードが自身の情報を DHT ネットワーク

Proposal of resolving method for SIP addresses using a hierarchical DHT

Akane Sawada[†], Yoh Shiraishi[†], Osamu Takahashi[†]

[†] Future University Hakodate

ットワーク上に登録する，REGISTER 処理の際に行われる。

まず，参加ノードは自身の SIP アドレスをハッシュ関数にかけた値をノード ID とし，上位ビットであるプレフィックスをクラス分けのパラメータとする．次に同じプレフィックスの ID を持つスーパーノードに REGISTER メッセージを送り，スーパーノードに自身の SIP アドレスや IP アドレスなどの情報を登録する。

3.3 アドレス解決

クラスタに所属する子ノードから探索要求が発生すると，その探索要求はクラスタのスーパーノードに転送される．スーパーノードは，探索されるノード ID のプレフィックスのみを key として Chord で探索を行う．探索要求が宛先ノードの情報を持つスーパーノードに転送されると，スーパーノードは自身のプロキシテーブルを参照し，要求のあったノードの情報を送信元ノードへ返す．ノードを階層化することで DHT 参加ノード数を減らし，宛先ノードの情報を管理するクラスタのスーパーノードを探索することで，探索時の遅延が減少する．例として，プレフィックスを上位 8 ビットとし，クラスタ A1 に所属するノード a（ノード ID：0xA134）が別のクラスタ B2 に所属するノード b（ノード ID：0xB2FF）とセッションを確立するときの手順例を図 2 に示す．なお，図 2 はクラスタ数が 4 つの場合の例である。

図 2 の流れは以下の通りである．(1)送信元ノード a は宛先ノード b の SIP アドレス (b@x.org) のハッシュ値を求め，所属クラスタのスーパーノードに送信する．次に，(2)探索要求を受け取ったスーパーノード 0xA10F は受け取ったハッシュ値を DHT ネットワークに送信する．DHT 参加ノードがハッシュ値のプレフィックスのみを参照することで (key=0xB200) ルーティングが行われ，スーパーノード 0xB275 に探索メッセージが転送される．(3)メッセージを受信したスーパーノード 0xB275 は，自身のプロキシテーブルからハッシュ値をもとにノード b の IP アドレスを参照する．(4)スーパーノード 0xB275 は，送信元

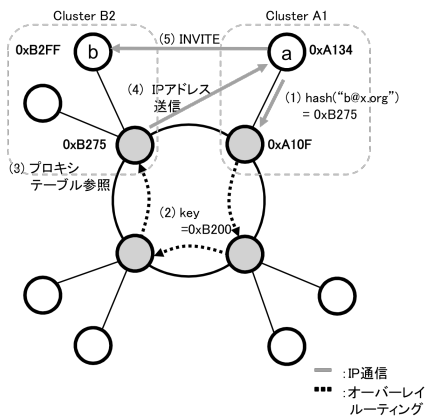


図 2：セッション確立手順例

であるノード a へ IP 通信でノード b の IP アドレスを返す．(5)ノード a は取得した IP アドレスでノード b へ INVITE メッセージを送信する。

3.4 スーパーノード数の管理

DHT 参加ノード数を最適化し，スケーラビリティと耐故障性を確保しながら遅延を減少させるためには，DHT

に参加しているスーパーノード数を管理し，スーパーノード数を変化させてルーティングメッセージや探索ステップ数に着目することで，DHT 参加ノード数の最適値を見つける必要がある。

スーパーノード数の管理は，key=00...00 に一番近いノード ID を持つノードが行う．ノードがスーパーノードとして DHT に新規に参加する際は，通常の Chord における参加処理後，DHT 参加ノード数を管理するノードを key=00...00 で DHT 探索し，DHT 参加ノード数を 1 増やすよう依頼する．スーパーノードが DHT から離脱する際も同様に探索し，DHT 参加ノード数を 1 減らすよう依頼する．

常に key=00...00 に一番近いノード ID を持つノードがスーパーノード数を管理することで，管理ノードの離脱後も新たな管理ノードにより参加ノード数が管理される。

4 考察

クラスタリングによって DHT ネットワークのサイズを制御することにより，アドレス解決ステップ数は $O(\log N^{\wedge}) + O(1) (N^{\wedge} < N)$ となる． $O(\log N^{\wedge})$ はノードをクラスタリングして DHT 参加ノード数を N^{\wedge} にしたときのネットワーク探索ステップ数であり， $O(1)$ はプロキシテーブル参照ステップ数である．よって，全ノードがネットワークに参加するような従来の P2P 型 SIP よりも，セッション確立時間を短くすることが可能となる。

5 おわりに

本研究では，既存の P2P 型 SIP におけるセッション確立時の遅延増大という問題に着目し，クラスタリングというアプローチを用いることでその解決を図った．今後は提案方式を実装し，既存方式との性能比較を行うことで提案方式の有効性を評価したい。

6 参考文献

- [1] J. Rosenberg, H. Schulzrinne, G. Camarillo, A. R. Johnston, J. Peterson, R. Sparks, M. Handley, and E. Schooler, "SIP: session initiation protocol," RFC3261, 2002.
- [2] J. Hautakorpi and G. Camarillo, "Evaluation of DHTs from the Viewpoint of Interpersonal Communications," *Proc. of 6th Int. Conf. on Mobile and ubiquitous multimedia*, pp. 74-83, 2007.
- [3] A. Johnston, "SIP, P2P, and Internet Communications," Internet-Draft draft-johnston-sipping-p2p-ipcom-01, 2005.
- [4] I. Stoica, R. Morris, D. Karger, M. Frans Kaashoek, and H. Balakrishnan, "Chord: A Scalable Peer-to-peer Lookup Service for Internet Applications," *Proc. of SIGCOMM*, 2001.
- [5] K. Singh and H. Schulzrinne, "Peer-to-peer internet telephony using SIP," *Proc. of International Workshop on Network and Operating System support for Digital Audio and Video (NOSSDAV)*, pp. 63-68, 2005.
- [6] B. Meyer and M. Portmann, "Practical Performance Evaluation of Peer-to-Peer Internet Telephony Using SIP," *Proc. of IEEE 8th Int. Conf. on Computer and Information Technology Workshops*, pp. 204-209, 2008.
- [7] H. Ma and B. Xu, "A hierarchical P2P architecture for SIP communication," *Proc. of 2007 Int. Conf. on Next Generation Mobile Applications, Services and Technologies*, pp. 130-135, 2007.