

M-047

ハイブリッド P2P ネットワークを用いた分散 Web キャッシュの開発

Distributed Web Cache System with Hybrid P2P System

堀内 克晃¹

Katsuaki Horiuchi

原 元司¹

Motoshi Hara

1. はじめに

近年 Web 上で、アメリカの YouTube に代表される、動画共有サービスが爆発的な普及を見せている。しかしながら、動画共有サービスの生み出す通信は、その普及とともにインターネット上のネットワークトラフィックの多くを占めるようになった [1]。とくに、学校や企業等で回線を多数のユーザで共有している環境では、ダウンロード帯域幅の圧迫を引き起こしている。このような環境で、物理的な通信回線の強化が困難な場合には、プロキシサーバなどによる Web キャッシングが有効となる。しかしながら、Web キャッシュシステムの導入の際には、専用のサーバが必要となるため、堅牢なシステムを構築するためにはある程度のコストがかかってしまうという欠点がある。

その一方で、P2P 技術を用いた Web キャッシュシステムについていくつかの研究が行われている [3], [4]。しかし、いずれもネットワーク負荷や P2P そのもののメリットを生かしきれていないといった問題点がある。そこで本研究では、低コストで高パフォーマンスなサービスを実現することができるハイブリッド P2P を Web キャッシングに応用し、Web ブラウジングの高速化と通信量の低減を図るシステムを提案する。

2. P2P Web キャッシュ

2.1 クライアント・サーバモデルと P2P モデル

インターネットでは、サービスを提供・利用するためのソフトウェアモデルとしてクライアント・サーバモデルが最も広く用いられている。クライアント・サーバモデルではサービスを提供するサーバと、サービスを利用するクライアントが完全に分離されている。サービスをサーバが集中して担当するため、一元的な管理が可能な反面、サーバが停止するとサービスが一切利用できなくなるという欠点がある。このためクライアント・サーバモデルでは耐故障性を高めるためにサーバの 2 重化などの対策を行うことが多い。しかしこの対策では故障時にシームレスにサービスが切り替わる訳ではなく、利便性に問題がある。

一方、P2P (Peer to Peer) は、ネットワーク上のコンピュータの全てをノードという単位で呼び、全てのノードがサーバとクライアントの機能を持ったネットワークモデルである。P2P はサーバ・クライアントモデルに比べて、サービスが特定のサーバに依存しないことから耐故障性が高い、専用のサーバを用意しないですむことから運用コストを低くできるというメリットがある。ただし、反面 P2P モデルではネットワークトラフィックやストレージなどの資源を多く消費するという欠点がある。

2.2 ハイブリッド型 P2P とピア型 P2P

P2P ネットワークの形式として、ハイブリッド型 P2P とピア型 P2P の 2 種類がある。ピア型 P2P は、Gnutella [2] に代表されるような特定のサーバを一切必要としない純粋な形の P2P ネットワークで、耐障害性が非常に高いという大きな利点があり、多くの P2P Web キャッシュシステムで採用されている [3], [5]。その一方で、ピア型 P2P はネットワーク上のコンテンツの探索に、クエリパケットを次々と近傍のノードに中継していくことでネットワークのノード全てを探索する Flooding という手法が多くの実装で用いられている。このため、ノード数が増えるほど加速度的にネットワークの負荷が増加し、クエリ時間も長くなってしまいうという弱点をもっている。そのため、ピア型でコンテンツ探索のパフォーマンスを改善する Chord, Pastry のような分散ハッシュテーブル技術を用いる例も多く見られる [5]。しかしこれらは実装が難しいことや、頻繁なノードの参加・離脱が繰り返される環境には不向きなことから、本研究ではシステムのネットワーク構成にハイブリッド型 P2P ネットワークを採用することにした。

ハイブリッド型 P2P ネットワークは、コンテンツデータ本体の転送など、ネットワークの機能の大部分をノード間の通信で行うが、コンテンツの検索やノードの発見などの一部の機能を専用のサーバに分離した形の P2P ネットワークである。代表的な実装例として Napster がある。このサーバを以降、インデックスサーバと呼ぶ。このシステムは P2P にもかかわらず、基本的にインデックスサーバが停止した場合にネットワーク全体が停止してしまうというクライアントサーバモデルと同じ弱点を持っている。しかし、コンテンツを検索する際に、インデックスサーバにのみパケットを送信すればいいことから、ネットワークにかかる負荷が最小限で済む。また、インデックスサーバがコンテンツの情報を集約して処理を行うため応答が高速にしやすい、といった利点を挙げることができる。しかも、Squid [6] のような Web キャッシュシステムサーバよりも要求されるハードウェア性能もずっと低くでき、導入保守も容易である。

3. 提案システム

3.1 提案システムの概要

本システムは、Web キャッシュシステムを実現するにあたって、専用の Web キャッシュサーバを用意した場合と同等の Web キャッシュ機能を P2P ネットワークで実現する。具体的には、個々のクライアント PC がすべて Web キャッシュシステムを備え、そのキャッシュデータを P2P ネットワークで共有する。また、レスポンスタイムや NAT 越えなどインターネット上での P2P Web キャッシュの実用には問題があるため、本システムは学校や企業等の LAN 上での運用を想定して構築した。

¹ 松江工業高等専門学校

3.2 提案システムの構成

3.2.1 ノード

本システムの大まかな構成図を図1に示す。本システムは図に示すように、HTTP キャッシュプロキシ部と、P2P ネットワーク部からなり、ローカルで動作している HTTP プロキシという形で本システムは Web ブラウザから利用される。Web ブラウザからリクエストが送られた場合、ローカルキャッシュ、P2P ネットワーク上の他のノードのキャッシュの順でキャッシュの探索が行われ、どちらにも該当キャッシュが存在しなかった場合のみ Web サーバからデータを取得する。この時取得されたデータは、ローカルキャッシュに溜め込まれ、自分や他のノードに利用される。

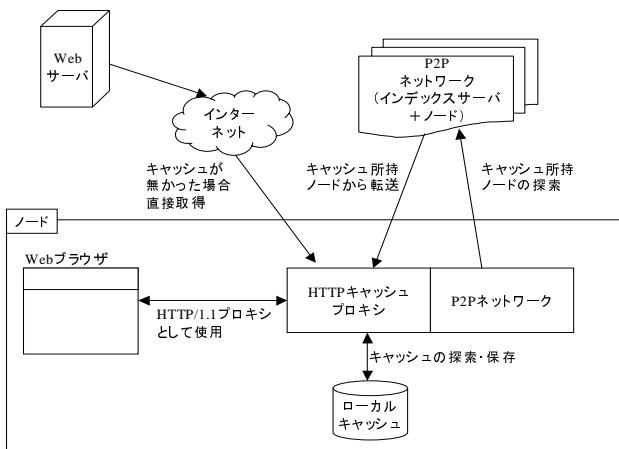


図1: システム構成図

3.2.2 P2P ネットワーク

前述した通り、本システムはハイブリッド型 P2P ネットワークを採用している。よって、P2P ネットワーク内のキャッシュの探索に関しては、専用のインデックスサーバ上で実現される。そのため、ネットワークに参加するノードは事前に保持しているキャッシュのインデックス情報をサーバに登録しておく必要がある。キャッシュを探索する際は、図に示したとおり、最初にインデックスサーバに検索リクエストを送信し、該当するキャッシュを保持しているノードのアドレスが返される。その情報を元に、キャッシュのデータ本体はノード間の直接通信で実現される。この時の通信は、オーバーヘッドの低減と、実装の容易さから他のノードの HTTP プロキシをそのままプロキシとして利用させることで実現した。よって、インデックスサーバはデータ本体に関して管理しないため、サーバに要求されるスペックは Squid のような Web キャッシュサーバよりもずっと低くすることができる。

3.2.3 比較検討

ピア型の P2P Web キャッシュシステムの研究として、[3]がある。このシステムは Gnutella を基盤として使用しているため、ノード数が増えた場合の Flooding によるオーバーヘッドの増大が避けられない。また、キャッシュのデータ転送も Gnutella を用いて実現しているため、本システムのように HTTP プロキシを直接利用する形に比べてオーバーヘッドが大きく、実装が複雑になると予想される。

一方、[4]は、本研究と同じくハイブリッド型 P2P ネットワークを用いた Web キャッシュシステムの研究である。このシステムは Squid にクライアントの保持しているキャッシュを取得する機能を付加したもので、キャッシュデータのやり取りは全てサーバ経由で行われ、ノード間の直接通信によるキャッシュデータのやり取りを行わない。そのため、P2P のアプローチから少し離れたシステムになっており、サーバへの負担が本システムのようなシンプルなインデックスサーバに比べて要求される性能が大きくなると考えられる。

4. まとめ

本研究では、Web ブラウジングの高速化とトラフィックの低減を実現する Web キャッシュシステムを、ハイブリッド型 P2P ネットワークをもとに提案した。本システムは P2P の良さとクライアントサーバモデルのよさを併せ持つものとする。今後は、実際のシステムの実装を行い、性能評価を行う予定である。

参考文献

- [1] @ IT “帯域食い”は P2P から動画サービスに? : <http://www.atmarkit.co.jp/news/200809/22/p2p.html>
- [2] ウィキペディア - Gnutella: <http://ja.wikipedia.org/wiki/Gnutella>
- [3] 松本義秀, 河合栄治, 奥田剛, 門林雄基, “Peer-to-Peer Network を用いた Web Cache の提案と実装”, 情報処理学会第 10 回マルチメディア通信と分散処理 (DPS) ワークショップ (2002) .
- [4] Xiao, L.; Zhang, X.; Andrzejak, A.; Chen, S. , “ Building a large and efficient hybrid peer-to-peer Internet caching system ”, Knowledge and Data Engineering, IEEE Transactions on Volume 16, Issue 6, pp. 754 - 769 (2004).
- [5] S. Iyer, A. Rowstron and P. Druschel , “ Squirrel: a decentralized peer-to-peer web cache ”, Proc. Twenty-first Annual Symposium on Principles of Distributed Computing, pp. 213-222 (2002).
- [6] Squid: <http://www.squid-cache.org/>