放送型情報提供システムにおけるハイパーテキストの伝送方式

3U－2

石川 裕治　田辺 雅則　箱守 聰　井上 潮
NTTデータ通信（株）情報科学研究所

1 はじめに

近年の携帯端末や無線ネットワークの普及によりモバイルコンピューティングへの期待が高まっている。しかし、無線通信は有線に比べ伝送帯域が狭いため多数の端末をサポートする事が難しいという問題がある。そこで我々は同報性に優れた情報提供方式である放送に注目し、その具体的方式を検討している[1]。また、これまで携帯端末では電子メール等の文字ベースのサービスが中心となっていたが、今後はWWWに代表されるハイパーテキストの利用が増加するものと思われる。

本稿では放送におけるハイパーテキストの伝送方式について検討を行う。具体的には、最初に伝送方式の概要を述べ、次に情報取得までの待ち時間の期待値の評価を行う。

2 放送によるハイパーテキストの伝送方式

一般にハイパーテキストはハイパーリンクによって関連付けられた複数のファイルから構成される。例えばWWWブラウザで表示されるハイパーテキストの1ページは、1つのHTMLファイルと複数個のGIFファイルから構成されるケースが多い。従って、本稿ではハイパーテキストの伝送をファイルの集合の伝送として扱う。ハイパーリンクが多種多数存在する場合に、1つのハイパーテキストを構成しているファイルの集合の決定方法は様々考えられるが、ここでは何らかの方法により一意に定めるものとする。

放送データは、一定のデータストリームの周期的な繰り返しであり、データストリーム中には複数のハイパーテキストが重複なく配置され、かつ1つのハイパーテキストを構成するファイルも重複なく配置されるものとする。端末は放送データを監視し必要なデータを取り込むが、ストリームの構成から、端末は1周期待てばどのファイルでも必ず1度、取得することができる。従って、どのハイパーテキストに対しても放送を（最悪でも）1周期受信していれば、それを構成するすべてのファイルを取得することができる。

端末がストリーム中から目的のファイルを取得できるようにするために、各ファイルの先頭にファイルの区切りとファイルの識別子からなるヘッダを付ける。このようにファイルの先頭にヘッダを付加したものをパケットと呼ぶ。また、各端末は、どのハイパーテキストがどのファイルから構成されているかを知るための対応表を持っているとする。

ハイパーテキストの取得手続きは次のようになる。(1) あるハイパーテキスト h の取得要求を利用者が発する。(2) 端末は対応表から h を構成するファイルのリストを得る。(3) 各パケットのヘッダを見て h を構成するために必要なパケットをすべて取得する。(4) 各パケットからヘッダを除去しファイルを端末のローカル記憶に保存する。(5) それらのファイルからハイパーテキストを構成し、利用者に提供する。

本稿では上記の手続きのうち、放送データにアクセスを開始し、必要なすべてのパケットを取得するまでのアクセス時間に関して議論を行う。このアクセス時間はパケットサイズおよびストリーム中のパケット配置の2点に依存する。そこで、これら2つの要因とアクセス時間の関係について定量的な評価を行うことを目的とする。

3 アクセス時間の計算

アクセス時間の算出には次の仮定をおく。

- 利用者の要求はランダムに発生する。そのため、ストリームのどの点からも一様な確率でアクセスが開始されるとしてアクセス時間の期待値を算出し、評価の対象とする。
- 一般性を失うことなく議論を簡単にするため、単位時間当たりサイズ1のデータが送信されるものとする。つまりストリームのサイズ（1周期に放送されるパケットのサイズの総和）を s とすると1周期は s である。

以上の仮定をもとに、放送から1つのハイパーテキストを構成する n 個のパケット $\{f_1, \ldots, f_n\}$ を取得するのにかかる時間の期待値 E を算出する。

各 f_i のサイズを s_i とし、さらに $s_h = \sum_{i=1}^{n} s_i$ とする。f_i と f_{i+1} の間に含まれているデータのサイズを d_i とする。また、パケット f_1 の先頭を基準とし

A Hypertext Transfer Method for Data Broadcasting
Yuji Ishikawa, Masanori Tanabe, Satoshi Hakomori and Ushio Inoue
Laboratory for Information Technology, NTT Data Corp.
E-mail: {ishikawa, tanbe, hako, uinoue}@lit.rd.nttdata.co.jp

て 図 1 のように座標軸を定める。

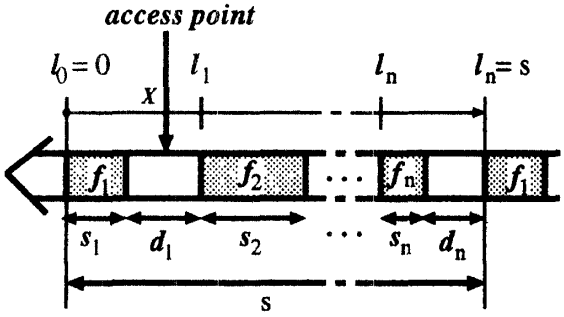

図 1: 放送のデータストリームの構成

座標 x $(l_{i-1} \leq x \leq l_i)$ 地点においてアクセスを開始したとすると、パケット f_{i+1} の先頭が現れるまで $l_i - x$ だけ待たねばならない。その後、$s - d_i$ 時間かけて $f_{i+1}, \ldots, f_n, f_1, \ldots, f_i$ の順にパケットを取得して終了する。この考察から次の結果が得られる。

$$E = \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{s} \int_{l_{i-1}}^{l_i} (l_i - x) + (s - d_i) dx$$
$$= \frac{1}{2s} \sum_{i=1}^{n} (s_i^2 - d_i^2) + s \quad (1)$$

式 1 より E の値が最大 (E_{max} とする) となるのは各 d_i が均等に $d_i = \frac{s-s_h}{n}$ $(1 \leq i \leq n)$ となる時であり、逆に最小 (E_{min} とする) となるのは $d_i = 0\ (1 \leq i \leq n-1)$, $d_n = s - s_h$ となる時であることが分かる。

つまり待ち時間を減らすためにはハイパーテキスト h を構成するパケットは放送データ中にすべて連続して配置するのが良いことがわかる。連続配置されたストリームの部分パケット列 $f_1, \ldots, f_n$ をハイパーテキスト h のパッケージ p と呼ぶことにする。

このとき E_{min} を具体的に示すと次のようになる。

$$E_{min} = \frac{s}{2} + s_h - \frac{1}{2s} \left\{ s_h^2 - \sum_{i=1}^{n} s_i^2 \right\} \quad (2)$$

一方、パケット列である p 全体を再び 1 つのパケットとして放送を行うと、p の途中からデータを取得することはできなくなるが、ヘッダ検出の回数が減るためパケットの取得処理が簡便になるというメリットがある。この方式をパッケージング方式と呼ぶことにする。簡単な考察からパッケージング方式の待ち時間の期待値 E_{pack} は次のようになる[1]。

$$E_{pack} = \frac{s}{2} + s_h \quad (3)$$

[1]ここでは p に付加されたヘッダのサイズは無視している。

式 2 と式 3 の比較から式 2 の第 3 項の値は、パッケージの途中からでもデータを取得できるようにすると、どの程度待ち時間が短縮されるか、を表していると解釈できる。

4 机上評価

s_h が放送データ全体に占める割合を α 、各ファイルが s_h に占める割合を β_i として、$s_h = \alpha \cdot s$, $\forall i, s_i = \beta_i \cdot s_h$ $(\sum_{i=1}^{n} \beta_i = 1)$ と設定する。一例として h としては 1 つの HTML ファイルと 2 つの GIF ファイルから構成されるハイパーテキストを想定し、$n = 3$, $\sum_{i=1}^{n} \beta_i^2 = \left(\frac{1}{10}\right)^2 + \left(\frac{4}{10}\right)^2 + \left(\frac{5}{10}\right)^2 (= 0.42)$ と定める。これをもとに各 E の値の比較を示したものが図 2 である。

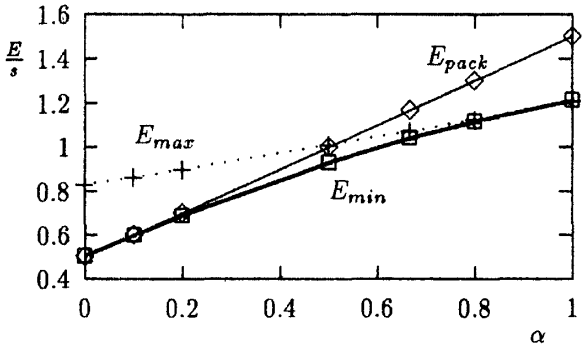

図 2: アクセス時間の期待値の比較

このグラフから 1 周期全体のデータ量 s に比べ取得したいデータ量 s_h が少ない時 (α が小さい時) にはパケットを連続して配置すると、アクセス時間短縮の効果が大きいことが分かる。また $\alpha \leq 0.2$ の時には E_{min} と E_{pack} の値はほぼ同じであるため、取得時の処理の容易さを考慮するとパッケージング方式は有力な方式であると考えられる。

5 まとめ

本稿では放送によってハイパーテキストを伝送する方式を述べ、ハイパーテキストを取得するためのアクセス時間の期待値を最適化するためのパケット配置を示した。さらに机上評価によりパッケージングを行う場合と行わない場合のアクセス時間の比較を行った。

今後は相互に関連する複数のハイパーテキストにアクセスする場合、及び端末側で、ある一定の確率でパケットの取りこぼしが発生する場合について評価を行う予定である。

参考文献

[1] 田辺 雅則 他：“モバイル環境における放送とオンデマンドを組み合わせた情報提供方式”, 情報処理学会 第 3 回モバイルコンピューティング研究会資料, Nov. 1996.