

コンテンツ配信の為の P2P 技術における設備 負荷と DL 時間削減方式に関する考察

竹川綾[†] 今枝直彦[†] 藤田謙一[†]

コンテンツ配信において P2P 方式が活用され始めている。その P2P 方式において、ネットワークトラフィック量の削減とダウンロード時間の短縮の為にアップロード端末を通知する P4P 方式が台頭してきている。しかし既存の P4P 製品では次の三つの課題がある。一つ目は“近隣からのダウンロードを誘発する為の仕組みは具備されているものの、端末やエッジルータ単位等詳細でかつ正確なアップロード端末の通知を行なう事は出来ず、ネットワークトラフィック量の削減が不十分である”という課題である。二つ目は“一部のアップロード端末に要求が集中し、ダウンロード時間が増加する”という課題であり、三つ目は“ルータ負荷の集中”という課題である。そこで本論文では、これらを解決する方式として“ダウンロード端末からのホップ数が小さいアップロード端末を通知する方式”と“アップロード端末の負荷分散”，および“ルータの負荷分散を行う様にアップロード端末を通知する方式”の提案を行なう。

The study of how to reduce the content delivery time and the system load in P2P system

Aya Takekawa[†], Naohiko Imaeda[†] and Kenichi Fujita[†]

In recent years, Peer to Peer technology has been on the rise in content delivery systems. Recently, P4P system, which can tell a peer its adequate upload peers so as to reduce network traffic and to accelerate the content delivery speed, has been coming to the forefront. However, existing P4P systems have three problems. The first is that they cannot notify delivery routes minutely and accurately e.g. in units of routers or of peers. The second is that so many downloading peers might request for contents delivery to limited number of peers, resulting in longer downloading time. The third is that traffic concentrates in a few routers.

To solve these problems, we propose three new P4P methods. The first is to tell the adjacent upload peers to a download peer. The second is load balancing of upload peers. The third is to tell upload peers which can contribute to load balancing among routers.

1. はじめに

近年、コンテンツの大容量化により、配信サーバ自身の負荷と配信サーバと端末を接続するネットワーク設備の負荷の増大、及びそれに伴うダウンロード時間の増加という課題が起こっている [1].

この課題を解決する為の通信方式として、従来の集中サーバ型の配信システム(クライアントーサーバ方式)に代わり注目されているのが P2P(Peer To Peer)の技術を活用したコンテンツ配信システムである。P2P 方式のコンテンツ配信システムでは、従来はサーバで集中保持していた機能を端末に分散させる事によって、サーバの CPU 使用率やメモリ使用量、送受信トラフィック等のサーバ負荷を軽減する事が出来る [1]. 又サーバに集中していたトラフィックが端末に分散する事から、ネットワーク設備全体でトラフィック量等の負荷を分散する事が出来る。さらに、これらの負荷分散技術によって P2P 方式ではコンテンツのダウンロード時間短縮も実現している。

しかし単純な P2P 方式では、物理的なネットワーク構成とは関係なく分散ハッシュテーブル(DHT: Distributed Hash Table)で端末やコンテンツの位置を関連付ける仮想ネットワーク(Overlay Network)で通信を行う [2] [3] [4]. その為、アップロード端末(コンテンツを提供する端末)とダウンロード端末(コンテンツをダウンロードする端末)のホップ数といった物理的な距離を考慮する事が出来ない。よって、物理的に離れているダウンロード端末からのコンテンツ受信を選択してしまう場合があり、ネットワークトラフィック量とダウンロード時間が必ずしも削減されないという課題がある。

この様な問題を解決する為の技術として提案されているのが、ネットワーク構成等の付加情報も加味してアップロード端末を選定する P4P(Provider Portal for P2P) 方式である [5] [6]. しかし、P4P 方式においても更なるトラフィック量の削減とダウンロード時間の短縮を実現する為には、効果的な付加情報の選択とその付与方法が必要である。

そこで、本論文ではネットワークトラフィック量の削減とダウンロード時間短縮を目的として、第 2 章において既存 P4P 方式の課題を述べ、第 3 章で検証によりその課題を考察し、第 4 章にてそれらの課題を解決する方式を提案する。

2. 既存 P4P 方式の課題

P4P 方式はネットワークトラフィック量を削減し、その結果ダウンロード時間も短縮する事を目指しているが、既存の P4P 方式には次の三つの課題が存在する。本章では既存 P4P 方式を分類し、各方式がその三つの課題を十分解決出来るかを検討した。

[†]NTT西日本 技術革新部 研究開発センター
Research and Development Center Nippon Telegraph and Telephone West Corporation

(既存 P4P 方式の課題)

「ネットワークトラフィック量の削減が不十分」

- ダウンロード端末からアップロード端末へのホップ数が大きく、ネットワークトラフィック量が増加する可能性・・・課題 A

「ダウンロード時間の増加」

- 端末への同時要求の集中によるダウンロード時間の増加の可能性・・・課題 B
- ルータへの負荷集中によるダウンロード時間の増加の可能性・・・課題 C

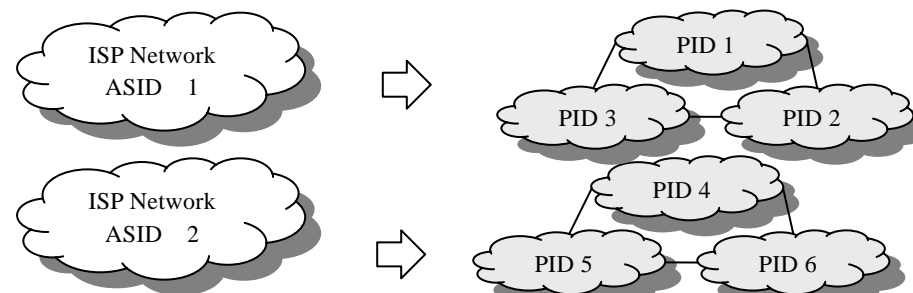
ここで、ネットワークトラフィック量とは、全ルータの転送トラフィック量の和とする。

既存のP4P方式は大きく次の二つの方式に分けられる。一つは、ISPの情報を利用してアップロード元（コンテンツを提供する端末グループ）を判断する方式 [5] で、アップロード元に関するヒントを与えるヒントサーバを用いて行われる [6]。一般的にこの方式をP4P方式と呼ぶ。しかし本論文では、ISPの情報以外からもアップロード元の選定のヒントを収集する方式もP4Pと定義して検討を行った。そのもう一つのP4P方式として現在存在するのが、ISPの情報以外の情報から最適なアップロード端末を選択する方式で、ヒントサーバよりヒント情報の提供を受ける事なく、端末で入手出来る情報からアップロード元を選定する方式である [7]。以後一つ目のP4P方式を方式A、二つ目のピュア型P4P方式を方式Bと呼ぶ。

(1) 方式 A

方式 A は次の特徴を持つ [5]。

- 個別の端末単位ではなく、図 1 の様な AS 単位や PID で示される抽象化した端末グループ単位等の大きな単位でアップロード元を選定を行う [5]。
- 通信事業者と契約している回線速度が速いグループを優先的に通知する [5]。



ASID は、Internet Services Provider 等の各組織が保有するネットワーク (AS) を識別する AS 番号である。

PID で識別される端末グループ。プロバイダの情報保護の為に抽象化された PID でアップロード元を識別する。

図 1 方式 A においてアップロード元を判断する単位

方式 A が前述した課題 A～C をどこまで解決しており、どのような課題があるかを考察する。

- (課題 A) ホップ数が大きい
AS 単位/PID 単位での管理である為、AS 単位/PID 間でのトラフィック最適化はされている。しかし PID 内での最適化は行われておらず、ネットワークトラフィックの最適化が不十分である。その為、都道府県や市町村、エッジルータ単位等のアップロード元が選定出来ない。よってダウンロード端末とアップロード端末間のホップ数が削減出来ない為、ネットワークトラフィック量の削減が不十分である。
- (課題 B) 端末への同時要求の集中
通信事業者と契約している回線速度（帯域）については考慮されている。しかし端末の負荷（送受信トラフィック量や CPU 使用率、メモリ使用量）については考慮されていない。その為アップロード端末に対して、複数コンテンツのダウンロード要求や複数端末からのダウンロード要求が発生し得る。その結果、同一の端末へ同時要求が集中する事につながり、結果としてダウンロード時間の増加になる可能性がある。
- (課題 C) ルータへの負荷集中
通信事業者と契約している回線速度（帯域）については考慮されているが、しか

しルータの送受信トラフィック量等の負荷については動的には考慮されていない。その為、複数コンテンツのダウンロードやアップロードを行う事により帯域が圧迫されている場合でも、コンテンツのダウンロードにより当該ルートを使われる場合がある。よってルータに負荷が集中して、結果としてダウンロード時間の増加になる可能性がある。

以上より、方式 A は課題 A～C を解決する為において課題が残っている。

(2) 方式 B

一方、方式 B として次の特徴を持つものが考えられる。

- ネットワークの情報を元にアップロード端末を選定 [7]
アップロード端末の検索結果を元に、ダウンロード端末とアップロード端末の IP アドレスを比較して、不一致であった桁数が小さい端末から優先的にダウンロードする。
- ネットワーク以外の情報を元にアップロード端末を選定
アップロード端末を検索する際に“ダウンロード端末からの検索要求に対する応答速度が速いアップロード端末”から優先的にダウンロードする。

次に、この方式 B が P4P の三つの課題をどこまで解決出来るかその効果と課題を考察する。

- IP アドレスの一致桁数による選定方式の考察
「隣り合う端末の IP アドレスが近い様に階層的に付与した場合」は、ダウンロード端末からのホップ数が小さいアップロード端末からのダウンロードの確率が増加し、方式 B は課題 A に対して有効であると見込まれる。
- 応答速度による選定方式の考察
ダウンロード要求が同時に集中している場合でも、検索時の一瞬の時間においては要求が分散される場合がある。その様な場合、同時要求数が応答速度に反映されない。従ってダウンロード時間は必ずしも短くならず、方式 B は課題 B に対する解決策として不十分であると予想出来る。

以上より、方式 B は方式 A に比べて課題 A～C を解決出来る効果が大きいと想定した為、次章以降で検証によりその効果と課題を考察した。

3. 既存 P4P 方式の検証と考察

既存方式 B が P4P 方式の課題を十分解決出来るかどうかを評価する為に、3.1 節の方法で検証を行い、その結果を 3.2 節で考察した。

3.1 検証方法

課題 A 「ダウンロード端末からアップロード端末へのホップ数が大きい事」と課題 B 「端末への同時要求の集中」の解決策として方式 B が有効であるかを、以下に示す検証により考察した。

図 2 の様な環境下で方式 B を具備した Einy On-Demand [7] [8] にてコンテンツ配信を行い、ネットワークトラフィック量やダウンロード時間を測定した。ここで Einy On-Demand は、方式 B の特徴「(1) IP アドレスの一致桁数によるアップロード端末の選定方式」と「(2) 応答速度によるアップロード端末の選定方式」の双方の組み合わせでアップロード端末を決定する方式である。

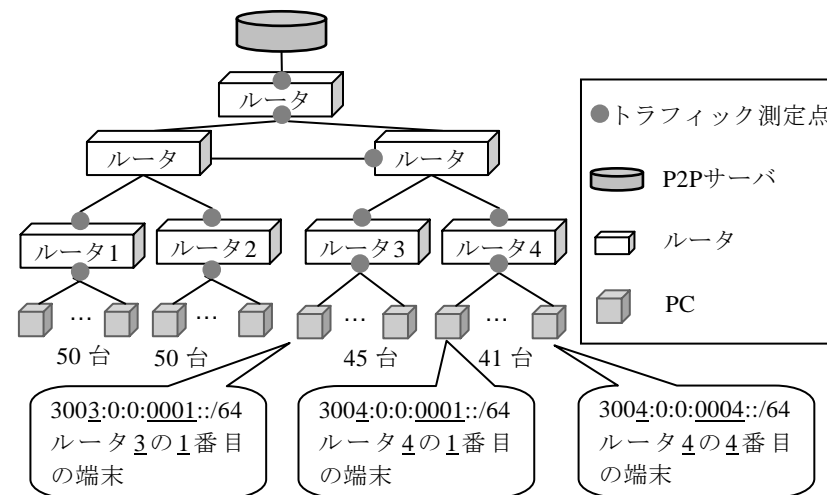


図 2 ネットワーク構成図

3.1.1 ホップ数削減

方式 B の「IP アドレスの一致桁数によるアップロード端末の選定方式」により、課題 A 「ダウンロード端末からアップロード端末へのホップ数が大きい事」を解決出来るかを次の検証方法により確認した。

その為図 2 のルータ 1 配下に端末が 50 台、ルータ 2 配下に 50 台、ルータ 3 配下に 45 台、ルータ 4 配下に 41 台と各エッジルータに分散して端末を配置し、隣り合う

端末の IP アドレスが近い様に階層的に付与した。各端末がランダムに一種類のコンテンツのダウンロード要求を行い、5 回/分のペースでダウンロード要求を発生させる。これを 35 分繰り返し、ダウンロードに伴い各端末にキャッシュが増加する。その際コンテンツを分割してピースとしてダウンロード出来る様に設定して、ダウンロードを行った。この様な条件下でダウンロード端末から x ホップのアップロード端末からのダウンロードの割合 P を算出した。ここで P を算出する際に解析したコンテンツのピースの提供回数は合計 33666 回であり、P はこの全回数に対する割合として算出した。

この検証方法により、ダウンロード端末とアップロード端末間のホップ数が少ない端末からのダウンロードの確率が増加し、それによりネットワークトラフィック量 N が減少するかを評価した。

ここでネットワークトラフィック量 N とは、ネットワーク上の全ルータで転送されたトラフィック量の和を指す (式 1)。但しルータ A がルータ B に送信したトラフィック量はルータ B がルータ A から受信したトラフィック量と同一である。そこでこうしたダブルカウントを防止する為に、図 2 の測定点でのトラフィック量のみを足し合わせた。即ち、ネットワークトラフィック量 N とは「図 2 のトラフィック測定点において、ルータ i で転送したトラフィック量 N_i の全ルータでの和」である。

$$N = \sum_{i=1}^n N_i \quad \dots \dots (式 1)$$

- N_i : 図 2 の測定点において、ルータ i で転送したトラフィック量
- N : ネットワークトラフィック量
- n : 図 2 の測定点を持つルータの数

3.1.2 同時要求集中

方式 B の「応答速度によるダウンロード端末の選定方式」が課題 B 「端末への同時要求の集中によるダウンロード時間の増加」の対策として有効であるかを考察する。

該当コンテンツのキャッシュを保持している端末が多いと、要求が分散出来る為、同時要求の集中が起こる確率は減少するはずである。そこでキャッシュ保持端末が増加するにつれ、ダウンロード時間の増加を抑止出来るかを確認した。一方で、課題 B の解決策としての方式 B の効果測定の行きやすさは、課題 B の発生頻度に比例する。そしてその発生頻度は同一の端末への同時要求が起こる確率に比例する。さらにその確率はコンテンツの要求端末数に比例するはずである。従って要求端末数も増加させて方式 B の効果を測定した。以上よりコンテンツを要求する端末数とキャッシュを保持している端末数を増加させて、ダウンロード時間に影響がないかどうかを測定する

事で、方式 B の課題 B への効果を測定した。

ここで端末数は全 190 台中、要求数と初期キャッシュ保持端末数をそれぞれ 8 台、16 台、24 台と変化させた。その際 1 台の要求端末に 1 回のダウンロードを試行させた (ダウンロードの試行回数は要求端末数と同一である)。又全ての要求端末は同時にダウンロード要求を行った。さらにコンテンツのダウンロード時間は、M 回の試行における 1 回あたりの平均ダウンロード所要時間として定義した (式 2)。但しこの際ダウンロードが途中で中断している時間は除外して算出した。

$$DLtime = \sum_{k=1}^M T_k / M \quad \dots \dots (式 2)$$

DLtime : コンテンツのダウンロード時間の平均値

T_k : ダウンロード所要時間

M : ダウンロードの試行回数

3.2 検証結果と考察

3.2.1 ホップ数削減

方式 B の「IP アドレスの一致桁数によるアップロード端末の選定方式」が課題 A 「ダウンロード端末からアップロード端末へのホップ数が大きい事」の解決策として有効であるかを考察する。

方式 B により、ホップ数が削減されたかを確認した結果を図 3 に示した。図 3 は、「ダウンロード端末から 1, 3, 5 ホップ離れているアップロード端末から、何割のコンテンツをダウンロードしたか」を示す。ここで各ダウンロード端末から見たホップ数 5 のルータは 2 台、ホップ数 1,3 のルータはそれぞれ 1 台である事から、図 3 のホップ数 5 の P は他のホップ数の値に比べ二倍大きい値になっている。しかしそれでもホップ数 1 のアップロード端末からダウンロードした割合 P は 70% 以上であり、方式 B がホップ数削減に有効である事が分かる (図 3)。そしてこのホップ数削減により、式 1 で定義したネットワークトラフィック量 N が削減される事が予測出来る。

以上より、方式 B は課題 A の解決策として有効である事が分かった。

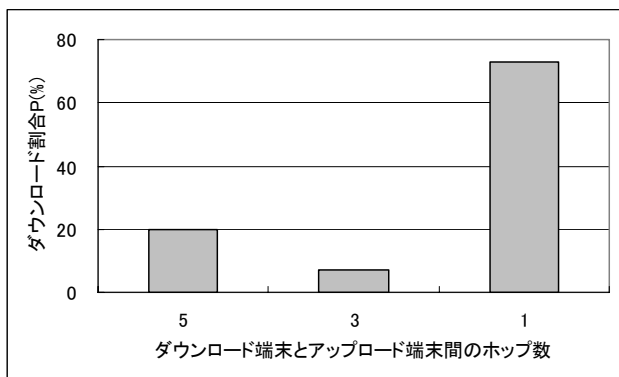


図3 ダウンロード端末とアップロード端末間のホップ数とダウンロード割合

しかし本結果は、2章に記述した様に「隣り合う端末のIPアドレスが近い」様にIPアドレスを階層的に付与した場合の結果であり、階層的になっていない場合は課題Aを解決出来ないという課題を持つ。階層化していない例として、図4の状況を考える。この場合、端末2は同じルータ3配下の端末1からダウンロードした方がホップ数は小さいにも関わらず、異なるルータ2配下の端末3と端末1が同じ距離にあると判断する。よって必ずしもホップ数が小さいアップロード端末（端末1）からダウンロードしない。このようなケースはIPv4アドレス等において多く、ネットワークを分割してIPアドレスを払い出しているネットワークに見られる。従ってIPアドレスが階層化していない状況にも対応可能なホップ数削減の方式が必要である。

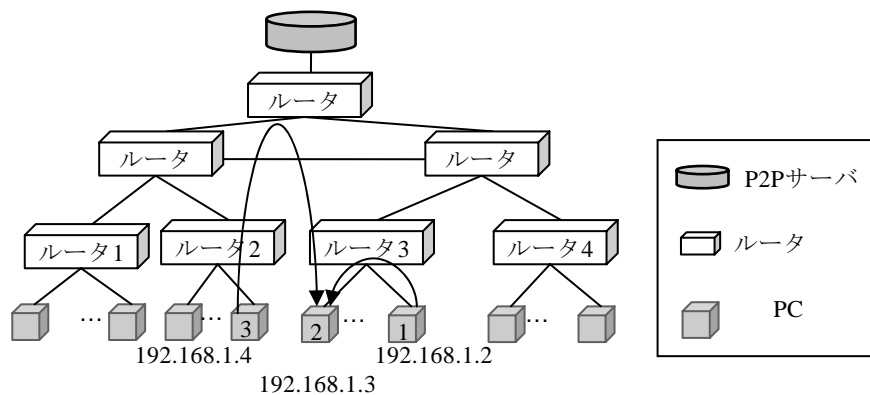


図4 IPアドレスの付与規則とアップロード端末

以上より、方式Bは「隣り合う端末のIPアドレスが近い様にIPアドレスを階層的に付与した場合」はホップ数を削減出来るが、階層的になっていない場合は、その効果が見込めない為、そのケースに対応出来る新たな対策が必要な事が分かった。

3.2.2 端末への同時要求集中の回避

方式Bの「応答速度によるダウンロード端末の選定方式」が課題B「端末への同時要求の集中によるダウンロード時間の増加」に対して有効かを考察する。

方式Bの課題Bに対する対策に効果があれば、キャッシュ保持端末数が増加するにつれてコンテンツを提供する端末の負荷を分散出来る為、ダウンロード時間は短縮するはずである。しかしダウンロード時間は短縮しなかったケースが見られた（図5の要求端末数16台、初期キャッシュ保持端末数16台の値。これは16回試行の平均値より算出した）。原因は、コンテンツのダウンロードの動作詳細ログより「ある特定の端末にコンテンツのダウンロード要求が集中した為」であった。

この事から、方式Bの「応答速度によるダウンロード端末の選定方式」が課題B「端末への同時要求の集中」の対策として不十分であり、新たな同時要求の集中回避の仕組みが必要である事が分かった。

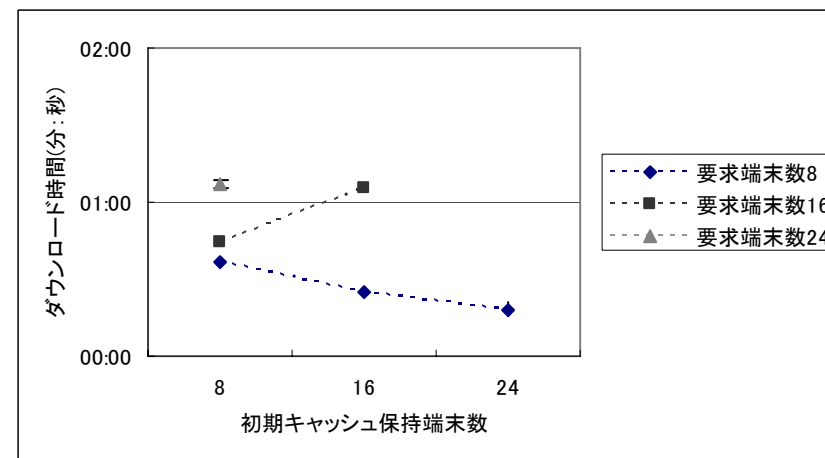


図5 初期キャッシュ保持端末数と要求数でダウンロード時間に及ぼす影響

3.2.3 ルータへの負荷集中の回避

方式Bの「応答速度によるダウンロード端末の選定方式」が課題C「ルータへの負荷集中」の解決策として十分かを考察する。

特定のルータにトラフィックが集中しているが帯域使用率が 100%ではない為、応答速度にまで影響が出ない状況が存在する。又、検索用のトラフィックはサイズが小さい為、検索用トラフィックでダウンロード時間に影響が出ない場合でも、サイズの大きなコンテンツトラフィックではダウンロード時間に影響が出る状況も考えられる。その様な状況下では応答時間によるルータ負荷の集中回避の対策も効力がない。よってさらなるルータ負荷集中回避の為の対策が必要である。

3.3 まとめ

P4P 方式における下記の三つの課題の解決策として、既存 P4P 方式 A と B の対応状況は表 1 の様になり、方式 A より方式 B の方が有効であると言える。しかし、未だ表 1 に示す様な課題が存在する為、本論文では方式 A と B の長所をそれぞれ活用して新しい方式を提案する。

表 1 P4P の課題解決における既存方式の有効性

	課題 A ダウンロード端末からアップロード端末へのホップ数が大きい	課題 B 端末への同時要求の集中	課題 C ルータへの負荷集中
方式 A	ホップ数の削減は不十分	契約回線の帯域のみ考慮しており実際の端末の負荷は考慮していない	契約回線の帯域は考慮しているが、実際のルータの負荷を動的に考慮していない。
方式 B	IP アドレスが階層構造化している場合のみ有効	応答速度では端末負荷集中の回避は不十分	応答速度ではルータ負荷集中の回避は不十分

4. アップロード端末通知方式の提案

本論文では、ダウンロード時間の短縮とネットワークトラフィック量の削減を目指し、三つの課題 A「ホップ数削減」課題 B「端末への同時要求の集中」課題 C「ルータへの負荷集中」を解決する為に、ヒントサーバにてアップロード端末リストを優先度順にソートして通知するハイブリッド型 P4P 方式を提案する (図 6)。

本方式は、方式 B の課題 A ホップ数の解決策である「IP アドレスの一致桁数によるアップロード端末の選定方式」を活用しつつ、さらに IP アドレスが階層構造化していない場合にも対応した方式も提案する。さらに課題 B, C の解決策については別の方式を新たに提案する。ここで、アップロード端末を選定する為のヒント情報として端末で保持している情報だけでは不十分であった為、方式 A の「ヒントサーバ」という長所を活用して、ヒントサーバで保持する情報を元にアップロード端末を選定する。

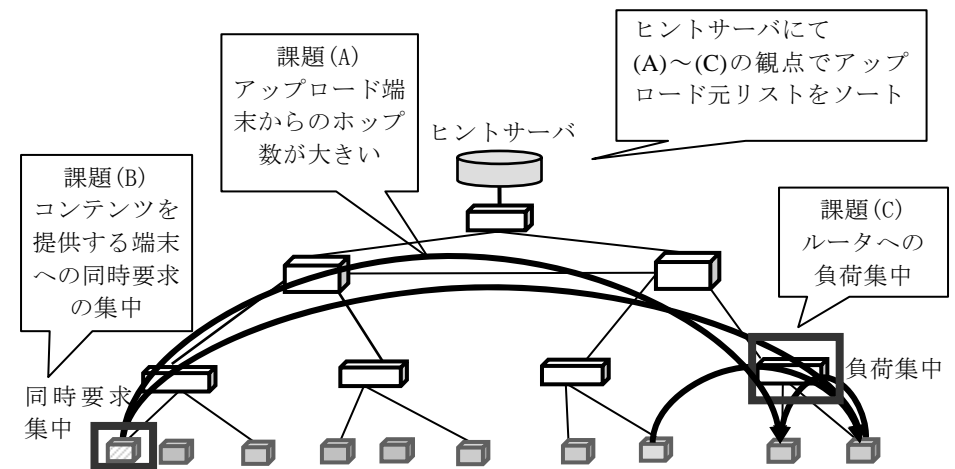


図 6 ダウンロード時間とネットワークトラフィック量の削減の為の課題とその解決方式

4.1 ホップ数削減

本節ではダウンロード端末からのホップ数が小さい端末からコンテンツをダウンロードする様にアップロード端末を通知する方式を提案する。

本方式の枠組みを図 7 に示す。エリア情報に基づいてダウンロード端末からのホップ数を判断し、ホップ数が小さい順番にアップロード端末リストをソートする。具体的には、端末の所属エリアを管理するテーブルと各エリア間のホップ数を管理するテーブルを元に、まずダウンロード端末とアップロード端末の所属エリアを特定し (図 7 (1))、次に各エリア間のホップ数を割り出す (図 7 (2))。ここでホップ数テーブルは、ルータのアドレスやルーティング情報を反映させる等して作成する。

これにより方式 A では対応出来なかった「ルータ単位や端末単位等の詳細な単位でのアップロード端末の選定」を解決した。又、方式 B で解決出来ない「IP アドレスが階層的になっていない状況」にも対応可能である。以上よりホップ数が小さいアップロード端末からのダウンロードを誘発してネットワークトラフィック量を削減出来る。

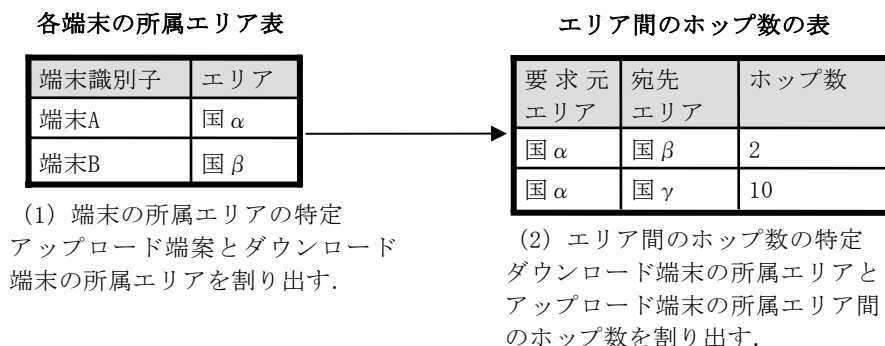


図 7 ホップ数削減の仕組み

4.2 端末への同時要求集中の回避

本節ではダウンロード時間の短縮を目指して、端末への同時要求の集中を回避する為のアップロード端末の通知方式を提案する。

同時要求の集中回避の為の方式として、次の二パターンが考えられる。一つ目は、端末のリソース状況を直接測定してサーバに通知して、その情報によりアップロード端末を選定する方式である。二つ目は、サーバのログから推測して要求が集中しない様にアップロード端末を選定する方式である。

一つ目の端末のリソース状況を直接測定する方式は、正確性が増すというメリットがある一方、それによりネットワークトラフィック量が増加し、測定時間によりアップロード端末の選定にかかる時間も増大して、その結果ダウンロード時間が増加するというデメリットがある。さらに端末情報のセキュリティポリシーに合致しない等のデメリットもある。一方、二つ目の方式は正確性は劣るが上記のようなデメリットがない。よって二つ目の「ヒントサーバ上のログから要求が集中している端末を推定する方式」を選定した。

本方式の仕組みは図 8 に示す通りである。設定した時間から現在までの間にアップロード端末として通知した回数をヒントサーバ上に記録し、この回数が小さい順番にアップロード端末リストをソートする。

これにより端末への同時要求の集中を回避出来、ダウンロード時間の増加を防止出来る。

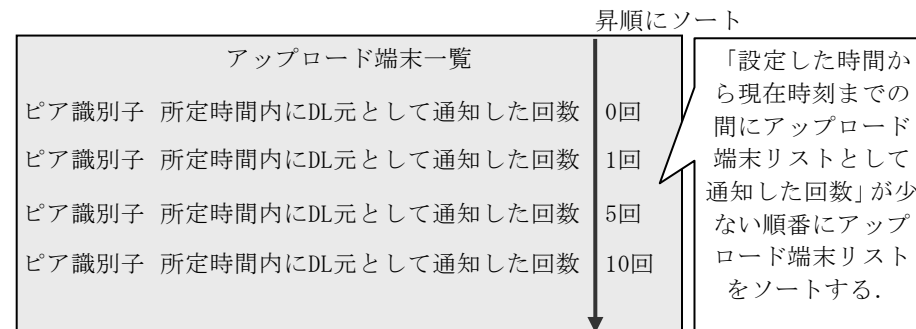


図 8 端末への同時要求の集中を回避する仕組み

4.3 ルータへの負荷集中の回避

本節ではルータへの負荷集中を回避する為のアップロード端末の通知方式を提案する。

ルータへの負荷集中を回避する方式も二パターン考えられる。一つ目は、ルータの負荷を直接測定してその結果をサーバに通知して、それに基づきアップロード端末を選定する方式である。二つ目は、ヒントサーバに元々ある情報から判断してアップロード端末を選定する方式である。一つ目は、正確性というメリットがあるが、一方で測定によりネットワークトラフィック量等ルータ負荷が増大し、測定による時間でアップロード端末選定にかかる時間が増加、その結果ダウンロード時間が増加する等のデメリットがある。一方、二つ目は正確性は劣るが上記でメリットがない。よって二つ目の方式を選定した。

本方式の仕組みは図 9 に示した通り、端末が所属するルータを割り出し、そのルータの出現頻度が分散される様にアップロード端末リストをソートする方式である。

これによりルータへの負荷集中を回避し、ネットワークの効率的な利用を目指す。

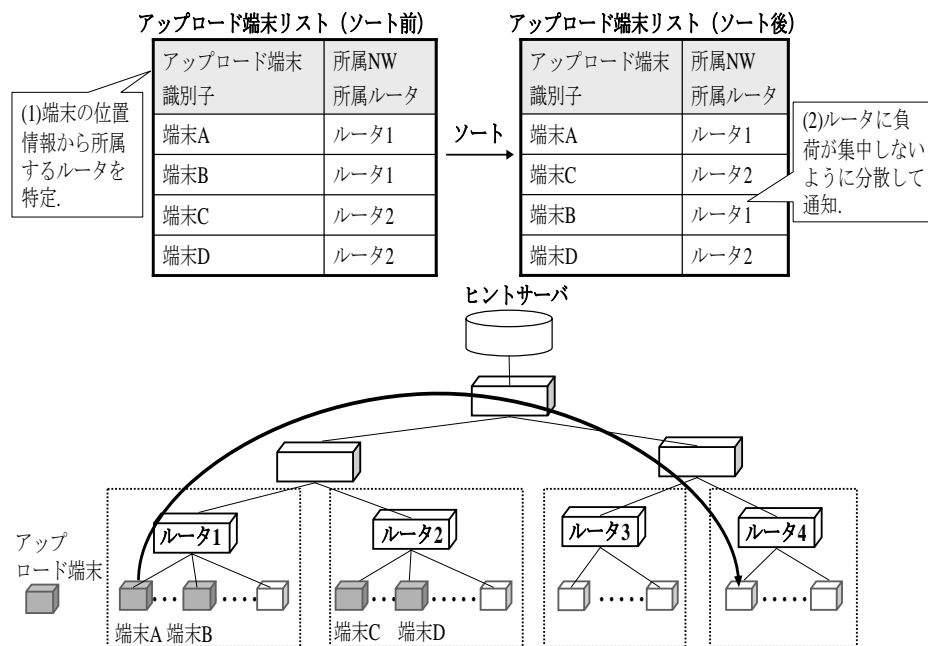


図 9 ルータへの負荷集中を回避する仕組み

5. おわりに

コンテンツのダウンロード時間とネットワークトラフィック量の削減の為に、既存の P4P 方式の有効性と課題を検討し、その解決策としてのハイブリッド型 P4P 方式の提案を行った。

P4P の課題として A「ダウンロード端末からアップロード端末へのホップ数が大きい事」と B「端末への同時要求の集中」及び、C「ルータへの負荷集中」といった課題があると考えられる。

そこでその課題の解決策として、コンテンツのダウンロード時間の短縮とネットワークトラフィックの最適化（ネットワークトラフィック量の削減やネットワーク負荷の分散）の為に、最適なアップロード端末を通知するハイブリッド型 P4P 方式を提案した。本方式は以下の 3 つの特長を持つ。一つ目は、端末間のホップ数管理表を用いて、ホップ数が小さい近隣アップロード端末を優先的に通知する特徴である。二つ目は、アップロード端末として通知した回数が少ない端末を優先的に通知する事で、端

末への同時要求の集中を回避する通知する特徴である。三つ目は、各ルータを通る頻度が均一になる様に通知する事で、ルータへの負荷が集中しない様に通知する特徴である。

これらの通知方式により、P4P の三つの課題 A「ホップ数の削減」と B「端末への同時要求の集中」及び C「ルータへの負荷集中」を解決出来ると考えられる。その結果、ネットワーク設備負荷の削減とダウンロード時間の短縮を行えると見込まれる。

今後、これらの効果とその為に必要なヒントサーバでの処理時間やヒントサーバの負荷を考察し、ハイブリッド型 P4P 方式の有効性の確認を行いたい。又各 P4P 方式の比較を行い、その優先順位や各 P4P 方式が有効となる条件を把握したい。

謝辞

本論文の作成にご協力頂いた、ブラザー工業株式会社殿並びに NTT サービスインテグレーション基盤研究所亀井氏に謹んで感謝の意を表する。

参考文献

- 1 Satoshi Kamei, Status and Traffic Issues of Peer-to-Peer Technology. コンピュータソフトウェア, Vol.22, No.3(2005), pp.8-18.(2005).
- 2 I. Stoica, R. Morris, D. Karger, M. Kaashoek, and H. Balakrishnan, "Chord: A Scalable Peer-to-Peer Lookup Service for Internet Applications". Proc. ACM SIGCOMM, p.149-160.(2001).
- 3 A. Rowstorn and P. Drushel, "Pastry: Scalable, Decentralized Object Location, and Routing for Large-Scale Peer-to-Peer Systems". Proc. 18th IFIP/ACM Int'l Conf. Distributed System Platforms(Middleware),P.329-350.(2001).
- 4 S. Ratnasamy, P. Francis, M. Handley, R. Karp, and S. Shenker, "A scalabe content addressable network". Technical Report, TR-00-010, U.C.Berkeley, CA, (2001).
- 5 Haiyong Xie, Arvind Krishnamurthy, Avi Silberschatz, and Y. Richard Yang. P4P: Explicit Communications for Cooperative Control Between P2P and Network Providers. http://www.dcia.info/documents/P4P_Overview.pdf
- 6 C. Griffiths, J. Livingood, L. Popkin, R. Woundy, and, Y. Yang. Comcast's ISP Experiences In a P4P Technical Trial draft-livingood-woundy-p4p-experiences-04. Internet Engineering Task Force Internet-Draft Intended status: Informational Expires. (2009). <http://tools.ietf.org/id/draft-livingood-woundy-p4p-experiences-04.txt>
- 7 ブラザー工業株式会社, Einyを用いたコンテンツ配信の事例,P7. <http://pub.brother.co.jp/pub/jp/einy/catalog/P2Pnetwork090219.pdf>
- 8 ブラザー工業株式会社, <http://www.brother.co.jp/einy/>