

# P2P ネットワークモデルにおける ネットワーク距離を考慮したピア選択についての検討

植田 和憲<sup>1\*</sup> 大西 直弥<sup>2</sup>

(受領日：2014年5月7日)

<sup>1</sup> 高知工科大学情報学群  
〒782-8502 高知県香美市土佐山田町宮ノ口185

<sup>2</sup> 高知工科大学大学院工学研究科基盤工学専攻電子・光システム工学コース  
〒782-8502 高知県香美市土佐山田町宮ノ口185

\* E-mail: ueda.kazunori@kochi-tech.ac.jp

**要約：**P2P ネットワークモデルにおいては、サービス提供者が固定されていないため、サービスを提供するピア（ノード）を検索する必要がある。各ピアがネットワークを自律的に構成するピュア P2P 型では、ピア検索のために、検索リクエストの伝搬を繰り返すフラッディングを行うことがあるが、ネットワークの規模が大きい場合にやりとりされるメッセージ数が膨大になるという問題がある。また、遠いピアが選択され、長い経路で通信を行うことがある。ピア検索においてネットワーク的に近いピアを選定するために、ネットワーク距離を考慮したピア選定が求められる。ネットワーク距離を考慮するための手法として、通信の応答速度に基づいたネットワーク座標系の構築および応答速度を基準としたクラスタリングを行う方法がある。本稿では、それらの手法として Vivaldi および P2P 手法におけるクラスタリング手法を対象とし、ピア数とメッセージ数の増加について比較した。結果として、いずれの手法においてもピア数が増加してもピアあたりのメッセージ数の大幅な増加はないことが分かった。

## 1. はじめに

P2P ネットワークモデルにおいては、各ノードをピアと呼び、サービスの提供者と受領者とを区別しない。サービス提供者が固定されていないため、アプリケーションの目的に沿ってサービスを提供するピアを検索する必要がある。各ピアがネットワークを自律的に構成するピュア P2P 型ネットワークモデルにおいては、サービスを提供するピアを検索するために、検索リクエストの伝搬を繰り返すフラッディングという手法が用いられることがある。フラッディングには、ネットワークの規模が大きい場合にやりとりされるメッセージ数が膨大になるという問題がある。また、検索され選定されたピアは必ずしもネットワーク的に近いことが保証されないため、場合によっては長い経路にて通信を行うことがある。ピア検索においてネットワーク上で近いピアを選定するために、ネットワーク距離を考慮し

たピア選定が求められる。ネットワーク距離を考慮するための手法として、通信の応答速度に基づいたネットワーク座標系の構築および応答速度を基準としたクラスタリングを行う方法がある。本稿では、それらの手法を交換メッセージ数について比較する。

## 2. P2P ネットワークモデルとネットワーク距離

### 2.1 P2P ネットワークアプリケーション

これまでに、P2P ネットワークモデルに基づいたアプリケーションが数多く利用されてきた<sup>1)</sup>。ピュア P2P 型のネットワークモデルに基づいたファイル共有アプリケーションとして Gnutella が挙げられる。ピュア P2P 型では P2P ネットワークそのものや各ピアの持つコンテンツを管理するサーバが存在しないため、Gnutella ではピアやコンテンツを検索する

ために接続しているすべてのピアを対象にメッセージを送信し、それを受け取ったピアがさらに同様の処理を行うフラッディングを行う。このようなアプリケーションでは、検索効率が考慮されていない。

検索効率を考慮した P2P アプリケーションとして、KaZaA が挙げられる<sup>1)</sup>。KaZaA では、複数のピアの上位に位置するスーパーノードを導入することで階層的な検索を可能とする。また、国内で広く利用されたアプリケーションとして Winny<sup>2)</sup> が挙げられる。Winny では、ピアの保有するコンテンツなどに基づく嗜好の近いピア同士を同じクラスタに分類するとともに、ピアの回線性能に基づく階層化も行う。これらにより、フラッディングと比較してより効率の良い検索を実現する。

## 2.2 P2P ネットワークモデルにおけるネットワーク距離の考慮

Internet Service Provider (ISP) からネットワークに関する情報を各ピアが利用できる枠組みも提案されている。P4P (Provide Portal for Application)<sup>3)</sup> では、ネットワーク運営者が運用する iTracker がネットワークに関する情報、ポリシー、提供される機能などの情報を各ピアに対して提供する。ALTO (Application-Layer Traffic Optimization) Protocol<sup>4,5,6)</sup> では、各ピアはネットワーク運営者が運用する ALTO Server からネットワークトポロジ、コストといったネットワークに関する情報を受け取り、利用することができる。これらの手法では、ネットワーク運営者が iTracker や ALTO Server といったヒントサーバを設置する必要がある。

ネットワーク事業者が設置するヒントサーバが利用できない場合は、収集した情報を用いて自律的に実ネットワークの状態を推測、あるいはある程度実ネットワークに即した仮想ネットワークを構築する必要がある。そのような手法として、ネットワーク座標系を構築する手法である Vivaldi<sup>7)</sup>、PIC<sup>8)</sup> などが挙げられる。これらの手法は、ネットワーク上のノード間距離を応答時間などを利用して推定し、各ノードを仮想的なユークリッド空間に対応付けるものである。また、推定したピア間のネットワーク距離に基づいてクラスタリングを行い、各ピアを階層的なクラスタに所属させる、P2P 手法によるインターネットノードの階層的クラスタリング<sup>9)</sup> も提案されている。

以下の節では本稿で比較対象とするものについて解説する。具体的には、ネットワーク座標系の構築手法である Vivaldi および P2P 手法によるインターネットノードの階層的クラスタリングについて取り

上げる。

### 2.2.1 Vivaldi

Vivaldi<sup>7)</sup> は各ノードを仮想的なユークリッド空間上に配置する。計測した RTT (Round Trip Time) の値を使って更新(修正)を繰り返しながら各ノードの位置を収束させる。以下では Vivaldi での具体的な処理について解説する。

ノード  $N_i$  および  $N_j$  が二次元空間上に配置されており、それらのノード間の RTT 値を  $rtt_{i,j}$  としたとき、誤差  $e$ 、誤差による力の方向ベクトル  $dir$ 、および力のベクトル  $f$  をそれぞれ以下のように求める。

$$e = rtt_{i,j} - |N_i - N_j|$$

$$dir = u(N_i - N_j)$$

$$f = dir \times e$$

そのとき、座標の更新は次の式のようにして行う。

$$N'_i = N_i + \delta \times f$$

誤差  $e$  は現在の位置と計測された RTT 値から推定されるあるべき位置との誤差、 $u$  はそれぞれの次元における単位ベクトル、 $\delta$  は一度に移動させる量を決定する定数である。 $\delta$  の大小によって収束の速さや振動のしやすさが変化するため、値の決定が性能に大きく影響する。

### 2.2.2 P2P 手法によるインターネットノードの階層的クラスタリング

P2P 手法によるインターネットノードの階層的クラスタリング<sup>9)</sup> では、クラスタの中にさらにクラスタが存在することを想定している。また、外部からネットワークに参加するノードは、すでにネットワークに参加しているノードの情報を何らかの方法で入手することが必要である。

具体的な処理の流れは以下のとおりである。ここで、すでにネットワークに参加しており、新規参加ノードに対して情報を提供するノードを  $N_{ref}$  とする。

1. 新規参加ノードが  $N_{ref}$  よりクラスタ表を取得
2. 下記の処理を最上位クラスタから最下位クラスタまで対象を変えながら繰り返し
  - (a) 着目する階層のクラスタ数が定めた数未満であれば新たにクラスタを生成して繰り返し終了
  - (b) 着目する階層のすべてのクラスタの代表ノードとの距離を計算

- (c) 代表ノードとの距離が最も小さいクラスタに所属
- (d) 所属したクラスタの代表ノードを新たに  $N_{ref}$  へ設定
- (e) 着目する階層をひとつ下の階層へ切り替え

### 3. 各手法の性能評価

P2P ネットワークモデルにおいてネットワーク距離を考慮する場合に使用できる手法として、これまでに述べてきた Vivaldi および P2P 手法によるインターネットノードの階層的クラスタリングを対象とした。これらの手法の P2P ネットワークモデルにおけるピアの参加や離脱に伴う交換メッセージ数について評価した。

評価はシミュレーションによって行った。シミュレーションでは、ピアをネットワークに順次参加させ、その新規参加ピアの参加に伴う座標再計算あるいはクラスタリング処理が収束するまでのメッセージ数を計測した。

想定環境、シミュレーション条件、シミュレーションによる評価について以下の節で述べる。また、最後に今後の検討課題についても述べる。

#### 3.1 想定環境

想定として、全体を管理するサーバは存在せず、自律的にメッセージを交換してネットワークを構成するモデルとした。そのため、シミュレーションでは、いずれの手法においても自律的にメッセージを交換して座標値の決定あるいはクラスタリングを行うこととした。

P2P ネットワークへのピアの参加および離脱があるものとした。具体的には、ピア数がメッセージ数に与える影響を評価するため、一定数のピアの参加ごとにひとつのピアが離脱するモデルとした。また、ピアの故障は考慮せず、離脱したピアは再度参加することがないとした。

#### 3.2 シミュレーション条件

シミュレーションを行うにあたり、以下のような条件を設定した。まず、いずれの手法においても、ピアは同じ位置に同じタイミングでネットワークに参加し、同一のピアを同じタイミングで離脱させた。10 ピアが参加するごとに 1 ピアが離脱するものとした。ピア数は 100 から 3,000 までとした。ピアは、ピアの座標もしくは所属クラスタが収束してから参加させた。

応答時間である RTT 値を実測して得ることができないため、ピア間の距離を RTT 値と対応させる

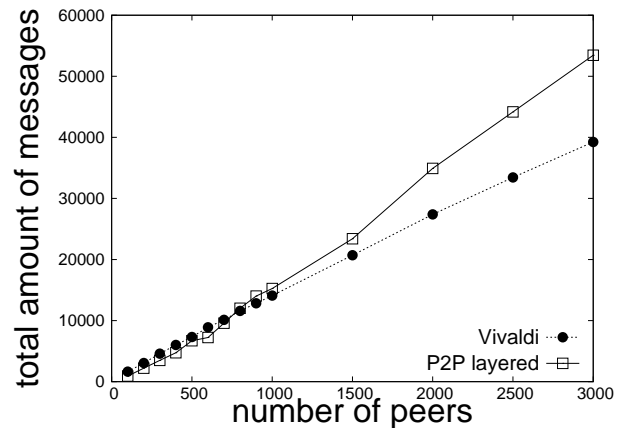


図 1. ピア数とメッセージ数との対応

こととした。ピア間の距離は、ピアが配置された位置に基づいてユークリッド距離により算出したものを使用した。Vivaldi における  $\delta$  の値は収束の速さや振動のしやすさに影響するが、事前の検証により安定して収束する傾向が見られた 0.005 を用いることとした。また、階層クラスタリングにおけるサブクラスタ数がノード数の 2 倍に近づくように階層数を調整した<sup>9)</sup>。

#### 3.3 メッセージ数による評価

図 1 にピア数に対する総メッセージ数のグラフを示す。この結果から、設定した条件下においては、ピア数が約 700 を境としてそれぞれの手法のメッセージ総数が逆転することが分かった。これより、ピア数が少ない場合は P2P 手法によるインターネットノードの階層的クラスタリングを用いた場合がメッセージ数が少なく、ピア数がそれより多い場合は Vivaldi を用いた場合がメッセージ数が少なくなると考えられる。したがって、ピア数が少なく想定される場合は P2P 手法によるインターネットノードの階層的クラスタリングを用い、ピア数が増えることが想定される場合は Vivaldi を用いるのがよいと考えられる。

次に、図 2 にピア数に対する 1 ピアあたりのメッセージ数の増加率のグラフを示す。これは、図 1 の結果について 1 ピアあたりのメッセージ数の増加率を算出したものである。この結果より、設定した条件下においては、基本的にピア数が増加するにつれて 1 ピアあたりのメッセージ数の増加率が低くなること分かった。これより、いずれの手法においてもピア数が少ない場合を除きピア毎のメッセージ数の増加率の大幅な上昇はないものと考えられる。

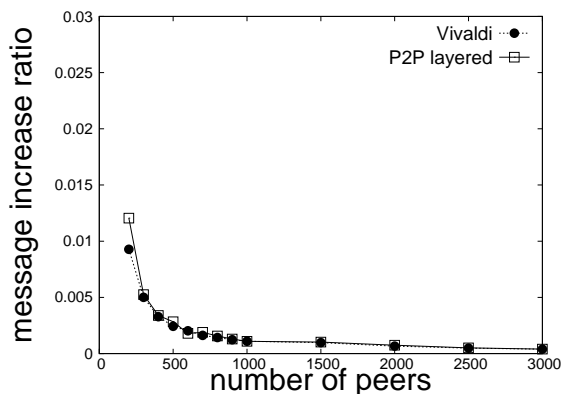


図2. ピア数と1ピアあたりのメッセージ数の増加率との対応

### 3.4 考察および今後の課題

ここまで示した結果は、純粋なメッセージ数にのみ着目したものであった。ピアの参加および離脱に対するメッセージ数を抑えることを重視するのであれば、Vivaldi を用いるほうがよいと考えられるが、実際にアプリケーションを用いる際にはピアの検索やコンテンツの転送などでもメッセージやデータのやり取りが多く必要となる。P2P手法によるインターネットノードの階層的クラスタリングではピアを階層的にクラスタリングするため、クラスタを単位とする処理を行うことが可能であり、クラスタの利用が検索において有利に働くことが考えられる。

そこで今後の課題として以下のようなものが挙げられる。まず、今回の評価はネットワークへの参加およびそこから離脱時のメッセージ交換についてのみであったため、検索リクエストメッセージについての評価を行うことが考えられる。さらに、実際にピアが検索された際に、ファイル転送時の通信のパス長とそれがネットワークに与える影響についても評価することも考えられる。

さらに、今回比較した手法以外のものについても加え評価することが挙げられる。他のアルゴリズムなどによりネットワーク座標系を形成するための手法やピアの検索や選定においてネットワーク距離を考慮する手法についても検討することが考えられる。

## 4. まとめ

P2Pネットワークモデルを採用するアプリケーションによるコンテンツやピアの検索において、ネットワーク距離が考慮されないことによって、ピア間の通信経路が長くなる可能性がある。この問題を解決するために、ピアをユークリッド空間に

対応付ける手法やネットワーク距離に基づいたクラスタリング手法などを採用することが考えられる。そこで、ピアをユークリッド空間に対応付ける方法である Vivaldi とネットワーク距離に基づいたクラスタリング手法である P2P手法によるインターネットノードの階層的クラスタリングとを用いてピア数とメッセージ数との関係について評価した。

シミュレーション結果より、いずれの手法においてもピア数の増加による1ピアあたりのメッセージ数の大幅な増加はないと結論付けた。また、純粋なメッセージ数にのみ着目するのであれば Vivaldi を用いるのがよいと考えられるが、実際には検索効率などを考える必要があり、実際には他の指標による評価も求められる。

## 文献

- 1) 江崎浩 (監修), “P2P 教科書.” インプレス R&D, 2005.
- 2) 金子勇, “Winny の技術.” アスキー, 2005.
- 3) H. Xie, Y. R. Yang, A. Krishnamurthy, Y. Liu and A. Silberschatz, “P4P: Provider portal for applications.” ACM SIGCOMM Computer Communication Review, Vol. 38, pp. 351–362, 2008.
- 4) J. Seedorf and E. Burger, “Application-Layer Traffic Optimization (ALTO) Problem Statement.” IETF RFC 5693, 2009.
- 5) S. Kiesel, Ed., S. Previdi, M. Stiernerling, R. Woundy and Y. Yang, “Application-Layer Traffic Optimization (ALTO) Requirements.” IETF RFC 6708, 2012.
- 6) R. Alimi, R. Penno and Y. Yang, “ALTO Protocol.” IETF Internet-draft draft-ietf-alto-protocol-16.txt, 2013.
- 7) F. Dabek, R. Cox, F. Kaashoek and R. Morris, “Vivaldi: a decentralized network coordinate system.” ACM SIGCOMM Computer Communication Review, Vol. 34, pp. 15–26, 2004.
- 8) M. Costa, M. Castro, R. Rowstron and P. Key, “PIC: practical internet coordinates for distance estimation.” Proceedings of 24th International Conference on Distributed Computing Systems, pp. 178–187, 2004.
- 9) 上田達也, 安部広多, 石橋勇人, 松浦敏雄, “P2P手法によるインターネットノードの階層的クラスタリング.” 情報処理学会論文誌, Vol. 47, No. 4, pp. 1063–1076, 2006.

# Comparison of Peer Clustering Methods and Network Coordination Algorithm According to Network Distance

Kazunori Ueda<sup>1\*</sup> Naoya Onishi<sup>2</sup>

(Received: May 7th, 2014)

<sup>1</sup> School of Information, Kochi University of Technology  
185 Tosayamadacho-Miyanokuchi, Kami, Kochi, 782–8502, JAPAN

<sup>2</sup> Graduate school of Electronic and Photonic Systems Engineering Course,  
Kochi University of Technology  
185 Tosayamadacho-Miyanokuchi, Kami, Kochi, 782–8502, JAPAN

\* E-mail: ueda.kazunori@kochi-tech.ac.jp

**Abstract:** In pure peer-to-peer networks, each peer has to search peers that provide services because no central server manages the network. To search server peers flooding, which is a set of recursive message transfer, is performed in many cases. However, flooding causes an explosion of message amount if the number of peers is large. Furthermore, if peers located in far networks are selected, path length will be longer. A long connecting path consumes network resource excessively. Considering the network distance is needed in order to achieve selecting peers in closer networks. Construction of network coordination and clustering algorithms based on network distance are candidates of the methods of considering the network distance. In this paper, we compared these methods in terms of the number of transferred messages. We adopted the Vivaldi as the method of constructing network coordination algorithm and peer-to-peer layered clustering algorithm as the method of clustering algorithm considering network distance. From the simulation results, we concluded that the number of messages per peer by using both algorithms did not increase basically.