分散処理におけるサーバーへのファイルダウンロード時間間隔の最適化方式

5R−3

野村 訓弘* 田代 勤* 福田 浩至† 石橋 勝典* 小口 晋‡
*(株)日立製作所システム開発研究所
†(株)日立製作所オフィスシステム事業部応用システム本部
‡(株)日立製作所情報システム事業部

1．はじめに

中、小型計算機の性能向上に伴い、ホストコンピュータ（以下ホスト）の負荷分散を目的として、ホストのファイルをコピーしてファイルサーバーにダウンロードし、端末からの問合せは、ファイルサーバーで処理し、ホストへアクセスしない、という方式がある[1]。これに対して本報告では、商品ごとに在庫がどれだけ残っているか、という在庫情報だけをファイルサーバーにダウンロードし、販売の際には在庫情報を参照し、在庫があればホストにアクセスし、在庫がなければ無駄なアクセスはしない、という販売方式を前提とする。

ホストにある在庫情報のダウンロード時間間隔が短いと、最新の在庫情報が得られるが、多大な通信費を要する。逆に、ダウンロード時間間隔が長いと、通信費は削減できるが、古い在庫情報しか得られず、在庫がないのにホストにアクセスをしたり、在庫があるにもかかわらず販売できない、等の機会損失が生じる。本報告では、損失費用が最小となるダウンロード時間間隔の決定方法を述べる。

2．最適ダウンロード時間間隔の推定

ディスクのファイル破壊に対する保全として、バックアップを最適な時間間隔で行う研究が報告されている[2]。これに対して本報告では、在庫を扱う情報システムにおいて、ダウンロードされた在庫情報から販売時点で在庫の有無を予測し、ダウンロードされた在庫情報の精度が時間経過とともに劣化することに着目し、前記予測が正しい確率を推定して、通信費と機会損失費を考慮した損失費用関数を定式化し、費用が最小となるダウンロード時間間隔を求める。

2．1 在庫の販売推移の予測

在庫の販売推移のパターンは、販売開始時は、単位時間当たりの販売数は少なく、時間の経過とともに販売数が増加する、というタイプや、その逆もある。これらのふるまいは、指数分布の確率密度関数（$f(x)=\lambda e^{-\lambda x}$）に類似しているので、ダウンロードされた在庫数の変化からパラメータλを推定し、販売開始から時間x後の在庫数を示す関数f（x）を以下の手順で求める。なお、在庫の初期値をZalとする。

（i）$f(x)=\lambda e^{-\lambda x}$ をf（x）軸に対して対象移動

（ii）x軸に対して対象移動

(iii)（Zal＋λ）だけ上へ（f（x）軸に平行に）移動

従って、$f(x)=-\lambda e^{\lambda x}+Zal+\lambda$ ・・・・・・・・・・・・・・・・・（式1）

2．2 損失費用の定式化

現在時刻xnで在庫がある確率を端末側では、（式2）、（式3）で推定する。

$$p=\frac{-\lambda e^{\lambda xn}+Zal+\lambda}{Zal} \quad (-\lambda e^{\lambda xn}+Zal+\lambda>0\text{の時}) \cdots\cdots\text{（式2）}$$

$$p=0 \quad (-\lambda e^{\lambda xn}+Zal+\lambda\leqq 0\text{の時}) \cdots\cdots\text{（式3）}$$

在庫数をダウンロードされた直後にp＞0であれば、在庫がある確率は極めて高いであろう。つまり最後のダウンロードから時間が経てば経つほどpの精度は劣化する。その劣化を関数M（T）で表現することにする。そのふるまいは、y=logxのグラフ（底はe）と類似しているので、M（T）を以下の手順で求める。

（i）M（T）＝logxをM（T）軸に対して対称移動する。

（ii）ダウンロード間隔のTより十分大きいT_0に対して$M(T_0)=0$となるように右（T軸正の方向）に（T_0+1）だけ移動する。

(iii) M（0）＝1となるように正規化する。

したがって、M（T）は（式4）のようになる。

$$M(T)=\frac{1}{\log(T_0+1)}\times\log(-T+T_0+1) \cdots\cdots\text{（式4）}$$

残席数のダウンロードに要する費用、空席の有無の予想が外れた時の損失（機会損失も含む）を求めるため、費用に関する変数を下記のように表現する。

a_1：在庫ファイルにアクセスするためのホストアクセス費用

a_2：ダウンロード費用中の固定費

An Optimal Down Loading Interval in Distributed Processing
Kunihiro NOMURA, Tsutomu TASHIRO, Kouji FUKUDA, Katsunori ISHIBASHI, Susumu OGUCHI
HITACHI Ltd.

b　：ダウンロード費用中の１バイト当たりの費用（変動費）
c　：販売による利益
N　：ダウンロードするバイト数
h　：時刻別の１時間当たりのホストへのアクセス頻度（定数）

在庫の有無の予想をした時の損失費用を表１に示す。売り切れと予測したにも係らず、実際には在庫があれば、利益ｃの機会損失を被ることになる。逆に、在庫があると予測したにも係らず、実際には在庫がなければホストへのアクセス費a_1の損失が生じる。表１は損失の表であるので予測が正しければ、売り切れ、在庫有りと予測した時、それぞれ、$-a_1$（a_1の利益）、$-c$（ｃの利益）が生じることになる。ここで、Ｔ分毎にＮバイトのダウンロードを行う時の１時間当たりの損失費用関数を（式５）で表現する。

$$g(T)=(a_2+b\times N)\times\frac{60}{T}+\{a_1\times p\times(1-M(T))+c\times(1-p)\times(1-M(T))\}\times h \quad \cdots\cdots（式５）$$

２．３　最適解T^*の解法

$g(T)$を微分すると、$g'(T)$は（式６）のようになる。

$$g'(T)=-\frac{60(a_2+b\times N)}{T^2}-\frac{(a_1\times p+c\times(1-p))\times h}{(T-T_0-1)\times\log(T_0+1)}=\frac{E\times T^2+B\times T-B(T_0+1)}{-T^2(T-T_0-1)} \quad \cdots\cdots（式６）$$

ただし、$B=60(a_2+b\times N)$、$E=(a_1\times p+c\times(1-p))\times h/\log(T_0+1)$である。
ここで、T_0は$M(T_0)=0$となるように十分に大きい数であるので、$0\leqq T\leqq T_0$の範囲では、$-T^2(T-T_0-1)\geqq 0$であるので$g'(T)$の正負は、（式６）の分子だけで議論する。これを、$s(T)$と置き、（式７）に示す。さらにこの２次関数の判別式Ｄを（式８）に示す。

$$s(T)=ET^2+BT-B(T_0+1) \quad \cdots（式７）$$

$$D=B^2+4EB(T_0+1)>0 \quad \cdots（式８）$$

$0\leqq T\leqq T_0$で、$g(T)$を最小にする解T^*が存在するか否かを論じる。（式８）を変形して、（式９）を導出する。

表１　損失費用表

	予測が正しい確率 $M(T)$	はずれる確率 $1-M(T)$
売り切れと予測する確率　$1-p$	$-a_1$	c
在庫があると予測する確率　p	$-c$	a_1

$$s(T)=E\left(T+\frac{B}{2E}\right)^2-\frac{B^2}{4E}-B(T_0+1) \quad \cdots\cdots（式９）$$

$g'(T_0)$が正か負で場合分けをして考える。

（ｉ）$T_0>B/E$（$g'(T_0)>0$）の時
下記理由でT^*は唯一存在する。
（ａ）$s(T)$は下に凸な２次関数である。
（ｂ）$s(T)$の判別式>0である。
（ｃ）$s(T)$の軸、$T=-B/2E$が負である。
（ｄ）$s(0)<0$である。
（ｅ）$s(T_0)>0$である。

$s(T)$（$g'(T)$）の増減表を表２に示す。$T=T^*$で$g(T)$は最小となる。T^*を（式１０）に、$s(T)$のグラフを図１に示す。

表２　増減表

T	0		T^*		T_0
$g'(T)$		−	0	+	
$g(T)$		↘	極小	↗	

$$T^*=\frac{-B+\sqrt{B^2+4EB(T_0+1)}}{2E} \quad \cdots\cdots（式１０）$$

（ｉｉ）$T_0\leqq B/E$（$g'(T_0)\leqq 0$）の時
この時、$s(T)\leqq 0$なので、$g(T)$は単調減少関数となり、$T=T_0$で$g(T)$は最小となる。

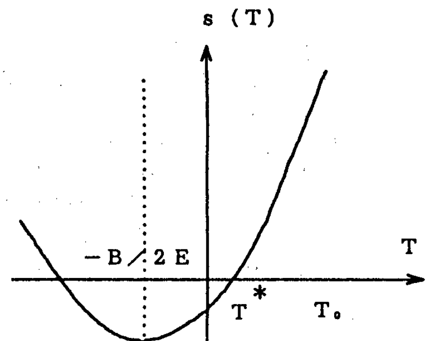

図１　$T_0>B/E$の時の$s(T)$

３．おわりに

ホストコンピュータからファイルをサーバーにダウンロードする際、通信費、販売による利益、機会損失、等を勘案し、費用が最小となるダウンロード時間間隔T^*を求める方式を論じた。モデル化の妥当性の検証・評価は今後の課題である。

参考文献
1）松崎他："ホストなき世界の到来"，日経コンピュータ1991.10.7，pp71-72
2）三道他："ﾌﾛｯﾋﾟｰﾃﾞｨｽｸ・ﾊｰﾄﾞﾃﾞｨｽｸの最適ﾊﾞｯｸｱｯﾌﾟ政策に関する研究"，信学論，vol.J73-D-I，No.3，pp336-341，1990.3