

## 低遅延 P2P 情報配信プラットフォームの一考察

高原 誠† 鈴木健二†  
†電気通信大学

田上敦士†† 阿野茂浩††  
††(株)KDDI 研究所

## 1 はじめに

近年、各種の情報通信サービスにおいて、ニュース、株価情報など短いメッセージで表され、頻繁に更新される情報を携帯電話や PC に、迅速に配信することが期待されている。このような情報の配信プラットフォームには、頻繁な更新への対応・迅速な配信・プッシュ型の通信が求められている。これらの条件を満たすためには、従来型のサーバ・クライアント方式だけでなく、最近注目を浴びている P2P 型通信 [1] の適用も考えられる。本稿では、サーバ・クライアント方式と P2P 通信方式の比較検討を踏まえ、新たな低遅延 P2P 情報配信プラットフォームについて考察する。

## 2 通信方式の違いとモデル化

## 2.1 想定する情報配信プラットフォームと通信方式

ストリーミング配信のようなリッチコンテンツ [1] に対して、株価情報や RSS などのニュース更新では、短い情報が頻繁に送信されることが多い。また、配信対象となるノードも多岐に渡っており、数千から数百万に相当することも想定される。このような情報の配信プラットフォームには、情報の更新に対して迅速に多数のノードに対して情報を配信する事が求められる。

サーバ・クライアント方式は、構築実績の多い通信方式であるが、受信ノードから配信サーバに対して、一定間隔で情報発信を勧誘する擬似プッシュとなる事が多く、更新が即座に通知されない。また、人気のあるコンテンツにアクセスが集中し、配信サーバに負荷がかかりやすい欠点もある。

これに対して、P2P 方式ではプッシュ型配信が実現しやすく、更新を即座に通知する事が可能となる。さらに、情報を受信したノードが、他のノードに配信することが可能なため、負荷の分散ならびに遅延の縮小に結びつく可能性がある。また、配信サーバが複数になった場合においても対応しやすいという利点もある。

## 2.2 モデル化

P2P 方式では情報の中継配信により、全体的な情報配信がサーバ・クライアントモデルと比較して、遅くなる可能性が有る。そこで、我々はそれぞれの通信方式を用いた情報配信プラットフォームをモデル化し、1 台の配信サーバから  $n$  台のノードに情報が配信し終わるまでの時間を数式化した。

サーバ・クライアント方式、P2P 方式を用いた情報配信プラットフォームの構成図を図 1、図 2 に示す。こ

ここで、 $n$  は受信ノード数、 $\Delta T$  は次のノードに配信可能となるまでのオーバーヘッド遅延、 $R$  はデータのエンドツーエンド遅延（伝搬遅延と有効帯域幅による遅延の和）とする。この時、全てのノードに情報配信するために必要な総時間  $D$  は、下記の式で表せる。

(a) サーバ・クライアント方式

$$D = (n - 1) \times \Delta T + R$$

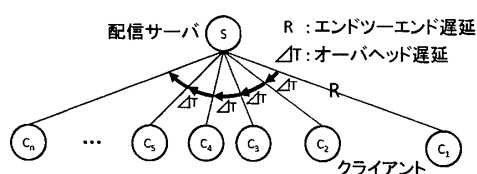


図 1: サーバ・クライアント方式

(b) P2P 方式

$m$  を 1 ノードあたりの子の数、 $h$  を配信木の高さ（葉ノードから根ノードまでの枝の数）とすると以下の式で表わされる。

$$D = ((m - 1) \times \Delta T + R) \times h \quad (1)$$

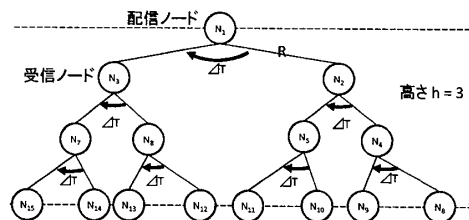


図 2: P2P 方式 ( $m = 2$ )

## 3 通信方式の比較評価

前節でモデル化した 2 つの通信方式を比較するため、実ネットワーク上で、有効帯域幅による遅延とオーバーヘッド遅延  $\Delta T$  の値を測定した。図 3 に測定環境を示す。配信サーバと受信ノードを 1 台ずつ用意し、それぞれ学内 LAN, ISP を経由して Internet に接続した。複数の受信ノードを 1 台で模擬するため、複数の TCP コネクションを配信サーバと受信ノード間で張り、データを送信した。送信データは 10、50、100kbyte とし、受信ノードで各コネクション毎に開始セグメントと終了セグメントの受信時刻を計測した。図 4 にコネクション経過時間を、図 5 に各コネクション毎の開始セグメント受信時刻の差の平均を示す。それぞれ、エンドツーエンド遅延  $R$  における有効帯域による遅延成分、オーバーヘッド遅延  $\Delta T$  と等しい。

Study on The Efficient Information Distribution Platform using P2P  
Makoto Takahara†, Kenji Suzuki†, Atsushi Tagami†† and Shigehiro Ano††  
The University of Electro-Communications† and KDDI R&D LABS††

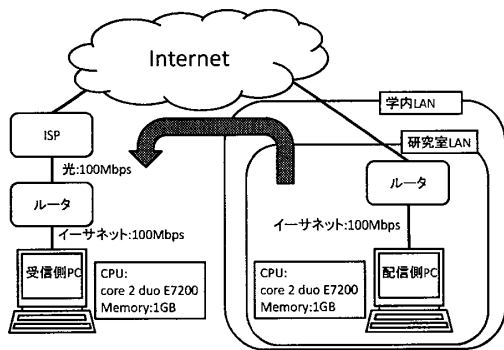


図 3: 測定環境

図 4 より帯域幅による遅延は、送信データサイズが大きい場合、受信ノードの数が増加するに従い、帯域の制限が影響し遅延が大きくなる。図 5 より  $\Delta T$  は、受信ノードの数に関係がなく約 0.4ms をとった。厳密には、 $\Delta T$  の平均値は 100kbyte、50kbyte、10kbyte の順で 0.409、0.434、0.422ms 値をとった。

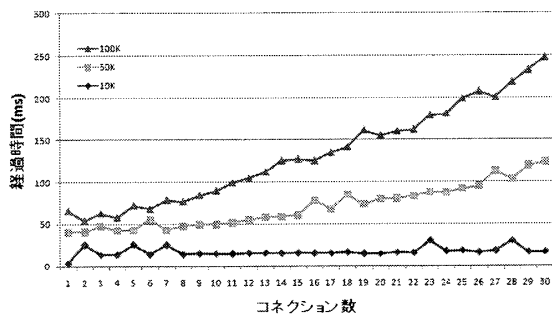


図 4: 有効帯域幅による遅延

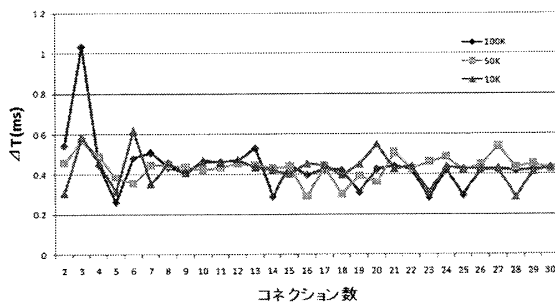


図 5: オーバヘッド遅延  $\Delta T$

ここで、10kbyte データの遅延測定を参考にし、単純化の為に有効低帯幅による遅延は一定値 20ms をとり、伝搬遅延は 20ms と仮定する。この時  $\Delta T = 0.4ms$ 、 $R = 20 + 20 = 40ms$  となる。図 6 にサーバ・クライアント方式、 $m = 2$  の P2P 方式、 $m = 10$  の P2P 方式それぞれの総情報配信時間  $D$  の計算結果を示す。

総情報配信時間  $D$  は、サーバ・クライアント方式では  $O(n)$ 、P2P 方式では  $O(\log(n))$  で増加ため、P2P 方式がスケラビリティに優れている。さらに、 $R$  は受信ノード数の増加に従い増加するため、1つのサーバに受信ノードが集中しない P2P 方式の方が優位である。

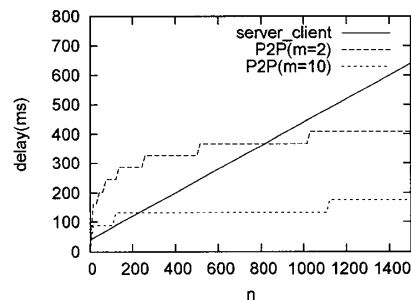


図 6: 配信方式による遅延

#### 4 最適な子の数 $m$ の導出

本節では、最適な P2P ネットワークに必要な子の数  $m$  について考察する。

子の数が  $m$  の平衡木を構築した場合、木の高さ  $h$  は、

$$n + 1 = \sum_{i=0}^h m^i = \frac{m^{h+1} - 1}{m - 1} \quad \text{より}$$

$$h = \lceil \log_m \{(m - 1)(n + 1) + 1\} - 1 \rceil \quad (2)$$

で表される。ただし、 $\lceil x \rceil$  は  $x$  以上の最小の整数を表す。

式 (1)、式 (2) より、 $\Delta T$ 、 $R$ 、 $n$  が決まると、 $D$  を最小化する最適な子の数  $\hat{m}$  が決まる。ここで、 $D$  を  $m$  の関数と考えると、 $D$  は

$$m^{h+1} - (n + 1)m + n = 0$$

の解  $m = a$  以上の最小整数値  $\lceil a \rceil$  の時に極小値をとる。すなわち、各  $h$  毎の  $\lceil a \rceil$  を求め、 $D$  に代入し比較することで、 $D$  を最小化する  $\hat{m}$  が見つかる。

#### 5 おわりに

本稿では、ニュースや株価情報等の様に、短い情報が頻りに配信されるサービスを対象とした情報配信プラットフォームに関して考察を行った。サーバ・クライアント方式と P2P 方式の 2 つの通信方式についてモデル化を行い、実ネットワークを用いた測定値より、受信ノードが多数の場合 P2P 方式の方が優位であることを示した。さらに、モデルより情報をすべてのノードに配信完了するまでの時間を最小にする子の数を導出し、最適な P2P ネットワーク構築手法の道筋を示した。

P2P 方式では、すべてのノードが同じ数だけの子を持つ場合を想定したが、木の高さが高くなった場合、上流ノードの方が多くの子を持つ方が効率が良い場合も想定される。また、P2P 方式を利用する事により、配信サーバが複数存在する場合への対応も容易になると考えられる。今後、これらの課題を踏まえた P2P ネットワーク構築手法を検討する予定である。

#### 参考文献

- [1] Hosseini, M., Ahmed, D.T., Shirmohammadi, S., Georganas, N.D.: A Survey of Application-Layer Multicast Protocols. IEEE Communications Surveys & Tutorials 9(3), 58-74, 2007.