

大容量データ転送に適した高効率ファイル転送システム

安部 剛 川島 正久

NTT 情報流通プラットフォーム研究所

〒180-8585 東京都武蔵野市緑町3-9-11

TEL:0422-59-3525 FAX:0422-59-6108

E-mail:Abe.Tsuyoshi@lab.ntt.co.jp Masahisa.Kawashima@lab.ntt.co.jp

あらまし: 本稿では、FTPやE-mailにはない特長を持ち、大容量のデータ転送に適したファイル転送システムを提案する。本システムは、次の要求条件を満たすことを目的に開発した。1. 送信端末と受信端末は同時に起動してなくてもよい。2. 送信端末はすぐに送信処理を完了でき、受信端末はすぐに受信処理を完了できる。3. 送信端末の送信完了をまたずに、受信端末が受信開始できる。4. 送受信の中断・再開ができる。本システムでは、端末-サーバ間、サーバ-サーバ間の転送は、前段の転送の完了を待たずに開始される。そのため中継サーバの台数が増加しても、転送時間の増加は少なく済むという利点がある。

キーワード: ファイル転送, 大容量データ, 中断, 再開

A High Efficient File Transfer System for Large Data

Tsuyoshi Abe Masahisa Kawashima

NTT Information Sharing Platform Laboratories

9-11 Midori-Cho 3-Chome Musashino-Shi, Tokyo 180-8585 Japan

TEL:+81 422 59 3525 FAX:+81 422 59 6108

E-mail:Abe.Tsuyoshi@lab.ntt.co.jp Masahisa.Kawashima@lab.ntt.co.jp

Abstract: In this paper, we proposed a suitable file transfer system for a mass data transfer. We developed the system to fulfill the following requirements: 1. The transmission can be started even if the receiving side terminal is activating or not. 2. File sending process by the sending side terminal and file receiving process by the receiving side terminal do not take long time. 3. The receiving side terminal can begin to receive without waiting for the transmission completion at the sending side terminal. 4. Sending and receiving can be suspended and be resumed. In this system, there is an advantage that an increase at transfer time can be a little even if the number of the relay server increases.

Keywords: File transfer, Mass data, Suspend, Resume

1 はじめに

従来、印刷用の製版データや放送素材のような大容量のファイルは、MO等に納められてバイク便など物流手段によって配送されることが多かった。それは通信を利用するよりも物流を利用した方が、主にコストと速さの面で優っていたからである。

しかし最近では、通信のコストと速さの問題も改善されてきており、従来、物流手段に頼ってきた大容量ファイル転送に、通信が利用されるケースが増えてきた [1]。

通信によるファイル転送手段としては、FTPやE-mailのファイル添付などが広く利用されているが、大容量のファイルを効率良く転送する手段としては、いくつかの問題点もある。

本稿では、FTPやE-mailにはない特長を持ち、大容量のデータ転送に適したファイル転送システムを提案する。

2 従来のファイル転送方式

現在、FTPサーバやWWWサーバを介したファイルの送受信や、E-mailのファイル添付などのファイル転送手段が広く利用されている。本節では、これら従来のファイル転送方式を3つに分類し、それぞれの特長と問題点を整理する。次ページの表1に、これら3方式の特長と問題点をまとめる。

2.1 サーバ-クライアント方式

FTPやWWWのように、1台のサーバを介してファイルの送受信を行う方式を、本稿では「サーバ-クライアント方式」と分類する。この方式では、送信者がサーバにファイルをアップロードし、受信者はサーバから同ファイルをダウンロードする。この方式には、送受信端末が同時に起動していなくても良いという特長がある半面、送信端末、受信端末がサーバからネットワーク的に遠いとアップロード、ダウンロードからなかなか解放されないという問題点がある。

2.2 サーバリレー方式

E-mailのように、ファイルが複数のサーバを経由して送信者から受信者まで届けられる方式を、「サーバリレー方式」と分類する。この方式では送受信者は最寄のサーバと通信するためアップロード、ダウンロードは比較的早く完了する。しかし送信端末と受信端末がネットワーク的に離れている場合、ファイルはいくつものサーバを経由して転送されるため、送信端末がファイルを送信開始してから受信端末がファイルを受信開始可能になるまでに、時間がかかるという問題がある。

2.3 直接転送方式

WindowsやMacOS等のファイル共有機能等を用いると、サーバを介さずに送信端末から受信端末に直接ファイルを転送することもできる。この方式を「直接転送方式」と分類する。この方式は、サーバを介する前記2方式とは異なり、送信から受信までのタイムラグが生ずることはないが、送信端末と受信端末は同時に起動していなくてはならない。また送受信端末が遠く離れている場合、通信からなかなか開放されない。

3 解決すべき課題

2節で述べたように、従来のファイル転送方式にはいずれも一長一短がある。本稿では、従来の3方式が持つそれぞれの問題点を同時に解決する新しいファイル転送方式を提案する。本方式で解決すべき課題は以下のとおりである。

課題1 送信端末と受信端末が同時に起動していなくてもよいようにする。

課題2 送信端末はすぐに送信処理を完了でき、受信端末はすぐに受信処理を完了できるようにする。

課題3 送信端末の送信完了を待たずに、受信端末が受信開始できるようにする。

課題4 送信端末、受信端末が送受信の中断・再開をできるようにする。

表 1: 従来のファイル転送方式

方式(例)	特長	問題点
サーバ-クライアント方式 (FTP, WWW 等)	送受信端末が同時に起動していても良い。	アップロード処理, ダウンロード処理からなかなか解放されない。
サーバリレー方式 (E-mail 等)	アップロード, ダウンロード処理は早く完了する。	いくつものサーバを経由して転送されるため受信端末のもとに届くまでに時間がかかる。
直接転送方式 (共有フォルダ等)	送信から受信までのタイムラグがない。	送信端末と受信端末が同時に起動していません。

課題 1~3 は従来方式が持つ問題点であり, 課題 4 は大容量のファイル転送を確実にを行うために挙げた課題である。

4 提案するファイル転送方式

本節では, 3 節で挙げた 4 つの課題を解決するために, 本稿で提案するファイル転送システムが用いる方式について述べる。

4.1 課題 1 の解決

送信端末と受信端末が同時に起動していてもよいようにするために, 送信端末から受信端末に直接ファイルを転送するのではなく, サーバ-クライアント方式, サーバリレー方式同様, サーバを介する方式とする。

4.2 課題 2 の解決

送信端末はすぐに送信処理を完了でき, 受信端末はすぐに受信処理を完了できるようにするために, サーバリレー方式同様, ファイルが複数のサーバを経由して転送される方式とする。この方式であれば, 送受信端末がネットワーク的に離れた端末とファイルの送受を行う際にも, 直接的には最寄りサーバとの通信で済むので, アップロード/ダウンロード処理は速く完了する。送信端末最寄りサーバと受信端末最寄りサーバは同一の場合もあり得る。

4.3 課題 3 の解決

課題 1, 課題 2 を解決するため, サーバリレー方式のようにファイルが複数のサーバを経由す

る方式を採用するが, 同時に課題 3, すなわち送信端末の送信完了をまたずに, 受信端末が受信開始できるようにするための工夫が必要である。

本システムでは, 次の仕組みによって課題 3 を解決する。

- a. 転送されるファイルのファイルサイズを予めファイルが経由する各サーバに通知する。
- b. 各サーバは, 送信端末または前段のサーバからファイルを受信しディスクに蓄積する処理と, ディスクに蓄積されたデータを後段のサーバまたは受信端末に送信する処理を独立に行う。
- c. 受信端末または各サーバは, 自らが蓄積済のデータ量を前段のサーバに通知し, その続きのデータを受信することができる。逆に, 後段のサーバまたは受信端末に要求されたバイト数以降のデータを送信することができる。
- d. 前段のサーバが蓄積済のデータを, 後段のサーバまたは受信端末が全て受信し終えても, a によって予め通知されたファイルサイズに達していない場合は, 前段のサーバに新たなデータが到着するのを待って後段のサーバまたは受信端末は c の動作を繰り返す。

4.4 課題 4 の解決

4.3 c の仕組みによって, 受信端末が受信の中断・再開を行なうことは可能となる。さらに送信端末が送信の中断・再開をできるようにするために, 4.3 で述べた仕組みに以下を追加する。

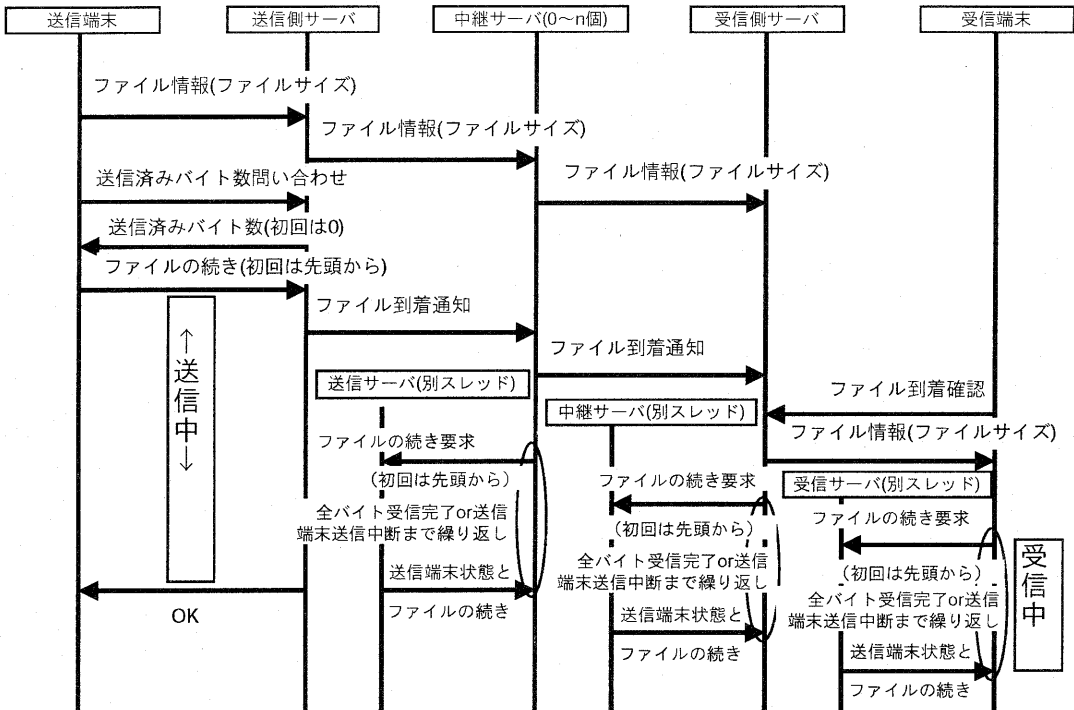


図 1: 動作の流れ

- a. 送信端末と送信側最寄りサーバ間の通信が途切れると、ファイルが経由する各サーバにその事が通知され、4.3 dで述べた動作は中断される。
- b. 送信端末は、最寄りサーバに送信済みのデータ量を問い合わせ、その続きから送信することができる。
- c. 送信端末が送信を再開すると各サーバにその旨が伝わり、4.3 dで述べた動作が再開される。

- 送信端末は、送信済のファイルサイズを最寄りサーバに問い合わせ、前回の続きからデータを送信し始める。初回は 0 バイト目から送信する。
- 送信端末がデータを送信し始めると、各サーバは送信完了を待たずに前段のサーバに到着済みデータを要求する。
- 受信端末も同様に、送信端末の送信完了を待たずに最寄りサーバからデータを受信し始めることができる。

4.5 動作の流れ

4.1 から 4.4 までに述べた方式による、システムの具体的な動作の流れを図 1 に示す。

- 送信端末はまず、ファイルサイズを含むファイル情報を最寄りサーバに通知する。ファイル情報はサーバ間を転送され、受信者最寄りサーバに到達する。

5 提案するファイル転送方式の効果

4 節で述べたファイル転送方式を用いることにより、次のような効果が生ずる。

- サーバを介してファイルの送受信を行なうにもかかわらず、送信端末の送信完了を待たずに受信端末が受信開始できる。

- 中継サーバの数が増えても、送信を開始してから受信開始可能となるまでの時間は増加しない。

本節では、上記の効果を確認するために、まず従来方式と提案方式のファイル転送時間の理論値を導き出して比較する。その後、実験により上記理論値の妥当性を示し、本方式の有効性を確認する。

5.1 ファイル転送時間の理論式

5.1.1 2 計算機間のファイル転送時間

端末-サーバ間、サーバ-サーバ間のファイル転送に要する時間を、次の条件のもとで導き出す。

- 端末-サーバ間、サーバ-サーバ間の通信回線には、このファイル転送以外のトラヒックは存在しない。
- 通信速度に対して CPU の処理速度、ディスクの読み書き速度が十分に速い。
- 端末、サーバ内の、このファイル転送以外のプロセスの負荷は無視できるほど小さい。
- RTT(ラウンドトリップ時間)は無視できるほど小さい。

上記の条件のもとでは、ファイル転送に要する時間は、ほぼ回線速度から計算することができる。例えば、回線速度が V [Mbps] であるイーサネット上に、 L [MByte] のファイルを TCP で転送するのに要する時間 T_{single} [秒] は次式で計算できる。

$$T_{single} = \frac{8(L \frac{1518}{1460})}{V} [\text{秒}] \quad (1)$$

TCP の MSS(最大セグメントサイズ)を 1460 バイトと仮定し、イーサネットヘッダ、IPヘッダ、TCPヘッダ、イーサネットトレーラの大きさを考慮した。

5.1.2 サーバクライアント方式でのファイル転送時間

サーバクライアント方式では、送信端末がサーバに T_{single} 秒かけてアップロードした後、受信

端末がサーバから T_{single} 秒でダウンロードする。そのため送信開始から受信完了までの時間は、最短でも次式となる。

$$2T_{single} [\text{秒}] \quad (2)$$

5.1.3 サーバリレー方式でのファイル転送時間

n 台のサーバを経由するサーバリレー方式では、送信端末から送信端末最寄りサーバへのアップロードに T_{single} 秒、送信端末最寄りサーバから受信端末最寄りサーバまでの転送に $(n-1)T_{single}$ 秒、受信端末最寄りサーバから受信端末へのダウンロードに T_{single} 秒要するため、送信開始から受信完了までの時間は、最短でも次式となる。

$$(n+1)T_{single} [\text{秒}] \quad (3)$$

サーバの台数 n が 1 の場合は、サーバクライアント方式の式 2 と一致する。

5.1.4 提案方式でのファイル転送時間

提案方式では、各々のサーバは、送信端末または前段のサーバからファイルを受信しディスクに蓄積する処理と、ディスクに蓄積されたデータを後段のサーバまたは受信端末に送信する処理を同時に行う。回線速度が V [Mbps] のイーサネット上で全 2 重通信する場合は、上り方向と下り方向で同時に V [Mbps] の通信を行なうことが可能である。上り下りで同時に TCP の通信を行なう際には、各々逆方向の TCP 通信の ACK(データセグメント 1 つにつき 58 バイト)の影響を考慮する必要がある。以上より提案方式でのファイル転送時間は、中継サーバの数にかかわらず次式となる。

$$T_{dual} = \frac{8(L \frac{1518+58}{1460})}{V} [\text{秒}] \quad (4)$$

5.2 ファイル転送時間の実測値

本節では、従来方式及び提案方式でのファイル転送時間の実測値を示し、前節の理論式の妥当性を確認する。

5.2.1 実験条件

実験条件を表2に示す。

表2: 実験条件

送信端末1台	CPU	Pentium III(R) 800MHz
受信端末1台	メモリ	960MByte
中継サーバ1~3台	OS	Linux 2.2
ネットワーク	100BaseTX	
ファイルサイズ	100MByte	

5.2.2 実験方法

本システムでは送受信端末が同時に起動していなくて良いことも特長の一つである。そのため、受信端末最寄りサーバが受信開始可能となった後、受信端末は任意のタイミングで受信開始できる。しかし本実験では、受信端末最寄りサーバが受信開始可能な状態になると直ちに受信端末が受信開始する設定とした。中継サーバの数は、1台から3台まで変化させ、各々の場合について送信開始から受信完了までの時間を測定した。従来方式としてはFTPを選び、端末-サーバ間のファイル転送に要する時間 T_{ftp} を測定した。E-mail等サーバリレー方式での転送時間は実測しなかったが、中継サーバ数が n の場合の実測値は、式3より、 $(n+1)T_{ftp}$ [秒]と仮定した。

5.2.3 結果と考察

従来方式及び提案方式でのファイル転送時間の理論値と実測値を図2に示す。

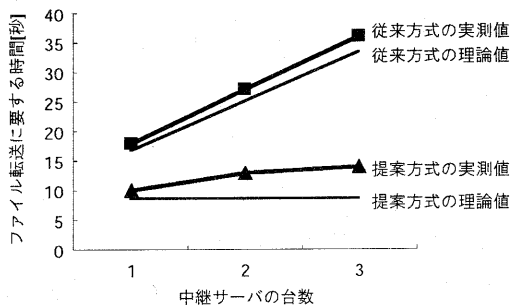


図2: 送信開始から受信完了までの時間

表2の条件を式1にあてはめると、2 計算機間のファイル転送時間の理論値は $T_{single} = 8.32$ 秒と計算できる。これに対してFTPの実測値は、 $T_{ftp} = 9$ 秒であり、 T_{single} とほぼ一致した。

一方、表2の条件を式4にあてはめると、 $T_{dual} = 8.64$ 秒と計算できる。これに対して提案方式での実測値は、10~14 秒であった。提案方式の実測値が T_{dual} に対してやや大きいのは、図1に示すように、端末-サーバ間、サーバ-サーバ間のシーケンスには、実データの通信以外にもファイル情報や送信済みバイト数を通知するトラヒックを含むためと考えられる。

図2より、理論値と実測値はおおむね一致し、中継サーバが1台の時、提案方式によるファイル転送時間は、従来方式(サーバ-クライアント方式)の約半分であることがわかる。さらに従来方式(サーバリレー方式)では、中継サーバの数が増加すると転送時間も比例的に増加するが、提案方式では中継サーバ数が増加しても、転送時間はほとんど変化しないことがわかる。

以上より、本稿で提案する新しいファイル転送方式の効果を確認できた。

6 まとめ

本稿では、従来のファイル転送システムの欠点を補い、大容量のファイルを効率良く転送するための仕組みを備えた、新しいファイル転送システムを提案した。またシステムの有用性を実験により確認した。

参考文献

- [1] 坂口:“全国の店舗間を高速回線で接続 印刷サービスの向上に生かす”, 日経コンピュータ, 2001年10月15日
- [2] 安部, 川島, 久保田: “網内リソースのスケジュール管理機能を備えた高効率ファイル転送システム”, 信学総合大会, 1999
- [3] 安部, 川島: “大容量データ転送に適した高効率ファイル転送システム”, 信学ソサイエティ大会, 2000