

巨大ファイル転送に適したP2Pにおける 効率的なファイル検索方法

青木 勲 湯澤 孝有 横田 隆史 大津 金光 馬場 敬信 †
宇都宮大学工学部情報工学科 ‡

1 はじめに

近年、ブロードバンドの普及により、コンテンツ配信等の大量データ転送が行なわれるようになったが、従来の client-server 型のネットワークでは、サーバがボトルネックとなり拡張性に欠け、対処するためにサーバ増強等のコストが増加する問題がある。この問題の解決方法として P2P (Peer-to-Peer) 技術が注目されている。しかし現在、様々な P2P 技術があるが、拡張性、信頼性、転送効率の全てを満たしている技術は開発されていない。我々はこの問題の現実的な解決のために巨大ファイル配布用 PureP2P システム FONet (Fragment-pool Organizing Network) を提案している [1]。

FONet において、ファイルの検索効率を上げるには、要求メッセージをノード間で適切に転送する手法 (ルーティング) が重要となる。本稿では、FONet 特有の FP という概念の特性を利用し、過去の検索プロファイル情報からファイル発見率を計算し、最適なルーティングを選択する手法 ORC (Optimum Routing Choice) を提案することで、ファイル検索効率の向上を図った。

2 FONet

2.1 概要

FONet では、負荷分散に対応し単一故障点を無くすために、PureP2P を採用する。

各ノードは接続リストを作成し、これに他のノードへの接続情報を格納し、接続情報を元に通信を行う。

P2P では、目的ファイルを所持するノードに対する効率的な要求メッセージの伝達が、転送効率向上の鍵となる。要求メッセージの効率的な伝達技術として分散ハッシュ表 (DHT) を用いる方法 [2] がある。しかし、大規模 P2P ネットワークにおける家庭用計算機の脱退参加が頻繁な状況では、DHT の維持管理によるコストの増加により、ファイルの配布効率が低下しかねない。

そこで我々は、任意の指標に基づくファイルの分類としてカテゴリを設定し、カテゴリに属すファイル断片を多く所持するノードの集合を考えた。この集合を Fragment Pool (FP) と呼ぶ。システム中には、カテゴリ毎に複数の FP が論理的に形成される。各ノードは、当該カテゴリのファイル断片の所持状況により各 FP に所属する割合を決定する。ノードは、ファイル収集の際に、FP の所属ノードに対し要求メッセージを送ることで効率良く目的ファイルを収集できる。同時に、FP 内では積極的な断片の複製が期待でき、アクセスの分散が実現できる。

各ノードは、当該カテゴリのファイル断片の所持状況により各 FP に所属する割合を決定する。所持率の高いノードが凝集している部分を FP の中心部とし、所持率の低い

ノードが凝集している部分を FP の外辺部と呼ぶ。そして、所持率の割合を決める値を FP パラメータ (FPP) と言う。FPP が高ければ中心部に、低ければ外辺部に位置することになる。

2.2 ルーティング

各ノードは接続リストと FPP を利用し、FP 内部での要求メッセージの転送方法 (ルーティング) を工夫することで更に断片収集効率の向上が期待できると考えられる。FONet では、以下に示す 5 種類のルーティング方法を定義している。

ランダム転送では、メッセージ転送先のノードを接続リスト中の対象 FP に属するものからランダムに選択する。押し上げ転送では、要求メッセージを常に FP の中心部方向の最も近いノードに対し転送する。中央部に送信するため断片を発見しやすいが、アクセスの集中が予想される。押し下げ転送では、要求メッセージを常に FP の外辺部方向の最も近いノードに対し転送する。外辺部に送信するため断片を発見しにくいだが、アクセスの分散が期待できる。引き上げ転送では、最初要求メッセージを接続リスト中の最も FP 外辺部のノードに送信し、その後は押し上げ転送と同様に転送する。要求メッセージの転送回数は増えるが、押し上げ転送よりもアクセスの分散が期待できる。引き下げ転送では、最初要求メッセージを接続リスト中の最も FP 中心部のノードに送信し、その後は押し下げ転送と同様に転送する。要求メッセージの転送回数は増えるが、押し下げ転送よりも断片発見確率の増加を期待できる。

3 Optimum Routing Choice

本稿ではこれらのルーティングの中から最適なものを選択する新たな手法として、ORC (Optimum Routing choice) を提案する。

3.1 実行時情報の取得

ORC ではノードがファイル収集を開始すると、上記 5 種類のルーティングを用いてファイル断片検索を実行し、その際に得られた情報を実行時情報としてノードが所持するテーブルに記録する。このテーブルは実行時情報を保持し、後にルーティングの性能を比較し、最適なものを選択する際の指標として用いられる。実行時情報の取得例を図 1 に示す。

図 1 において、テーブルの行は使用したルーティング、列はルーティング使用時のノードの FPP 値を表す。例えば FPP = 0.18 のノードが押し上げ転送を用いてメッセージを発信したすると、所持テーブル内で該当するマスの発信回数を 1 加算させる。発信されたメッセージが 3 度のノード間転送でファイル断片を所持するノードを発見できたなら、断片所持ノードは発信元ノードにメッセージ転送回数を記録したメッセージを返信する。発信元ノードは該当マスのメッセージ発見回数を 1 加算、転送回数を 3 加算し、実行時情報を記録する。

An efficient retrieval method in peer to peer system designed for large-scale file transfer.

† Isao Aoki, Takatomo Yuzawa, Takashi Yokota, Kanemitsu Ootsu and Takanobu Baba

‡ Department of Information Science, Faculty of Engineering, Utsunomiya University

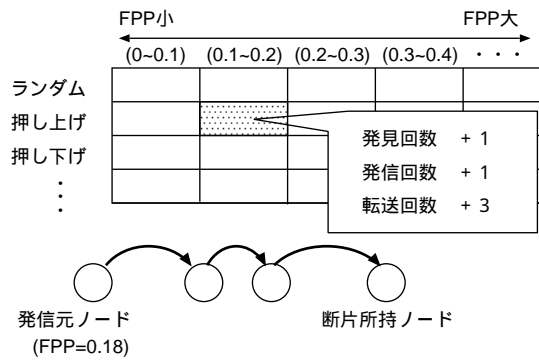


図 1: 実行時情報の取得とメッセージ転送の例

3.2 実行時情報の利用

実行時情報のある程度収集したら、その作業を継続しつつ、実行時情報を利用して、最適なルーティングの選択を試みる。まず評価に使用する値について説明する。

(1) … 対象となるルーティング方法が示す 1 行に注目する。その行内のマス全てに保持されている発見回数の和 A を求め、同様にして発信回数の和 B を求める。そして A を B で割ることで算出された値。(2) … 対象となるルーティング方法が示す 1 行に注目する。さらに対象となる FPP 値が示す 1 列に注目すると 1 つのマスのマスに特定される。そのマス内の発見回数を発信回数で割ることで算出された値。(3) … (2) と同様にし特定されたマスの発見回数を転送回数で割ることで算出された値。

次に実行時情報を利用する手法について説明する。各手法は以下の 3 つのように定義される。

発見率比較法は、上記 (1) を各ルーティングごとに比較して最も値の高かったものを使用する。

補正発見率比較法は、(1) と (2) の積を算出し、それを各ルーティングごとに比較して最も値の高かったものを使用する。この方法は FP の状況の評価に反映させることで、より正確なメッセージ転送を実現できると考えた。

転送回数反映比較法は、(1) と (2) の積を (3) で割ったものを各ルーティングごとに比較して最も値の高かったものを使用する。この方法は転送回数を評価に反映させることで、より少ないメッセージ転送回数でファイルを発見できると考えた。

4 評価

本節では提案した ORC の性能を検証するために、5 種類のルーティングと ORC の 3 手法での実験を行った。

4.1 評価方法

FONet シミュレータでは、実験開始時に、断片と数ノード分の接続情報を無作為に選んだノードに分配する。各ノードは接続情報を交換し、接続リストを更新する。更新後、0.5 秒待機した後に接続リストを再度更新する。各ノードは FP 内外に一定比率で要求メッセージを送信する。今回は 1000 ノードを対象に実験を行い、実験時に観測対象ノードとして 100 ノードを選び、ファイル収集時間とファイル発見率を観測する。実験では、ノードは 1ms 毎にノード参入脱退確率によりネットワーク上から脱退または復帰させ、一般のネットワーク状態を再現する。主なシミュレーションパラメータを表 1 に示す。

4.2 評価結果

評価結果を表 2 に示す。既存 5 種類のルーティング方法では押し下げ転送のファイル収集時間がわずかに良かった。次に 3 つの ORC 手法で測定したが、押し下げ転送よ

表 1: シミュレーションパラメータ

FP(カテゴリ)数	3
ファイル数	18 (各カテゴリ毎に 6)
最大メッセージ転送回数	7
1 発呼メッセージ数	1
バンド幅	2048 [Kbyte/s]
ファイルサイズ	512 [Mbyte]
断片サイズ	1024 [Kbyte]
断片数	512
ノード参入脱退確率	1ms 毎に 0.001

り収集時間が短くなったものは無かった。転送回数反映法に至っては最も収集時間が長くなった。ファイル発見率については、どの手法にも目立った差は無かった。

発見率・補正発見率比較法では、最適なルーティングを選択することはできなかったが、既存 5 種類のルーティング全てを選択したため、それらの平均値である 2372.8 に近い収集時間になったと考えられる。

転送回数反映比較法では、ファイル収集時間と転送回数は相関関係ではなかったために、収集時間が最も長くなったのではないかと考えられる。

表 2: 実験結果

ルーティング手法	平均ファイル収集時間 (s)	平均ファイル発見率
ランダム転送	2373.83	0.32
押し上げ転送	2413.60	0.32
押し下げ転送	2268.78	0.31
引き上げ転送	2380.69	0.33
引き下げ転送	2427.08	0.31
発見率比較法	2393.56	0.32
補正発見率比較法	2370.05	0.32
転送回数反映比較法	2437.20	0.33

5 おわりに

本稿では、巨大ファイル転送に適した P2P システム FOnet とそのルーティング手法について説明した、また、効率的なファイル収集を実現するための手法である ORC を提案、評価したが、ORC で考案した評価方法では発見率の向上を実現するには不十分であるということが分かった。

今後は、今回取得した実行時情報以外の要素とファイル収集時間の相関を調査し、最適な評価値を見いだすことで、より有効な手法を考案し、評価する。そしてその手法を導入した FOnet を構築する。

謝辞 本研究は、一部日本学術振興会科学研究費補助金(基盤研究(B)14380135, 同(C)16500023, 若手研究17700047)の援助による。

参考文献

- [1] 湯澤孝有, 横田隆史, 大津金光, 馬場敬信: "ファイル細分化とノード集合を用いた巨大ファイル配布用 P2P の提案" 分散システム/インターネット運用技術シンポジウム 2004 年度 平成 16 年 12 月
- [2] I. Stoica, et al: "Chord: A Scalable Peer-to-peer Lookup Service for Internet Applications," ACM SIGCOMM 2001, SanDeigo, CA, 2001, pp.149-160.