

デマンド型ネットニュース配送方式における トラヒックのモデル化とレスポンスタイム評価

菅野 浩徳[†] 曽根 秀昭[†] 根元 義章^{††}

現在のネットニュースシステムでは、隣接するニュースサーバ間で新たな記事データの転送と蓄積を繰り返すことで全サーバに対して広く記事の配送が行われる。しかし各ニュースサーバに配送された記事データはすべてが有効に利用されているとは限らず、まったく利用されることなく時間の経過とともに削除されるといった記事データも存在し、無駄な配送と蓄積を生じている。我々は、利用者の要求に応じた配送を行うことで高効率な配送が可能なデマンド型ネットニュース配送方式を提案している。本方式を実ネットワーク環境に応用するためのインフラ設計においては、そのトラヒック特性を把握し、必要となるネットワーク資源などの見積りを行えることが必要である。そこで本稿では、提案方式について、配送データトラヒックの分析とモデル化を行う。さらに、現在のネットワーク環境に照らして、そのレスポンスタイム特性を明らかにする。具体的には、運用中のネットニュースシステムにおける配送トラヒックを観測し、確率分布関数によってトラヒックのモデル化を行い、待ち行列理論を用いた解析をデータ伝送時間およびサーバ処理時間それぞれについて行うことで、レスポンスタイムを評価する。

Modeling of the Traffic in On-demand NetNews Delivery System and Its Evaluation of Response Time

HIRONORI KANNO,[†] HIDEAKI SONE[†] and YOSHIAKI NEMOTO^{††}

In the present NetNews system, articles are delivered to all servers by repeating of article data between the next news servers. However, the article data delivered by each news server not used effectively. A part of article data is deleted, without being referred at all. It has produced waste delivery traffic and waste accumulation. An effective solution to the problem is an On-Demand delivery system which delivers required article data when requested by a user. To design the infrastructure for this system in a actual network environment, it is required to analyze the traffic and estimate the requirement for the network and other resources. Then, in this paper, we perform analysis and modeling of delivery traffic for the proposed system. Furthermore, we show the response time characteristic of proposed system in the present network environment. The authors analyzed the delivery traffic in the NetNews system, and the traffic is modeled with a probability-distributions function. Times for data-transfer and server-processing are analyzed using the queuing theory to estimate the response time.

1. はじめに

ネットニュースシステムは、従来よりインターネットにおける主要なアプリケーションの1つであり利用者も多い。しかし近年、インターネット利用者数の増加や利用形態の多様化ともなっており、配送記事の数やサイズがともに増加しており、サーバ間で分散蓄積を行うための通信トラヒックの増加やサーバにおける蓄

積領域の大容量化など、その運用コストが肥大化しシステムの維持・運用が困難となりつつある。ところが、各ニュースサーバに配送された記事データは、すべてが有効に利用されているとは限らず、なかにはまったく利用されることなく時間の経過とともに削除されるといった記事データも存在する。サーバ間の配送データ量については1日250GB(受信)を超える場合もあり、さらに増加傾向にある^{1)~3)}。記事の利用については、たとえば文献4),5)によれば、観測サーバにおける記事の利用率はいずれも13%以下にとどまっている。利用率とは、読まれた記事数とニュースサーバ上の配送記事数との比率である。利用率の低さは、ネットワークシステムにおける効率性から見て好ましくな

[†] 東北大学情報シナジーセンター
Information Synergy Center, TOHOKU University.

^{††} 東北大学大学院情報科学研究科
Graduate School of Information Sciences, TOHOKU University.

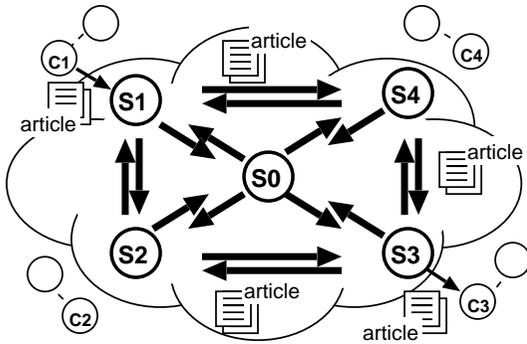


図1 ネットニュースシステム配送モデル
Fig. 1 A NetNews delivery system model.

く、利用のないデータを配送し蓄積することから、運用コスト問題の一因にもなっており、改善を要する。

ネットニュースシステムでは、記事 (Article) が情報の単位であり、話題や用途によって記事を集約するためのニュースグループ (News Group) という枠組みがある。ニュースグループは、あるカテゴリ名をトップレベルとする木構造の名前空間を持ち、記事は1つ以上のニュースグループ属性を与えられ、このニュースグループを単位として記事の配送制御や管理が行われている。図1に、ネットニュースシステムの配送モデルを示す。図中のS0~S4はニュースサーバを、C1~C4はニュースリーダが動作するクライアントを示す。

ネットニュースシステムでは、隣接するニュースサーバ間で記事データの転送と蓄積を繰り返すフラッドアルゴリズム (Flooding Algorithm) ⁹⁾ によって、最終的にすべてのサーバに対して記事の配送が行われる。たとえば、C1から新たに投稿された記事は、S1に蓄積され、そこから隣接関係にあるS0, S2, S4などに配送され、さらにS3にも隣接するいずれかのサーバから配送される。配送された記事は、それぞれのサーバが用意しているスプール上に一定期間保持され、保存期間を過ぎると削除される。この保存期間の決定は、サーバのスプール容量や利用者の興味度合いなどに依存する場合が多く、サーバによって購読可能な期間と量に差異がある。

このように、現状のネットニュースシステムにおいては、ニュースサーバ間の配送はクライアントからのアクセスとは独立に行われ、配送の際にその記事に対する需要を知る術がない。すなわち、サーバ利用者の需要を反映しておらず、また利用者の需要を反映する配送の仕組みを有していない。記事の配送選択はニュースグループ単位でしか行えないために、利用者が必要

としない記事も配送されてしまう場合がある。しかも、グループ数が多くなるにつれ、配送選択についての細かな制御は困難となっている。また、記事数の増加にともない、すべての記事について目を通すことが難しくなっており、結果として利用率の低下を招く。

我々は、これら現行のシステムにおける問題を解決するためには、ユーザからのリクエストに応じて目的とする記事データを配送するデマンド型が有効であると考え、利用者の要求に応じた配送を行うことで高効率な配送が可能なデマンド型ニュース配送方式を提案した⁷⁾。当方式に基づく新たなネットニュース配送システムの設計および実装を行い、実験による評価を行った結果、記事データの利用効率が向上し、サーバ間の不要な配送トラフィックが大幅に抑制されることが明らかとなっている。

一方、本方式を実ネットワーク環境に応用するためのインフラ設計にあたっては、そのトラフィック特性を把握し、必要となるネットワーク資源などの見積りを行えることが必要である。

インフラ設計を行ううえで考慮すべき指標にはいくつか考えられるが、レスポンスタイムも重要な指標の1つである。すなわち、デマンド型配送では、利用者の要求をトリガとしてオリジナルコンテンツを保有するサーバにアクセスを行う。そのため、あらかじめ配送しておく場合と比べて、アクセス時の待ち時間 (レスポンスタイム) が増大することが懸念されるが、利用するネットワーク環境に照らしてこのレスポンスタイムが十分に許容範囲内であれば、致命的なデメリットとはならない。

本稿では、デマンド型ネットニュース配送方式について、そのトラフィックの分析とモデル化を行う。さらに、現在のネットワーク環境に照らして、そのレスポンスタイム特性を明らかにする。具体的には、運用中のネットニュースシステムにおける配送トラフィックを観測し、確率分布関数によってトラフィックのモデル化を行い、待ち行列理論を用いた解析をデータ伝送時間およびサーバ処理時間それぞれについて行うことで、レスポンスタイムを評価する。

2. デマンド型ニュース配送システムの概要

デマンド型ニュース配送システムは、記事のインデックス情報を管理するディレクトリサーバと、オリジナルの記事データを管理する一次サーバと、クライアントと連係してディレクトリサーバや一次サーバへのアクセス中継とデータキャッシュを行う二次サーバの4種類のノードから構成される。

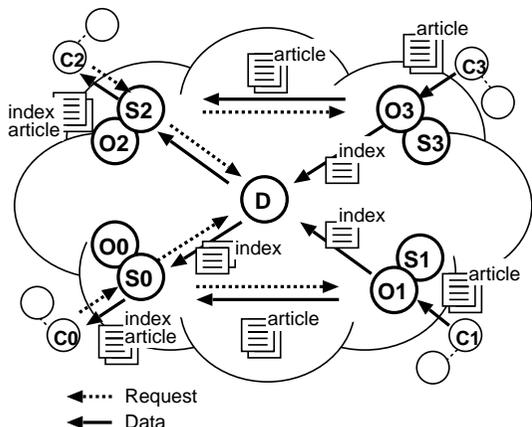


図 2 デマンド型ニュース配送モデル

Fig. 2 An on-demand netnews delivery system model.

デマンド型ニュース配送システムのモデルを図 2 に示す。

たとえば図 2 において、C1 からの投稿記事は O1 に蓄積され、同時に O1 は投稿記事の記事インデックスを D に送る。C0 が記事を購読する場合、C0 は S0 に記事インデックスを要求する。S0 は D にその要求を中継し、D から記事インデックスを受け取り蓄積するとともに C0 に配送する。C0 は得られた記事インデックスの情報を参照し、読みたい記事を選択して S0 に記事の要求を送る。仮にその記事データを O1 が保有しているとする、S0 は O1 に要求を中継し、O1 から記事を受け取り蓄積するとともに C0 に配送する。

各サーバは、インターネット上の高速なバックボーン上に広く配置され、さらに二次サーバは、利用者から最も近い位置に配置されることを想定している。二次サーバのクライアントへのサービスについて、従来のニュースサーバと同様の機能を提供するため、利用者側にはサーバ変更による影響はない。

なお当方式の詳細については、文献 7) に詳しく示している。

3. トラヒックデータのモデル化

3.1 トラヒックデータの分析

提案システムにおいては、図 3 に示すように、クライアント (C) からの要求とデータ配送を二次サーバ (S) が中継するので、現システムにおけるニュースサーバ NS と C 間の配送データの分布特性 $f(x)$ が、提案システムの S-C 間ならびに O-S 間についても等しくなる。

すなわち、現システムにおいて実際のネットワークトラヒックを分析し、データサイズや個数などといっ

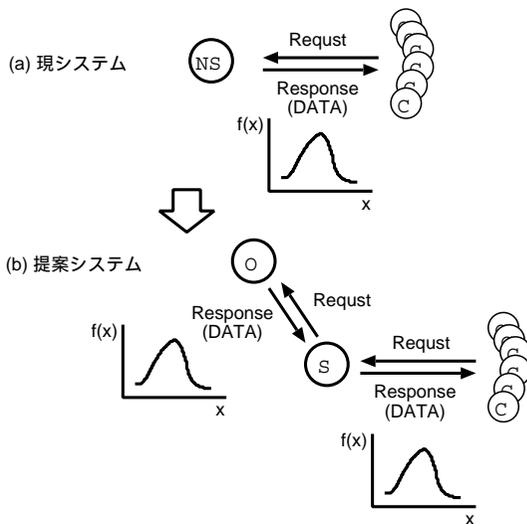


図 3 配送データの分布特性

Fig. 3 Distribution characteristic of delivery data.

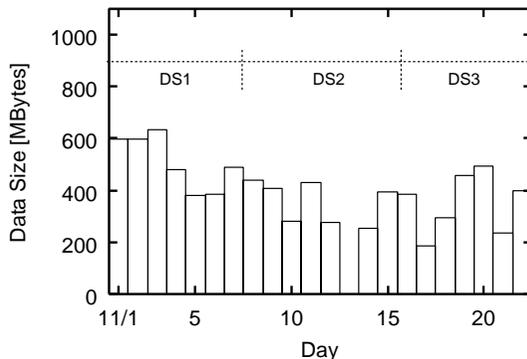


図 4 転送データ量

Fig. 4 Transition of traffic data.

たデータ特性をモデル化することで、現システムにおけるトラヒックデータを、提案システムについてのトラヒックデータとして利用し、近似的に提案システムについてのレスポンスタイム特性の導出に用いることが可能である。

そこで、本稿では、現在運用中のニュースシステムのトラヒックを分析し、その結果を用いることとした。

3.2 使用したデータの概要

本実験において使用した配送データおよびアクセスログは、実験ネットワーク TRIX⁸⁾ に接続する商用 ISP のニュースサーバのものを用いた。

観測期間中における転送データ量を図 4 に示す。

この 22 日間のデータから、ネットワークの停止により十分なデータ採取ができなかった 13 日を除いて、7 日間ずつを 1 つのデータセットとし、計 3 つのデータセットを分析対象とした。各データセットの概要を

表 1 分析対象データセットの概要
Table 1 Overview of the datasets for analysis.

Dataset	期間	リクエスト数	伝送量 (MBytes)	端末数
DS1	00.11.1~7	117,440	3,561	6,956
DS2	00.11.8~15	110,438	2,485	16,433
DS3	00.11.16~22	108,633	2,454	12,583

表 2 記事データサイズ分布の適合分析結果
Table 2 Analysis result of the distribution of article sizes.

対象グループ	適合モデル	パラメータ	適合回数
fj	対数正規分布	$\hat{\mu} = 7.492 \sim 7.617, \hat{\sigma}^2 = 0.140 \sim 0.282$	3/3
comp	対数正規分布	$\hat{\mu} = 6.402 \sim 6.575, \hat{\sigma}^2 = 0.627 \sim 0.698$	3/3

表 1 に示す。

リクエスト数は、NNTP (Network News Transfer Protocol)^{9),10)} の GROUP, HEAD, XOVER, BODY, ARTICLE の 5 コマンドの総計であり、伝送量は、HEAD, XOVER, BODY, ARTICLE の 4 コマンドに対する配送データ量の総計 (単位は Mbytes) である。端末数は、観測期間中における延べ接続端末数である。

3.3 適合検定

実測したトラフィックをサンプルデータとし、以下に示す候補関数のパラメータを推定して適用を行い、その中から最適な関数を選び出すことでモデル化を行う。ネットワークを流れるトラフィックサイズは、非常に広範囲の値をとることが予想される。そこで指数分布、正規分布という一般的によく用いられる分布のほか、対数正規分布、パレート分布、レイリー分布を候補とした。

モデルの検定には以下に示す適合度 $\hat{\chi}^2$ ^{11),12)} を用いた。

$$\hat{\chi}^2 = \frac{X^2 - K - N + 1}{n - 1} \quad (1)$$

$$X^2 = \sum_{i=1}^N \frac{(Y_i - np_i)^2}{np_i} \quad (2)$$

$$K = \sum_{i=1}^N \frac{Y_i - np_i}{np_i} \quad (3)$$

ここで、 n は全サンプルデータ数、 N は確率変数の発生区間の分割数とする。また、このとき i 番目の区間に含まれるサンプルデータの個数を Y_i 、候補関数による確率を p_i とする。 $\hat{\chi}^2$ は、その値が小さいほど適合度が高いことを示す。よって、複数のモデルについて $\hat{\chi}^2$ を比較し、最も小さな $\hat{\chi}^2$ を持つモデルを選択する。

3.4 記事データサイズの分布

3 つのデータセットについて、記事データサイズの分布についての適合分析を行う。ニュースグループはすべてを対象とすることは現実的ではないため、比較的使用頻度の高い fj, comp を選択した。対象としたコマンドは ARTICLE と BODY である。

適合分析の結果を表 2 に示す。

第 2 列の適合モデルとは、候補関数のうち最も適合した分布名を示し、第 4 列の適合回数は、3 つのデータセットのうち、その分布が最も適合すると判定された回数を示す。たとえば、2/3 は、3 つのデータセットのうち 2 つのデータセットが最適と判定されたことを示す。

図 5、図 6 に fj と comp のデータサイズ分布と、比較のために対数正規分布と指数分布のモデルを同時に示した。

対数正規分布と指数分布の分布関数 (C.D.F: Cumulative Distribution Function) は、順に次式で与えられる。

$$F(x) = \int_0^x \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma y}} \exp\left(-\frac{(\log y - \mu)^2}{2\sigma^2}\right) dy \quad (4)$$

$$F(x) = 1 - \exp\left(-\frac{x}{\beta}\right), \quad \beta > 0 \quad (5)$$

これらの図からも、いずれも対数正規分布が非常によく一致していることが分かる。

したがって、ニュースグループ fj と comp における記事の伝送データサイズは、対数正規分布でモデル化することが妥当と考えられる。

4. データ伝送時間特性

インターネットを構成するバックボーン回線と、アクセスポイントから利用者までのアクセス回線を比較したとき、一般にバックボーン回線のほうがアクセス回線を上回る帯域を確保できているため、コンテンツ

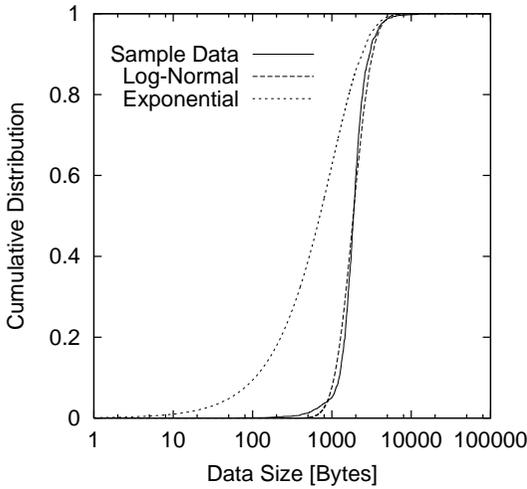


図5 記事データサイズの分布 (fj)
Fig. 5 Distribution of article sizes (fj).

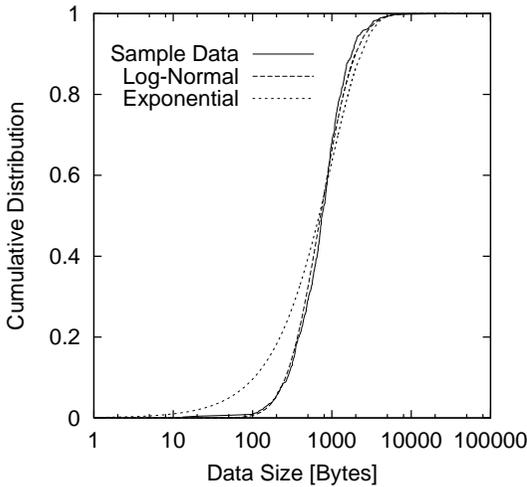


図6 記事データサイズの分布 (comp)
Fig. 6 Distribution of article sizes (comp).

の配送時間に関して律速段階となるのは、アクセス回線の部分であろうと考えられる。そこで本稿では、エンドユーザが主に利用可能な 1.5~10 Mbps までの回線速度における特性について解析を行う。

ここでは、二次サーバとクライアント間のネットワークをサーバ、コンテンツデータを客とする単一サーバ待ち行列システムとする。

回線容量を C (Byte/s) とすれば、データサイズ x に対するサービス時間 y は、

$$y = g(x) = \frac{x}{C} \tag{6}$$

と与えられる。

$g(x)$ の逆関数を $u(y)$ とし、データサイズ分布の確

率密度関数を $f(x)$ とすれば、サービス時間分布の確率密度関数 $s(y)$ は、

$$s(y) = f(u(y)) u'(y) \tag{7}$$

と与えられる¹³⁾。

TCP/IP による通信では、通信回線上を流れるデータが、パケットに分割されて処理されるため、処理規律はネットワークの処理能力が均等に分割される PS (Processor-Sharing) が適する^{12),14)} という知見から、到着間隔の分布は、一般的な指数分布に従うものとし、M/G/1/PS の待ち行列システムによって検討を行う。

M/G/1/PS では、一般分布に従うモデルのサービス時間 S が y である場合に、その条件付き平均応答時間は、

$$E[R|S = y]_{PS} = \frac{y}{1 - \rho} \tag{8}$$

と与えられる¹⁴⁾。よって式 (6) からデータサイズ X が x である場合の条件付き平均応答時間は、

$$E[R|X = x]_{PS} = \frac{x}{C(1 - \rho)} \tag{9}$$

と与えられる。このときの平均応答時間はすなわちコンテンツデータの平均データ伝送時間である。

x には、データサイズ分布の平均サイズと 95% サイズを与える。95% サイズとは、データサイズの累積分布が 0.95 をとるときのデータサイズであり、そのサイズ以下のデータ数が全体の 95% を占めるようなサイズを意味する。95% サイズを超えるデータの中には、数 Mbyte もの大きなデータサイズのものもあるが、その存在確率は著しく小さいことから、通常の利用においては、そのコンテンツデータについてのレスポンスタイムがシステム全体に与える影響は少なく無視できるものと考えられる。

値は、fj の平均サイズ：2,039 (byte)、95% サイズ：3,642 (byte)、comp の平均サイズ：981 (byte)、95% サイズ：2,306 (byte) である。利用率 ρ は、実際の運用よりも高負荷な状態を考え $\rho = 0.8$ とし、回線容量を 1.5 Mbps から 10 Mbps まで変化させて、その転送時間との関係を求めたものを図 7 に示す。

5. サーバ処理時間特性

5.1 準備

サーバ処理時間特性について分析を行うためにデータサイズとサーバ処理時間との関係を実験によって求める。サーバ処理時間とは、コマンドの受け付け~コマンド解析~DISK I/O~socket バッファへの write~コマンド完了、までの処理時間を指す。

まず、提案システムの実装を行った。開発したシス

テムは C 言語により記述し，UNIX プラットフォーム上で動作させた．トランスポート層のプロトコルは TCP を使用し，一次サーバ，二次サーバ機能を行うプログラムとして “n3d”，ディレトリサーバ機能を行うプログラムとして “n3dsd” を，それぞれデーモンとして常駐させる．

実験には図 8 のようにディレトリサーバ (D) と，一次サーバ (O) を兼ねたサーバ 1 台と，二次サーバ (S) 1 台によって構成される実験ネットワークを構築した．O/D のサーバは Sun Ultra10 で OS は Solaris2.6 を，S のサーバは Sun Enterprise450 で OS は Solaris2.6 を使用した．

O/D のサーバに，既存のニュースサーバから配送された記事を注入する．

この実験装置に対してランダムに記事のアクセスを行い，サーバ処理時間の測定を行った．

測定したデータの概要を表 3 に示す．

実験の結果得られたデータサイズと処理時間との関係と，測定データを最小 2 乗法により一次関数近似したグラフを図 9 に示す．なお，測定には同一データを用いて計 3 回実施し同様の結果が得られることを確認している．

この結果から，データサイズ x とサーバ処理時間 (サービス時間) y との関係について，以下の 1 次近似

式が得られる．ただし， $a = 0.00061$ ， $c = 0.57196$ ．

$$y = g(x) = ax + c \tag{10}$$

$g(x)$ の逆関数を $u(y)$ とし，データサイズ分布の確率密度関数を $f(x)$ とすれば，サービス時間分布の確率密度関数 $s(y)$ は，式 (7) によって与えられる．

5.2 サーバの処理時間特性

次に，このデータサイズと処理時間の結果を用いて，サーバ処理時間の特性を求める．ここでは，二次サーバをサーバ，到着コマンドを客とする単一サーバ待ち行列システムとする．到着間隔の分布は，一般的な指数分布に従うものとし，M/G/1/FIFO の待ち行列システムによって検討を行う．

M/G/1/FIFO では，一般分布に従うモデルのサービス時間 S が y である場合にその条件付き平均応答

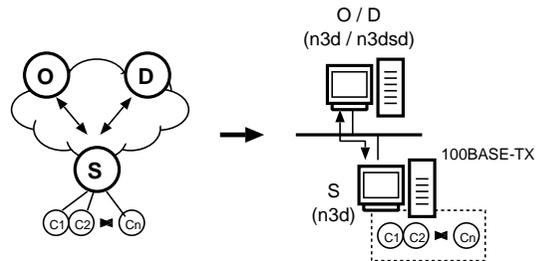


図 8 想定モデルと実験装置
Fig. 8 Experimental environment.

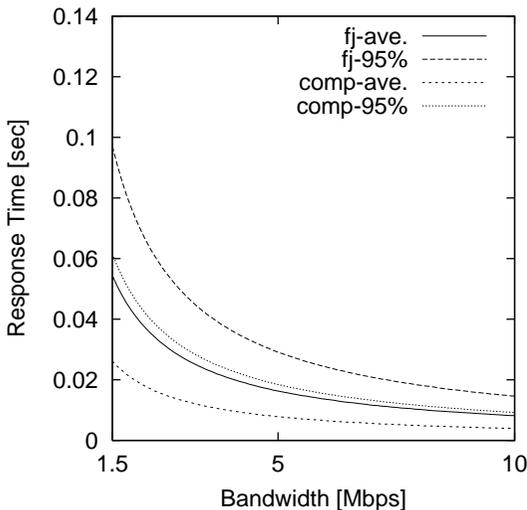


図 7 通信帯域とレスポンス時間との関係
Fig. 7 Relation between bandwidth and response time.

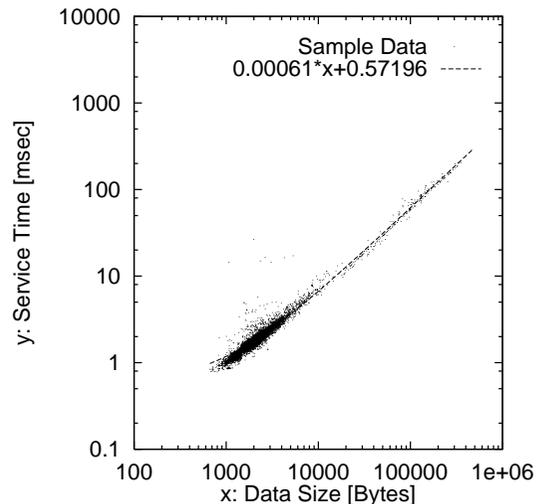


図 9 データサイズと処理時間との関係
Fig. 9 Relation between data size and processing time.

表 3 測定データ概要

Table 3 Overview of the experimental data.

データ数	最小サイズ (Bytes)	最大サイズ (Bytes)	平均サイズ (Bytes)
32,769	664	4,629,881	74,719

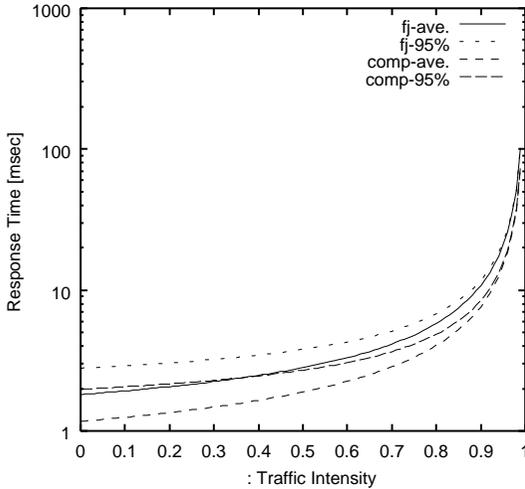


図 10 サーバ負荷と平均応答時間

Fig. 10 Relation between server load and response time.

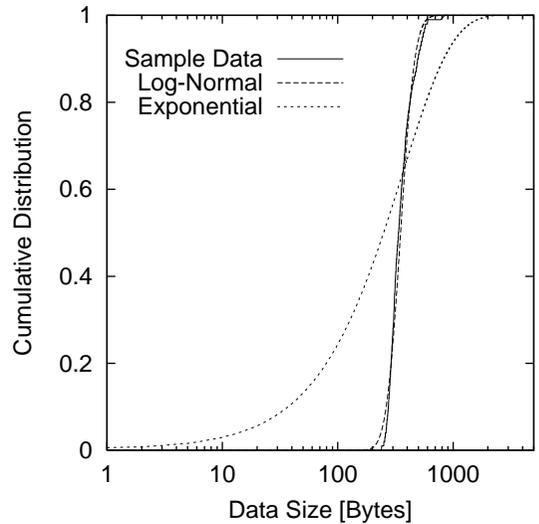


図 11 インデックスデータサイズの分布

Fig. 11 Distribution of index data sizes.

時間は,

$$E[R|S = y]_{FIFO} = \frac{\rho E[S]}{1 - \rho} \frac{1 + C^2[S]}{2} + y \tag{11}$$

で与えられる^{14),15)}. $E[S], Var[S], C^2[S]$ は、それぞれサービス時間分布の期待値, 分散である. $C^2[S]$ は、サービス時間分布の平方変動係数であり,

$$C^2[S] = \frac{Var[S]}{E^2[S]} \tag{12}$$

で与えられる. また、式 (10) の関係から、確率変数の線形変換公式により

$$\begin{cases} E[S] = aE[X] + c \\ Var[S] = a^2 Var[X] \end{cases} \tag{13}$$

が得られる. $E[X], Var[X]$ は、それぞれデータサイズ分布の期待値, 分散である.

x には、データサイズ分布の平均サイズと 95% サイズを与える. 値は、fj の平均サイズ: 2,039 (byte), 95% サイズ: 3,642 (byte), comp の平均サイズ: 981 (byte), 95% サイズ: 2,306 (byte) である. そしてサーバの利用率 ρ ($\rho < 1$) を $\rho = 0 \sim 0.99$ の範囲で変化させ、条件付き平均応答時間を求めた. その結果を図 10 に示す.

5.3 ディレトリサーバの処理時間特性

ディレトリサーバに格納されるインデックスデータは、ニュースグループや観測期間の違いによる差異が少ないことをあらかじめ確認できている. そこで 5.1 節と同様の実験データと実験装置を用いて、NNTP の HEAD コマンドによって転送されるインデックス

データのサイズ分析を行った. 図 11 に、インデックスデータサイズの分布と、比較のために対数正規分布と指数分布のモデルを同時に示す.

この結果より、対数正規分布が非常によく一致していることが分かる. したがって、インデックスデータの伝送データサイズは、対数正規分布でモデル化することが妥当と考えられる. なお、このサンプルに対する推定パラメータは $\hat{\mu} = 5.865, \hat{\sigma}^2 = 0.051$ であり、データサイズ x とサーバ処理時間 y との関係は式 (10) に従うものとする.

x には、インデックスデータサイズ分布の平均サイズ: 362 (byte) と、95% サイズ: 603 (byte) を与える. そしてサーバの利用率 ρ ($\rho < 1$) を $\rho = 0 \sim 0.99$ の範囲で変化させ、待ち時間を含めたサーバ処理時間との関係を求めた. その結果を図 12 に示す.

6. 結果と考察

トラヒックデータの分析の結果、分析対象としたニュースグループ fj, comp については、データサイズの分布が対数正規分布でモデル化できることが確認された. 今回トラヒックデータの観察を行ったサーバは 1 つであったが、ネットニュースの記事データは、配送を受けるすべてのサーバについて等しく配送されるため、任意のサーバにあてはまるものと思われる.

本方式において、目的とする記事データが二次サーバ上に存在するとした場合に、クライアントから二次サーバへのリクエストデータ伝送時間を T_{q2} 、二次サーバ処理時間を T_{s2} 、二次サーバからクライアント

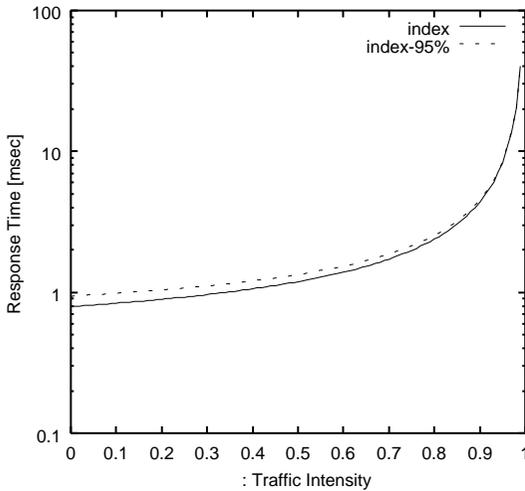


図 12 サーバ負荷と処理時間との関係

Fig. 12 Relation between server load and response time.

への記事データ伝送時間を T_{r2} とすれば、レスポンス時間 T_{a2} は、 $T_{a2} = T_{q2} + T_{s2} + T_{r2}$ である。もし、目的とする記事データが二次サーバになく、一次サーバから取得する場合には、二次サーバから一次サーバへのリクエストデータ伝送時間を T_{q1} 、一次サーバ処理時間を T_{s1} 、一次サーバから二次サーバへの記事データ伝送時間を T_{r1} とすれば、レスポンス時間 T_{a1} は、 $T_{a1} = T_{q1} + T_{s1} + T_{r1} + T_{a2}$ である。またこのとき、クライアントから二次サーバもしくは二次サーバから一次サーバへのリクエストデータはただか数バイト程度の小さなメッセージ⁹⁾ であり、そのデータ伝送時間は記事データ伝送時間やサーバ処理時間に比べて十分小さいため、 T_{q1} 、 T_{q2} について無視できるものとする、レスポンス時間 T_{a2} 、 T_{a1} はそれぞれ、 $T_{a2} = T_{s2} + T_{r2}$ 、 $T_{a1} = T_{s1} + T_{r1} + T_{a2}$ となる。

実測の結果、一次サーバの処理時間は二次サーバとほぼ同等であることが分かっている。

ネットニュースの利用において要求されるレスポンスタイムは、多少の個人差はあるかもしれないが、経験的におおむね 3 秒程度までであろうと思われる。

すなわち、 T_{a1} もしくは T_{a2} がその限界値以下であることが要求される。

本結果によれば、通信回線におけるデータ伝送時間については、回線利用率 80% 状態で、回線速度 1.5 Mbps の場合でも、平均サイズで f_j が 0.054 sec、comp が 0.026 sec であり、95% サイズでは f_j が 0.097 sec、comp が 0.062 sec であった。

サーバ処理時間は、良好な利用状態と想定される $\rho = 0.50$ での平均処理時間は、平均サイズで f_j が

2.81 msec、comp が 1.89 msec であり、95% サイズでは f_j が 3.79 msec、comp が 2.70 msec であった。高負荷状態にある $\rho = 0.90$ について見ると、最も大きな値を示す f_j -95% サイズでも 10 msec 程度であった。

ディレクトリサーバにおけるサーバ処理時間は、良好な利用状態と想定される $\rho = 0.50$ での平均応答時間は、平均サイズで 1.19 msec、95% サイズで 1.34 msec であり、高負荷状態にある $\rho = 0.90$ での平均応答時間は、平均サイズで 4.37 msec、95% サイズで 4.52 msec であった。

この結果、たとえば記事データが二次サーバ上にあつて、回線利用率 80%、サーバ負荷 90% の場合に、 f_j -95% サイズでも、そのレスポンス時間は 0.1 秒程度である。また記事データが二次サーバ上になく、一次サーバから直接データを得る場合でも、ただか 0.2 秒程度と想定される。

以上の結果から、いずれの場合においてもレスポンス時間は実用上問題ない値が得られることが分かった。実際の運用に際しては、回線負荷およびサーバ負荷については、もっと低く抑えたレベルでの運用が行われることが望ましく、そのような運用レベルの改善努力がなされる場合には、さらにレスポンスタイムは良い値を示すこととなり、本方式による効果もよりいっそう高まるものと思われる。

7. おわりに

本稿では、デマンド型ネットニュース配送方式について、性能指標の 1 つであるレスポンスタイム特性を明らかにした。レスポンスタイム特性を得るための手段としてトラヒックの分析とモデル化について示した。具体的には、運用中のネットニュースシステムにおける配送トラヒックを観測し、確率分布関数によってトラヒックのモデル化を行い、待ち行列理論を用いた解析をデータ伝送時間およびサーバ処理時間それぞれについて行うことで、レスポンスタイムを評価した。

トラヒック分析の結果、分析の対象とした f_j 、comp といったニュースグループについては、データサイズ分布が対数正規分布でモデル化できることが確認できた。

そのモデルに基づき、レスポンスタイムについての解析を行ったところ、1.5 Mbps の回線を利用しその負荷率が 80% 程度でも、一般的な記事の参照には 0.1 秒程度のレスポンスが得られることが明らかとなり、通常の利用において問題のないレスポンスタイムが確保できることが確認できた。

ただし、ニュースグループによっては、画像や音声

といったマルチメディアデータやプログラムファイルなど、データサイズが極端に大きなものを対象とするものもあり、個別にその分布を示し解析を行う必要がある。

今後の課題としては、本提案方式を実際の運用ネットワークに展開し、長期的な運用データを取得し、今得られた理論値との比較と検討を行うなどのほか、より大規模な環境に適用し、スケーラビリティに関する評価を行うことがあげられる。

参 考 文 献

- 1) NEC: Usenet statistics for newsfeed.mesh.ad.jp. <http://newsfeed.mesh.ad.jp/>
- 2) BEST INTERNET COMMUNICATIONS: news1.best.com usenet newsfeed statistics page. <http://news1.best.com/>
- 3) Wirehub! Internet: Wirehub! Internet Newsfeed Statistics Page. <http://doema.wirehub.nl/news/>
- 4) 知念賢一, 山口 英, 山本平一: NetNews における利用状況を反映する記事配送モデルの提案, 情報処理学会研究会報告 95-DPS-71, Vol.95, No.71, pp.49-54 (1995).
- 5) 舟阪淳一, 最所圭三, 福田 晃: NetNews のためのキャッシングアルゴリズム, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J82-B, No.5, pp.818-826 (1999).
- 6) Spencer, H. and Lawrence, D., 紀太 章 (監訳), 田中 幸 (訳): Usenet ネットニュース管理, オライリー・ジャパン (1999).
- 7) 菅野浩徳, 曽根秀昭, 根元義章: デマンド型配送方式のネットニュースシステムへの適用と評価, 情報処理学会論文誌, Vol.42, No.12, pp.2963-2972 (2001).
- 8) 東北地域内インターネット相互接続研究会: TRIX Home Page. <http://www.tia.ad.jp/trix/>
- 9) Kantor, B. and Lapsley, P.: Network News Transfer Protocol, IETF RFC977 (1986).
- 10) Barber, S.: Common NNTP Extensions, IETF RFC2980 (2000).
- 11) Paxson, V.: Empirically-Derived Analytic Models of Wide-Area TCP Connections, *IEEE/ACM Trans. Networking*, Vol.2, No.4, pp.316-336 (1994).
- 12) 名部正彦, 馬場健一, 村田正幸, 宮原秀夫: インターネット・アクセスネットワーク設計のための WWW トラヒックの分析とモデル化, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J80-B-I, No.6, pp.428-437 (1997).
- 13) 藤田靖征, 村田正幸, 宮原秀夫: Web サーバシステムのモデル化と性能評価, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J82-B, No.3, pp.347-357 (1999).
- 14) Lavenberg, S.S. (Ed.): *Computer Performance Modeling Handbook*, Academic Press Inc. (1983).
- 15) 秋丸春夫, 川島幸之助: 情報通信トラヒック—基礎と応用, オーム社 (1990).

(平成 14 年 7 月 8 日受付)

(平成 14 年 11 月 5 日採録)



菅野 浩徳 (正会員)

昭和 59 年茨城大学工学部卒業。同年 (株) 富士通東北システムエンジニアリング入社。平成 9 年より宮城教育大学教育学部非常勤講師。平成 13 年東北大学大学院情報科学研究科博士前期課程修了。平成 15 年より同大学情報シナジーセンター研究生。分散システム, 情報ネットワーク等の運用管理技術に関する研究開発に従事。情報処理教育, 地域情報化等にも興味を持つ。



曽根 秀昭

昭和 53 年東北大学工学部電気工学科卒業。昭和 55 年同大学大学院工学研究科修了。同年同大学工学部助手, 平成 4 年同大学電気通信研究所助教授。同大学情報科学研究科, 大型計算機センターおよび総合情報システム運用センター勤務を経て, 平成 13 年より同大学情報シナジーセンター教授および副センター長。工学博士。電子応用計測や環境電磁工学, およびネットワーク応用と運用管理方式の研究と学内ネットワーク企画・運用に従事。電子情報通信学会, IEEE, 電気学会等の会員。



根元 義章 (正会員)

昭和 43 年東北大学工学部通信工学科卒業。昭和 48 年同大学大学院博士課程修了。工学博士。同年同大学助手。昭和 59 年同大学電気通信研究所助教授。平成 3 年同大学大型計算機センター教授。平成 7 年同大学大学院情報科学研究科教授。平成 10 年より同大学大型計算機センター長, 平成 13 年より同大学情報シナジーセンター長併任。マイクロ波伝送路回路, 情報ネットワーク, 情報伝送システム, 画像処理, 文字認識等の研究に従事。昭和 56 年 IEEE・MTT・Micro Wave Prize 受賞。IEEE 会員。