

# ハイブリッド型 P2P ファイル共有ネットワークにおける ネットワーク協調機構の検討と評価

付 宏野<sup>†</sup> 若宮 直紀<sup>†</sup> 村田 正幸<sup>†</sup>

<sup>†</sup> 大阪大学 大学院情報科学研究科 〒 565-0871 大阪府吹田市山田丘 1-5

E-mail: †{fuhongye,wakamiya,murata}@ist.osaka-u.ac.jp

あらまし 物理網上には P2P, Grid, CDN などのオーバーレイネットワークが数多く存在している。複数のオーバーレイネットワークはリンク, ルータといった物理網資源を共有, 競合しているため, あるオーバーレイネットワークの制御は物理ネットワークを介して間接的に他のオーバーレイネットワークに影響を与える。そこで, 我々は, オーバーレイネットワークが互いに協調制御することにより, 物理網や他のオーバーレイネットワークに与える負荷を低減するとともに, それぞれのアプリケーションレベルの QoS を向上させる仕組みについて検討している。本稿では, ハイブリッド型 P2P ファイル共有ネットワークを対象に, 複数のオーバーレイネットワークが効果的に協調し, より多くのファイルを発見できるようになる機構を提案している。提案機構では, 複数の P2P ネットワークに参加するピアによってメタサーバ間のメッセージ交換を中継することにより, ネットワークの協調を達成する。シミュレーション評価により, 協調によってファイルの検索効率が向上することを示すとともに, 様々なネットワーク間での協調の有効性について検討している。

キーワード オーバーレイネットワーク, ネットワーク協調, ハイブリッド型 P2P, ファイル共有

## Proposal and Evaluation of a Cooperative Mechanism for Hybrid P2P File Sharing Networks

Hongye FU<sup>†</sup>, Naoki WAKAMIYA<sup>†</sup>, and Masayuki MURATA<sup>†</sup>

<sup>†</sup> Graduate School of Information Science and Technology, Osaka University

Yamadaoka 1-5, Suita-shi, Osaka, 565-0871 Japan

E-mail: †{fuhongye,wakamiya,murata}@ist.osaka-u.ac.jp

**Abstract** Overlay networks, such as P2P, Grid, and CDN, have been widely deployed over physical IP networks. Since simultaneous overlay networks compete for network resources and disrupt each other, we consider cooperative mechanisms for overlay networks to enhance the collective performance and improve the QoS at the application level. In this paper, we proposed a cooperative mechanism for hybrid P2P file sharing networks by which peers can find more files without introducing much load on systems. Through simulation experiments, we verified the effectiveness of cooperation. On the other hand, however, our results indicated that the system load would be increased by cooperation of networks. We discussed systematic setup for effective cooperation.

**Key words** overlay network, cooperative networks, hybrid P2P, file-sharing

### 1. はじめに

物理網上には P2P, Grid, CDN などの多数のオーバーレイネットワークが存在する。それぞれのオーバーレイネットワークは, 帯域や遅延などのネットワーク特性の測定, 通信状態のモニタリング, エンドシステムからのフィードバックなどの情報に基づいて, アプリケーションの求める QoS を満足できるよ

う, 個別にトラフィック制御, 経路制御, トポロジ形成を行う。複数のオーバーレイネットワークはリンク, ルータといった物理網資源を共有, 競合しているため, あるオーバーレイネットワークの制御は物理網を介して間接的に他のオーバーレイネットワークに影響を与える。そこで近年, オーバーレイネットワーク間の干渉, 競合を防ぎ, 網資源の利用効率やアプリケーションレベルの性能を向上させるための研究が行われている [1] [2] [3] [4]。

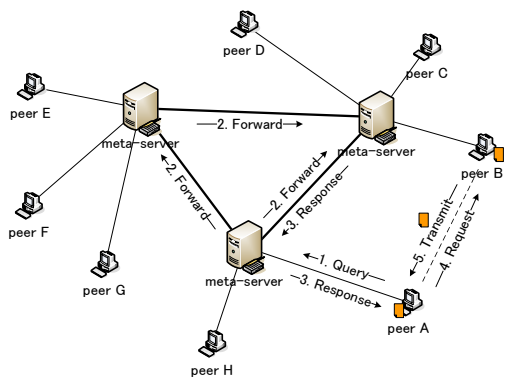


図1 ハイブリッド型 P2P ファイル共有ネットワーク

しかしながら、協調には様々なモデル、段階、仕組みが考えられ、それらを体系的に取り扱ったものはまだない。そこで、我々は、オーバーレイネットワークが互いに協調制御することにより、物理網や他のオーバーレイネットワークに与える負荷を低減するとともに、アプリケーションレベルの QoS を向上させることのできるオーバーレイネットワーク共生環境について検討している [5]。

Napster や Gnutella に代表される P2P ファイル共有アプリケーションは今なお多くの利用者を獲得し続けており、ピア数や利用帯域において主要なオーバーレイネットワークの一つである。P2P ファイル共有には、ファイルの所在やピアに関する情報を管理するサーバ（以降、メタサーバと呼ぶ）の有無により、大別してハイブリッド型とピア型の二つの異なるアーキテクチャが存在する。図1に示すとおり、ハイブリッド型 P2P ファイル共有ネットワークはメタサーバからなるネットワークと、それぞれのメタサーバを中心としたスター型のメタサーバ-ピア間ネットワークとの階層構造となっている。ハイブリッド型 P2P ファイル共有アプリケーションでは、ピアは、メタサーバに接続することにより P2P ネットワークへ参加し、続いて共有するファイルに関する情報をメタサーバに登録する。ファイル検索は、メタサーバへユニキャスト通信によって検索メッセージを送信することによって行われる。メタサーバは、要求されたファイルに関するメタ情報を持っていればピアに回答し、そうでない場合にはメタサーバ間で検索メッセージをフラッディングすることによりファイルに関するメタ情報を検索する。検索対象のファイルに関するメタ情報を持つメタサーバは応答メッセージを送出する。応答メッセージはメタサーバ間で中継され、送信元のピアに到達し、送信元のピアは所有者とのユニキャスト通信によりファイルを取得する。

P2P ファイル共有アプリケーションにおいては、ピアは一回の検索で所望のファイルを発見できなかった場合、検索のキーワードを変更して、何度も検索を繰り返す。このような冗長な検索はオーバーレイネットワークの負荷を高めるとともに物理網の輻輳の原因となる。複数の P2P ファイル共有ネットワーク同士が協調し、双方で所有するファイルを共有しあえば、ファイルの発見率が向上し、冗長な検索が抑えられる。また、ピアはより多くの所有者を発見できるようになるため、よりよいピ

アからより早くファイルが取得できるようになり、また、ピアの負荷を分散させることもできる。さらに、接近した P2P ファイル共有ネットワークが協調すれば、ピアは所望のファイルを他の P2P ネットワークに所属するより近いピアから取得することも可能となり、遅延、トラフィックを抑えることもできる。

本稿では、ハイブリッド型 P2P ファイル共有ネットワークを対象に、複数のオーバーレイネットワークが効果的に協調し、アプリケーションレベルの QoS を向上するための協調の仕組みについて検討している。協調機構として、複数のオーバーレイネットワークに参加するピアを介した協調と、メタサーバ間の直接の連携による協調について提案し、ピアを介した協調機構についてシミュレーション評価を行い、協調の効果を検証している。

以下、2章ではハイブリッド型 P2P ファイル共有ネットワークにおけるネットワークの協調機構について述べる。3章では協調ピアを介した P2P ファイル共有ネットワーク協調機構の詳細について述べる。4章でシミュレーションにより協調ピアを介した P2P ファイル共有ネットワーク協調機構を評価し、最後に、5章で本稿のまとめと今後の課題について述べる。

## 2. ハイブリッド型 P2P ファイル共有ネットワークにおけるオーバーレイネットワークの協調

本稿では、P2P ファイル共有ネットワークの協調のため、ピアまたはメタサーバに協調用のプログラム（以降、協調プログラムと呼ぶ）を導入するものとする。協調プログラムにより、P2P ネットワークは、協調対象となる P2P ネットワークを発見し、協調の是非を判断した後、協調を行う。本章では、複数の P2P ネットワークに属するピアに協調プログラムを導入する場合と、メタサーバに協調プログラムを導入する場合のそれぞれについて、協調機構の概要を述べる。

### 2.1 協調ピアを介した協調

複数の P2P ネットワークに所属するピアを共有ピアと呼び、協調プログラムを導入した共有ピア（協調ピアと呼ぶ）により、P2P ネットワーク間で検索メッセージや応答メッセージの転送、ファイル取得、プロトコル変換を行う（図2）。

共有ピアに協調プログラムが導入されると、協調ピアはまず、それぞれで共有されているファイルの種類やプロトコルなどの情報にもとづき、接続している複数の P2P ネットワーク間で協調を行うかどうかを判断する。同じ、または類似する種類のファイルが共有されている場合には、協調によりピアはより多くのファイルを発見、取得できるようになる。また、それぞれの P2P ネットワークで使用されているプロトコルが異なる場合には、P2P ネットワーク間でのメッセージ転送やファイル取得に際して協調ピアにおいてプロトコルやフォーマットの変換を行わなければならないため、互換性のあるプロトコルを用いている P2P ネットワークの協調が望ましい。

協調ピアを介した協調においては、協調ピアは接続しているメタサーバに対してピアであると同時にメタサーバとしても振る舞う。メタサーバは、ピアや他のメタサーバから受け取った検索メッセージに対応するメタ情報を持たない場合には、協調ピアを含む隣接メタサーバに検索メッセージをフラッディング

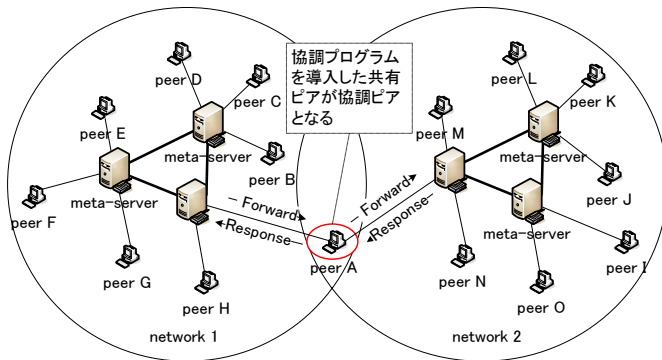


図 2 協調ピアを介した協調

する．協調ピアは、検索メッセージを受信すると、必要に応じてプロトコル変換を行った後、協調している P2P ネットワークのメタサーバに転送する．検索メッセージは他方の P2P ネットワークのメタサーバ間で転送され、ファイルが検索される．なお、それぞれの検索メッセージには固有の識別子が与えられ、重複した検索メッセージはメタサーバで棄却される．他方の P2P ネットワークにおいて所望のファイルが発見された場合には、応答メッセージは協調ピアを通してもとの P2P ネットワークに転送される．協調ピアは応答メッセージに含まれるメタ情報をキャッシュし、以降の検索に応答することにより、P2P ネットワーク間のトラフィックを抑えることができる．応答メッセージを受信したピアはファイルを取得するが、P2P ネットワーク間でプロトコルが異なる際には、ファイル取得もまた協調ピアを介して行われることとなる．

以上のように、協調ピアを介した協調においては、メタサーバや他のピアは協調ピアの存在や協調について知ることなく、協調が達成される．協調ピアを介した P2P ファイル共有ネットワーク協調機構の詳細は 3 章で述べる．

## 2.2 メタサーバ間接続による協調

メタサーバ間接続による協調では、それぞれ異なる P2P ネットワークに所属するメタサーバが互いに直接接続することによって協調を実現する (図 3) ．

メタサーバ間の協調では、協調プログラムを導入したメタサーバ (候補メタサーバと呼ぶ) から、接続ピア数や所有するメタ情報の量、メタサーバ間の距離などに基づいて他の P2P ネットワークとの中継を行う協調メタサーバを選出する．協調メタサーバは i3 (Internet Indirection Infrastructure) [3] などを利用して、他の P2P ネットワークの協調メタサーバを発見し、論理リンクにより接続する．協調メタサーバはこの論理リンクを介して他の P2P ネットワークとの間で検索メッセージや応答メッセージの転送、ファイル取得を行う．

協調プログラムを導入した候補メタサーバは、まず、特殊なキーを含む検索メッセージを送信することにより P2P ネットワーク内の他の候補メタサーバや協調メタサーバを発見する．この特殊なキーは十分な長さを持ち、協調プログラムを導入しているメタサーバでのみヒットするよう設定される．協調メタサーバや候補メタサーバから返信された応答メッセージには候補メタサーバのアドレス、接続ピア数、所有するメタ情報数、

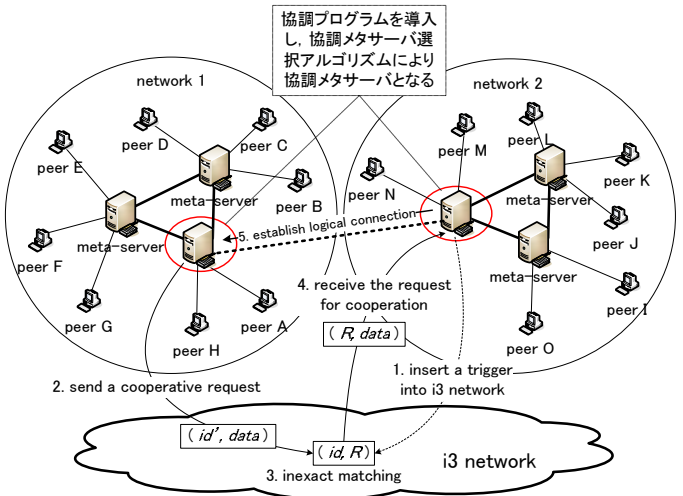


図 3 メタサーバ間接続による協調

他のメタサーバまでの最大遅延、および、協調メタサーバのアドレスが含まれる．協調メタサーバが選出されていない場合には、全ての候補メタサーバは他の候補メタサーバに関する情報に基づき、適切な協調メタサーバを選出する．なお、負荷分散のため、協調メタサーバは一定時間ごと、また、協調メタサーバが故障、停止、離脱した場合に、再選出される．

協調メタサーバは i3 などを利用して他の P2P ネットワークの協調メタサーバを発見し、協調要求メッセージを送信する．協調要求を受信した協調メタサーバは、それぞれで共有しているファイルの種類やプロトコルなどの情報に基づき、協調の是非を判断する．協調する場合には、協調メタサーバ間に論理リンクを設定し、そうでない場合には、他方の協調メタサーバに拒否のメッセージを送信する．

メタサーバ間接続による協調においては、協調メタサーバは所属する P2P ネットワークに対してメタサーバであると同時に協調相手の P2P ネットワークに対してはピアとして振る舞う．協調メタサーバは他のメタサーバやピアから受け取った検索メッセージに対応するメタ情報を持たない場合には、隣接メタサーバに検索メッセージをフラッディングすると同時に、必要に応じてプロトコル変換を行った後、協調相手の協調メタサーバにピアとして検索メッセージを送出する．検索メッセージは他方の P2P ネットワーク上で転送され、ファイルが検索される．他方の P2P ネットワークにおいて所望のファイルが発見された場合には、応答メッセージはもとの協調メタサーバに転送される．協調メタサーバは応答メッセージに含まれるメタ情報をキャッシュし、以降の検索に応答することにより、P2P ネットワーク間のトラフィックを抑えることができる．協調メタサーバから直接または他のメタサーバを介してピアに応答メッセージが転送される．応答メッセージを受信したピアはファイルを取得するが、P2P ネットワーク間でプロトコルが異なる際には、ファイル取得も協調メタサーバを介して行われる．以上のように、メタサーバ間接続による協調においても、他のメタサーバやピアは協調について知ることなく、協調が達成される．

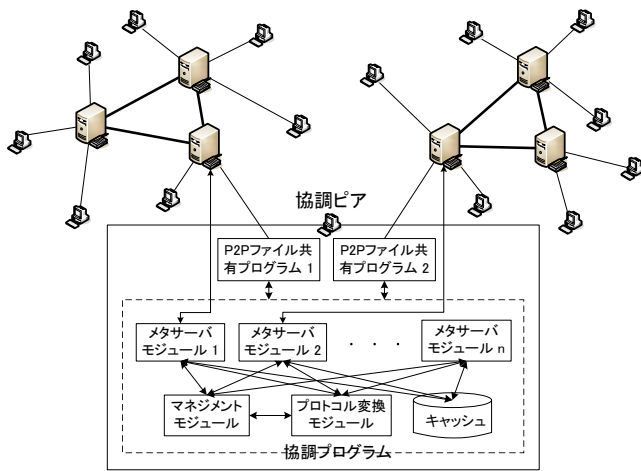


図 4 共有ピアを介した P2P ファイル共有ネットワーク協調機構

### 3. 協調ピアを介した P2P ファイル共有ネットワーク協調機構

本章では、協調ピアを介した P2P ファイル共有ネットワークの協調機構の詳細について述べる。

協調ピアに導入される協調プログラムは、管理モジュール、プロトコル変換モジュール、およびそれぞれの P2P ネットワークに対応したメタサーバモジュールからなる (図 4)。

管理モジュールは、P2P ファイル共有プログラムと協調プログラムとのメッセージのやり取り、他のモジュールの制御、および協調の是非判断を行う。協調プログラムが導入されると、管理モジュールはピア内で動作している P2P ファイル共有プログラムを検出し、それらの属する P2P ネットワークについて、協調の是非を判断する。P2P ファイル共有ネットワークの協調を行う場合には、それぞれに対応したメタサーバモジュールを起動する。

メタサーバモジュールは検索、応答メッセージの中継やメタ情報のキャッシュ、および応答メッセージの生成といった最小限のメタサーバの機能を有する。メタサーバモジュールはそれぞれ対応する P2P ネットワークのメタサーバにメタサーバとして接続する。メタサーバモジュールは、接続したメタサーバから検索メッセージを受信すると、プロトコル変換モジュールに転送する。プロトコル変換モジュールは、協調対象の P2P ネットワークのプロトコルにしたがって検索メッセージのフォーマットを変換し、対応したメタサーバモジュールに転送する。メタサーバモジュールは、プロトコル変換モジュールから受け取った検索メッセージを接続しているメタサーバに転送する。

所望のファイルが発見された場合は、応答メッセージは検索メッセージと逆の経路をたどって、メタサーバモジュールに到達する。メタサーバモジュールは応答メッセージに含まれるメタ情報をキャッシュし、以降の検索メッセージに備える。応答メッセージはプロトコル変換モジュールに転送される。プロトコル変換モジュールは必要に応じて応答メッセージのフォーマットを変換し、ファイルの所有者を協調ピアに設定した後、検索メッセージを受信したメタサーバモジュールに転送する。

応答メッセージはメタサーバを介して送信元のピアに転送される。応答メッセージを受信したピアはファイルを取得するが、P2P ネットワーク間でプロトコルが異なる際には、応答メッセージにはファイルの所有者として協調ピアのアドレスが書かれており、ピアは協調ピアにファイルを要求することとなる。協調ピアは、キャッシュしたメタ情報にしたがって、本来のファイル所有者を知り、対応する P2P ファイル共有プログラムによりファイルを取得し、要求元のピアに提供する。

### 4. シミュレーション評価

本章では、協調ピアを介した P2P ファイル共有ネットワークの協調の効果をアプリケーションレベル、およびシステムレベルの評価指標に基づいて評価する。

#### 4.1 シミュレーション環境

ハイブリッド型 P2P ファイル共有ネットワークを生成するため、まず、2 次元領域に  $m$  台のメタサーバと  $n$  台のピアをランダムに配置した。次に、任意のメタサーバを最も近い一つのメタサーバと接続し、以降のメタサーバは既にメタサーバ間ネットワークに属するメタサーバのうち最も近いメタサーバに順次接続した。最後に、すべてのピアをそれぞれ最も近いメタサーバと接続した。本シミュレーションではこのようにして生成された 2 つの P2P ネットワークの協調について評価している。なお、ピア数によらず、それぞれの P2P ネットワークにおけるメタサーバ数は等しいものとした。

P2P ネットワークの協調に際しては、2 次元領域上に  $c$  個の協調ピアをランダムに配置し、それぞれの協調ピアをそれぞれの P2P ネットワークごとに最も近いメタサーバと接続した。また、P2P ネットワークのピア数を保つため、それぞれの P2P ネットワークからランダムに  $c$  個のピアを選択、削除した。

2 つの P2P ネットワークにおいて総数  $F$  種類のファイルが利用可能であり、それぞれのファイルの人気度は  $\alpha = 1.0$  の Zipf 分布に従うものとした。一番人気の低いファイルの存在数を 1 とし、したがって、一番人気の高いファイルの存在数は  $F$  になる。それぞれのファイルを 2 つの P2P ネットワークのランダムなピアに配置し、それぞれのピアは接続しているメタサーバにファイルのメタ情報を登録するものとした。なお、 $F$  はピアあたり平均 0.25 種類のファイルを所有するものとして決定した。

query-cycle model [6] に基づき、ピアは平均  $\lambda = \{0, 0.5\}$  のポアソン分布に従うレートで検索メッセージを生成するものとした。したがって、query-cycle ごとにピアが  $x$  個の検索メッセージを生成する確率は  $p(x) = \frac{e^{-\lambda} \lambda^x}{x!}$  となる。検索対象のファイルは  $\alpha = 1.0$  の Zipf 分布に従う人気度によって決定した。なお、ピアは自身の所有するファイルを要求しない。本評価では、2 つの P2P ネットワークは同じプロトコルを用いているものとし、協調ピアは応答メッセージのメタ情報をキャッシュしないものとした。以降の評価では、それぞれ 10 query cycles のシミュレーションを 100 回繰り返した平均値を用いている。

#### 4.2 アプリケーションレベルの評価

本節では、評価指標としてファイル利用率と検索ヒット率を用い、アプリケーションレベルでの協調の効果を評価する。2

表 1 ファイル可用率と検索ヒット率

		ファイル可用率	検索ヒット率
100:100	network1	0.69	0.90
	network2	0.69	0.89
1000:1000	network1	0.69	0.93
	network2	0.69	0.93
10000:10000	network1	0.69	0.95
	network2	0.70	0.95

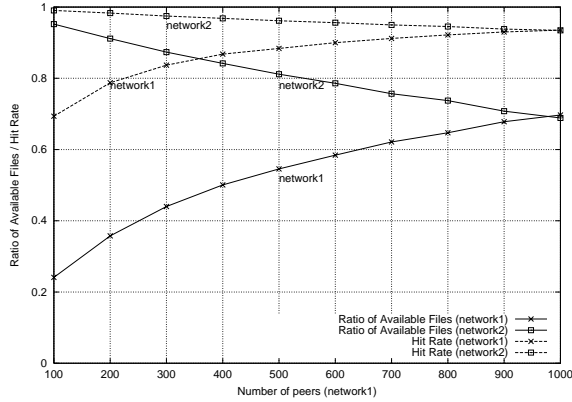


図 5 ファイル可用率と検索ヒット率 (100 ~ 1000:1000)

つの P2P ネットワークが協調することにより、ピアはそれら P2P ネットワークに存在する全てのファイルを利用可能となる。そこで、1 つの P2P ネットワークで共有されているファイルの種類  $n_1$  の P2P ネットワークに存在するファイルの種類  $F$  に対する比をファイル可用率と定義し、協調によって利用可能となるファイルの増加度合いを評価する。また、生成された検索メッセージの総数に対する検索対象のファイルを発見した検索メッセージ数の比を検索ヒット率と定義する。本稿のシミュレーション環境においては、協調することによって全てのファイルが発見可能となるため、協調後のヒット率は 100% となる。

表 1 に、サイズ (ピア数) の同じ 2 つの P2P ネットワーク network1, network2 について、ファイル可用率と検索ヒット率を評価した結果を示す。なお、表中、 $n_1 : n_2$  は network1, network2 のピア数  $n_1, n_2$  をそれぞれ表す。表 1 より、協調しない場合には、それぞれの P2P ネットワークでは、存在する全てのファイルのうち約 69 ~ 70% しか利用できず、協調することによって利用可能なファイルの種類が約 30% 増加することが分かる。また、協調によって検索ヒット率が向上し、特にサイズの小さい P2P ネットワーク同士が協調する方が効果が高いことが分かる。

サイズの異なる 2 つの P2P ネットワークの協調における効果を評価するため、図 5 に、network2 のピア数 1000 に対し、network1 のピア数を 100 ~ 1000 と変化させた場合のシミュレーション結果を示す。図 5 より、サイズの差が大きいほど協調の効果が高いことがわかる。また、サイズの小さい P2P ネットワークの方が協調の効果が高く、特に 100 : 1000 の場合には、利用可能なファイルの種類が約 77% 向上している。しかしながら一方で、協調によりそれぞれの P2P ネットワークには他方の P2P ネットワークから検索・応答メッセージが流入する

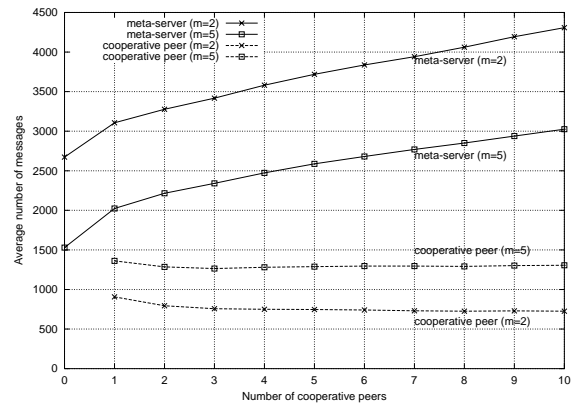


図 6 協調ピア数に対する負荷の変化 (1000:1000)

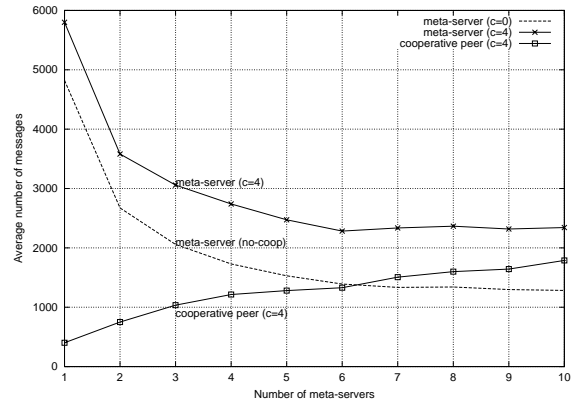


図 7 メタサーバ数に対する負荷の変化 (1000:1000)

ため、ネットワークやピア、メタサーバの負荷が高くなる。次節では、協調による負荷向上について評価する。

#### 4.3 システムレベルの評価

本節では、システムレベルの評価尺度として、メタサーバの負荷と協調ピアの負荷を用い、協調による負荷向上の度合いを評価する。メタサーバが受信、転送した検索メッセージと、生成、転送した応答メッセージの総数のメタサーバごとの平均値をメタサーバの負荷、協調ピアが受信、中継した検索メッセージと応答メッセージの総数の協調ピアごとの平均値を協調ピアの負荷と定義する。

図 6 に、それぞれピア数が 1000 の 2 つの P2P ネットワークが協調した場合の、協調ピア数に対するメタサーバと協調ピアの負荷の関係を示す。ただし、図は network1 における結果である。なお、協調ピア数 0 は協調しない場合を表し、図中の  $m$  はそれぞれの P2P ネットワークにおけるメタサーバ数を表す。図 6 より、メタサーバ数によらず、協調ピアが増えるにしたがってメタサーバの負荷がほぼ線形に増加している一方で、協調ピアの負荷はほとんど低下しないことが分かる。これは、協調ピアがそれぞれ独立して検索メッセージの転送処理を行うため、同じ検索メッセージが複数の協調ピアから他方の P2P ネットワークに転送されることによる。また、協調することによるメタサーバの負荷の増分はメタサーバ数によらずほぼ等しい。

図 7 に、それぞれの P2P ネットワークにおけるメタサーバ数を 1 ~ 10 と変化させた場合の結果を示す。なお、図中、 $c$  は

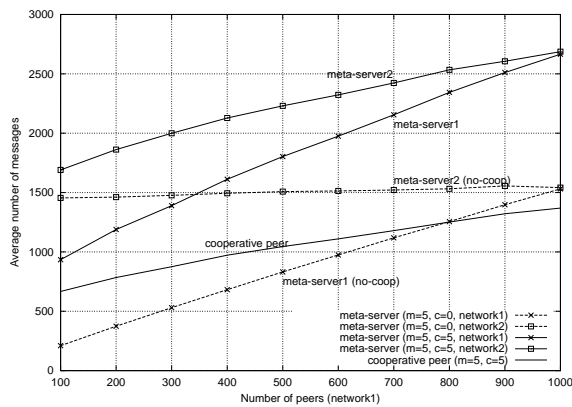


図 8 P2P ネットワークサイズに対する負荷の変化 (100 ~ 1000:1000)

協調ピア数を表す．図 7 より，協調するかどうかによらず，メタサーバ数が増えるにつれてメタサーバあたりの負荷が低下していることが分かる．一方，協調ピアの負荷はメタサーバ数の増加にともなって高くなっている．これはメタサーバの増加につれて，メタサーバあたりのメタ情報の量が少なくなることから，ピアの生成した検索メッセージが接続しているメタサーバでヒットしなくなる確率が高くなり，その結果，より多くの検索メッセージがメタサーバ間のフラッディングにより協調ピアに到達するためである．図 7 より，単一の P2P ネットワークではメタサーバ数が多いほどメタサーバの負荷分散が可能であるが，協調によるメタサーバの負荷の増加量はメタサーバ数によらないこと，また，メタサーバ数の増加にともなって協調ピアの負荷が高くなることから，協調ピアの負荷の観点からはなるべく少数のメタサーバを有する P2P ネットワークの協調が望ましいと考えられる．

network2 のピア数を 1000 と固定し，network1 のピア数を 100 ~ 1000 と変化させた場合の，それぞれのネットワークにおけるメタサーバの負荷と協調ピアの負荷を図 8 に示す．なお，それぞれの P2P ネットワークにおけるメタサーバ数は 5，また，協調ピア数は 5 とした．図 8 より，network1 のピア数の増加につれて，メタサーバと協調ピアのいずれの負荷も大きくなるのがわかる．これは，ピアが多くなると，より多くの検索メッセージが生成されるためである．また，P2P ネットワークの大きさの違いが小さくなるにつれて，メタサーバ負荷の差も小さくなるが，ピア数の多い network2 のメタサーバの負荷が常に高いことがわかる．大きさの違う 2 つの P2P ネットワークの協調ピアによるメタサーバの負荷の増加量の変化を比較するために，協調しない場合の負荷で協調した場合の負荷を正規化したグラフを図 9 に示す．図 9 より，サイズの小さな network1 にサイズの大きな network2 からの検索メッセージが流入することにより，メタサーバの負荷が大きく増加していることがわかる．一方，図 5 より，network2 のアプリケーションレベルの協調の効果は低く，network1 へ流入する検索メッセージの検索効率はあまり高くないことがわかる．したがって，協調ピアでのメタ情報キャッシングなどにより，メタサーバへ転送されるトラフィックを抑制することが効果的であると考えられる．

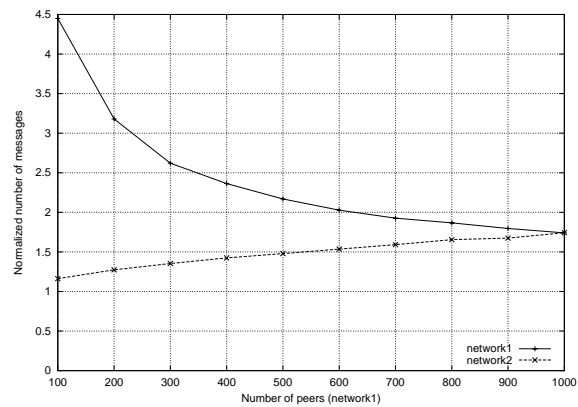


図 9 P2P ネットワークサイズに対するメタサーバ負荷の増加量の変化 (100 ~ 1000:1000)

## 5. おわりに

本稿では，ハイブリッド型 P2P ファイル共有ネットワークを対象に，複数のオーバーレイネットワークが効果的に協調し，アプリケーションレベルの QoS を向上するための仕組みを提案した．シミュレーションを通して，協調によってファイルの検索効率が向上することを示した．また，ピア数，メタサーバ数や協調ピア数の様々に異なる P2P ネットワークについて，協調による効果と負荷の増加を明らかにした．

今後は，協調の是非判断基準の詳細な検討，および物理網に与える影響の評価や，物理網特性を考慮した協調の仕組み，また，協調ピアでのメタ情報のキャッシュや検索メッセージのフラッディングされる範囲を制限することによる負荷の軽減手法，さらには負荷分散のための協調ピア配置などについて検討する．

## 謝 辞

本研究の一部は，文部科学省 21 世紀 COE プログラム (研究拠点形成費補助金) 「ネットワーク共生環境を築く情報技術の創出」の研究助成によるものである．ここに記して謝意を表す．

## 文 献

- [1] A. Nakao, L. Peterson, and A. Bavier, "A Routing Underlay for Overlay Networks," in Proceedings of ACM SIGCOMM, pp.11-18, August 2003.
- [2] M. Seshadri and R.H. Katz, "Dynamics of Simultaneous Overlay Network Routing," Tech. Rep. UCB//CSD-03-1291, EECS Department, University of California, Berkeley, November 2003.
- [3] I. Stoica, D. Adkins, S. Zhuang, S. Shenker, and S. Surana, "Internet Indirection Infrastructure," in Proceedings of ACM SIGCOMM, pp.78-88, August 2002.
- [4] M. Kwon and S. Fahmy, "Toward Cooperative Inter-overlay Networking," Poster in IEEE ICNP, November 2003.
- [5] N. Wakamiya and M. Murata, "Toward Overlay Network Symbiosis," to be presented at the Fifth International Peer-to-Peer conference (P2P2005), August-September 2005.
- [6] M.T. Schlosser and S.D. Kamvar, "Simulating a File Sharing P2P Network," Stanford University Technical Report, 2002.