

# OSI・FTAMに適用する ファイルサーバの実装

池田 実

NTT情報通信処理研究所

OSI・FTAMに関する異機種計算機の相互接続実験の成功やFTAM実装規約の完成により、FTAMは実際のサービスへの適用を検討する段階に達した。本稿では、FTAMに基づくファイル転送サービスパッケージFTSPを実際のサービスに適用するに際し、利用者へのサービス性を向上させるため実現したファイルサーバについて述べる。実現したファイルサーバは次の特長を持つ。①ファイルサービス利用者間のファイル転送を効率よくかつ連続して行うことができる。②異機種計算機で構成するネットワークにおいて、ファイルサービス利用者のサービス業務の実現を容易にする。③数万種類におよぶ多数のファイルを扱う大規模サービスへの適用を可能とする。

## AN IMPLEMENT OF FILE SERVER APPLYING TO OSI-FTAM

Minoru Ikeda

NTT Communications and Information Processing Laboratories

1-2356 Take, Yokosuka-Shi, Kanagawa 238-03, Japan

Due to successful result of interoperability experiments among heterogenous computers and completion of the Implementation Specification of OSI-FTAM, study for implementing FTAM has reached the stage to consider applying to real service systems. Concerning to this, we have developed a file-server which is part of the File Transfer Service Package (FTSP). Here, basic study and implementing method of the file-server are shown. The developed file-server makes next possible.

- (1) File transfers between client and the file-server in series efficiently.
- (2) Realizing user services on heterogenous computer networks easily.
- (3) Applying to large service systems which handle many kinds of file reaching into ten thousands.

## 1. まえがき

近年のOSI (Open Systems Interconnection) による異機種計算機の相互接続実験の成果により、異機種計算機ネットワークが具体的に実現可能なものとなってきた<sup>[3] [4]</sup>。この中で、OSI 応用層に位置するFTAM (File Transfer Access and Management: ファイル転送アクセス管理)<sup>[1]</sup>についても、相次ぐ相互接続実験において異機種計算機間のファイル転送が実演された。またわが国では現実的なFTAM実装が行えるように標準をサブセット化した実装規約<sup>[2]</sup>が完成した。これらによりFTAMを実用化していくための下地は十分整った。このように、FTAMはプロトコルレベルの相互接続実験の段階を終えて、実際のサービスへの適用を検討する段階に達した。

NTTにおいては、FTAMに基づいたファイル転送を実現するファイル転送サービスパッケージFTSP (File Transfer Service Package)の開発を弊社の汎用計算機DIPS上で行ってきた<sup>[5]</sup>。今回、FTSPを実際のサービスへ適用するため、ファイルサービス利用者へのサービス性を向上させることを目標としたファイルサーバ機能を、FTSPのFTAMプロトコル処理機能の上に実現した。実現したファイルサーバは次の特長を持つ。(1)ファイルサービス利用者間のファイル転送を効率よく連続して行うことができる。(2)異機種計算機ネットワークにおいて、ファイルサービス利用者のサービス業務の実現を容易にする。(3)数万種類におよぶ多数のファイルを扱う大規模サービスへの適用を可能とする。本稿では上記ファイルサーバの実現に関して報告する。

## 2. ファイルサーバの位置づけ

まず、実現するファイルサーバに対応するFTAMの基本概念である、仮想ファイルストアについて説明する。次に、FTAMに基づくファイル転送をモデル化したファイル転送モデルを定義し、この上でファイルサーバの位置づけを示す。

### 2. 1 仮想ファイルストア

一般に、異機種計算機の持つ実ファイルシステムは互いに仕様が異なる。FTAMでは異機種計

算機間のファイル転送を可能とするために、実ファイルシステムを仮想化した仮想ファイルストアとよぶ概念を定義する<sup>[1]</sup>。この概念では、各実ファイルシステムをFTAMにおいて仕様が定義される仮想ファイルストアにマッピングする。異機種計算機の実ファイルシステムとのファイル転送を仮想ファイルストアを経由して行うことにより、仮想ファイルストアに対する統一したアクセス方法によるファイル転送が可能となる。

ファイルサーバにおいて実現しなければならない機能の一つに、仮想ファイルストアを実ファイルシステムにマッピングする機能（以降、単にマッピング機能とよぶ）がある。

### 2. 2 ファイル転送モデル

ファイルサーバの位置づけを明確にするため、FTAMに基づくファイル転送をモデル化したファイル転送モデルを定義する。図1にファイル転送モデルを示す。モデルは、次の2つの観点に基づいて構成する。

- ①ファイル転送要求を発する起動側と、起動側からの転送要求に応じて動作する応答側が存在する。
  - ②FTAMに基づく標準的な仕様が規定されるOSI環境と、実システムにおいて自由に仕様が定義できる実システム環境が存在する。
- ここでOSI環境の中に示す仮想ファイルは、仮想ファイルストアで保持する仮想的なファイルを意味し、実ファイルシステムに存在する実ファイルにマッピングされる。また、OSI環境と実システム環境の接点に存在するインタフェースは、FTAMで定義されるサービスプリミティブとなる。次に、ファイル転送モデルの構成要素について説明する。

FPM (ファイルプロトコル機械): FTAMプロトコルに基づき、アソシエーションの設定解放、仮想ファイルのオープン・クローズ、仮想ファイルデータの転送を行う。

下位サービス提供者: FTAMプロトコルの動作に必要な下位サービス (ACSEサービス、プレゼンテーション層サービス) を提供する。

**クライアント**：起動側FPMが提供するFTAMサービスプリミティブを使用し、ファイルサービス利用者にサービスプリミティブや仮想ファイルストアなどFTAM固有の概念を隠すインターフェースを提供する。これを実現するため内部にマッピング機能を持つ。

**ファイルサーバ**：応答側FPMからFTAMサービスプリミティブ（指示プリミティブ）として受け渡される起動側からの要求を、実ファイルシステムに対する動作にマッピングする機能を持つ。更に、ファイルサービス利用者がサービス業務を円滑に実現するための機能も持つ。

**起動側ファイルサービス利用者**：起動側に位置するファイル転送サービスの最終的な利用者である。この利用者はファイル転送サービスを利用して固有のサービス業務を行う。このため、FTAMのアクセス手順や仮想ファイルストアの仕様は意識しない（通信路の設定、送信元ファイル名/受信先ファイル名の指定、通信路の解放を意識するのみである）。

**応答側ファイルサービス利用者**：応答側に位置するファイル転送サービスの最終的な利用者である。この利用者は起動側のファイルサービス利用者と連携してサービス業務を行う。ファイルサーバに対しては、送信する実ファイルを登録したり、受信した実ファイルを読み込んだりする。この時、FTAMのアクセス手順や仮想ファイルストアの仕様は意識しない。

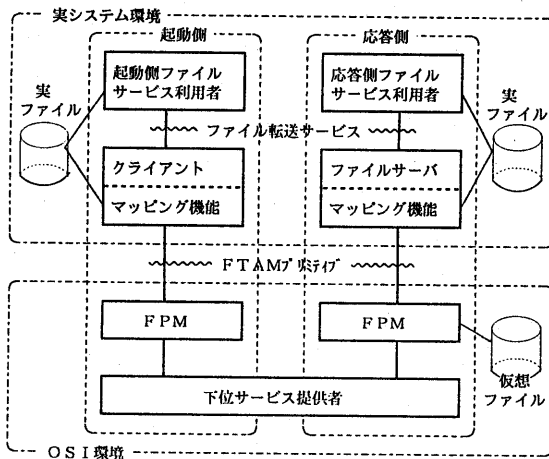


図1 ファイル転送モデル

FTSPの開発は、ファイル転送モデルに基づき進めている。OSI環境を実現する部分はFTAMプロトコル処理機能としてFTSPでは実装を完了している。以降では実システム環境の応答側に位置するファイルサーバの実現について述べる。また、仮想ファイルと実ファイルを特に区別する必要のない時は、単にファイルとよぶ。

### 3. 基本検討

ここでは、ファイルサーバに関する基本検討において考慮した要求条件と、これを踏まえた実現方針を示す。

#### 3.1 要求条件

FTSPを適用するサービス業務では、応答側ファイルサービス利用者において次々発生するファイル情報を異機種計算機上の起動側ファイルサービス利用者に効率よく転送するサービスを行う。また、サービス業務の中には、業務で使用するファイルの種類が極めて多いものも存在する。これらFTSPを適用するサービス業務の特徴を考慮し、ファイルサーバに対する要求条件として次を抽出した。

- (要求条件1) 複数のファイル転送を効率よく連続して行うための機構を実現する必要がある。例えば、クライアントが次のファイル転送を開始する時、ファイルサーバは既に受付可能な状態（受信先ファイルや送信元ファイルが用意されている状態）にあるように制御し、円滑なファイル転送が行えるようにする必要がある。
- (要求条件2) 異機種計算機で構成するネットワークに適用する場合、ファイルサービス利用者のサービス業務の実現に必要なFTAMサービス範囲において、他社FTAM製品との間で容易に相互接続が行えることが必要である。
- (要求条件3) サービス業務において、数万種類ものファイルを扱う大規模サービスへも問題なく適用できる必要がある。

次に、これらの要求条件に応えるため行った、ファイルサーバ実現方針の基本検討について述べる。

### 3. 2 実現方針

#### 3. 2. 1 ファイルサーバの構成方針

まず要求条件1に関する検討を行う。FTAMに基づくファイル転送を利用して、ファイルを連続転送する方法として次の2つを考えた。

①ファイル送信側、受信側において、各ファイル転送を毎回同期をとりながら行う方法。この方法では次のように各回のファイル転送を行う。まず、受信側の既存ファイルに、送信側から転送するファイルデータを上書きする。次に、受信側がファイルデータを読み込んだ後、送信側、受信側が同期して次のファイル転送を開始する。同期をとるための機構はFTAMでは用意されていないため、クライアント、ファイルサーバにおいて実現する必要がある。

②ファイル転送を開始するタイミングに合わせて、送信側からのファイルデータを格納するファイルを受信側に毎回生成する方法。この方法では①のように送信側、受信側でファイル転送の度に同期をとる必要はないが、実装規約において実装は任意とされる限定ファイル管理機能単位（ファイルの生成、削除を行うサービス）を使用する必要がある。

次に、①、②の実現方法と、要求条件2、3との適合性について考察する。

要求条件2を満たすファイルサーバを構成するには使用するFTAMサービスの範囲として、実装規約において“必須”、“サポート”のFTAM機能単位のみを用いればよい。これによりサービス業務の実現に必要なFTAMサービスの範囲において、実装規約に準拠する他のFTAM実装製品とのFTAMプロトコルの相互接続は容易に実現できる。要求条件2を満たすには実装規約において“必須”、“サポート”のFTAMサービス範囲に閉じてファイルサーバを実現できる①の実現方法が望ましい。

要求条件3のように、転送するファイルの種類が極端に多い場合、①の方法では多数の既存ファイルを常に用意しておかなければならないため、サービス業務を実現することは現実的に困難である。これより要求条件3を満たすには、限定ファイル

管理機能単位を使用する②の方法でファイルサーバを実現する必要がある。

以上の考察より、要求条件2に適する①の方法のファイルサーバ1と、要求条件3に適する②の方法のファイルサーバ2の2種類を実現することにした。ファイルサーバと要求条件の関係およびファイルサーバの特徴を表1にまとめる。

ファイルの連続転送方法に関して、ファイルサーバ2では限定ファイル管理機能単位を使用して新たなファイルを生成し、この上にファイル転送することにより行う。しかし、ファイルサーバ1ではファイル転送の同期をとるための機構が必要である。3. 2. 2ではファイルサーバ1におけるファイル転送の同期の実現方法について述べる。

表1 実現するファイルサーバ

|      |              | ファイルサーバ1                               | ファイルサーバ2   |
|------|--------------|--|--|
| 要求条件 | 要求条件1        | 満足する                                   | 満足する   |
|      | 要求条件2        | 満足する                                   | 満足しない  |
|      | 要求条件3        | 満足しない                                  | 満足する   |
| 特徴   | ファイル連続転送方法   | ①の方法                                   | ②の方法   |
|      | 使用するFTAM機能単位 | カーネル(必須)<br>グループ化(必須)<br>リード/ライト(オプ-ト) | カーネル(必須)<br>グループ化(必須)<br>リード/ライト(オプ-ト)<br>限定ファイル管理(オプ-ション) |
|      | 適用サービスの規模    | 扱うファイルの種類が数千以下の小規模サービス                 | 扱うファイルの種類が数万を超える大規模サービス                                    |

#### 3. 2. 2 同期機構の実現方法

ファイルサーバ1ではファイル転送を開始するタイミングを送信側と受信側で同期をとることにより決定する。同期の実現方法として、クライアントがファイルサーバで保持するファイルのディレクトリ情報（ファイルの転送状況などの情報を持つ）を参照し、次のファイル転送が行えるか否かを判断する方法を考えた。これにはディレクトリ情報を転送する機能が必要になるが、現在のFTAMには、ディレクトリ情報を受け渡すための機能は用意されていない。このため、ディレクトリ情報を転送する手段をファイルサーバにおいて実現する必要がある。

ディレクトリ情報を転送する手段の実現方法として、(a)ディレクトリ情報をファイルに格納し、

FTAMのファイル転送機能を用いて転送する方法と、(b) FTAM以外の通信手段を用いて転送する方法が考えられる。更に、(a)の実現方法において、ディレクトリ情報を格納するファイルが特別な意味を持つディレクトリ情報ファイルであることを識別する方法として次の2つを考えた。

(a-1) FTAM仮想ファイル属性のドキュメント型を用いて識別する方法（ディレクトリ情報ファイルのドキュメント型として、ファイルディレクトリファイルとして定義されるドキュメント型であるNBS-9を用いる）。

(a-2) 仮想ファイル名を用いて識別する方法（ディレクトリ情報ファイルの仮想ファイル名として、ディレクトリ情報を保持するファイルであることを表す特定の仮想ファイル名を用いる）。

これら3つの方法の比較を表2に示す。

表2 ディレクトリ情報の転送方法

| 引き渡し方法<br>評価       | (a) FTAMを利用する方法                                      |                                       | (b) FTAM以外の                           |
|--------------------|--|---------------------------------------|---------------------------------------|
|                    | ドキュメント型利用 (a-1)                                      | 仮想ファイル名利用 (a-2)                       | 通信手段を利用する方法                           |
| 使用するメモリ量           | ディレクトリ情報の転送にファイル転送と同じFTAMを用いるため、(b)に比べ少ない使用メモリで実現できる |                                       | FTAM以外の通信手段が必要な分、(a)に比べて余計にメモリが必要である  |
| システム設計や保守管理のコスト    | FTAMの登録のみを検討すればよいので、システム設計や保守管理が容易であり、コストも小さい        |                                       | FTAM以外の通信手順の登録を検討する必要があり(a)に比べコストが大きい |
| 仮想ファイル名の付与方法に関する制限 | 仮想ファイル名の使用方法に関する制限はない                                | 特定の仮想ファイル名をディレクトリ情報ファイルとして使用するため制限がある | -                                     |
| ディレクトリ情報の内容に関する自由度 | NBS-9の規定に制限されるため自由度は低い                               | ディレクトリ情報の内容はサービス業務に合わせて自由に定義できる       | -                                     |

ファイルサーバ1では仮想ファイル名の付与方法について制限は受けるが、少ない使用メモリ量でかつディレクトリ情報の内容をファイルサービス利用者のサービス業務に合わせて自由に定義できる(a-2)の方法を採用することにした。

ファイルサーバ1では(a-2)の方法を用いてファイル転送の同期をとる機能を転送ファイル管理機能とよぶ。転送ファイル管理機能を用いたファイル転送の例（応答側から起動側に転送する場合）を図2に示す。

まず、ファイルサーバ1で保持するファイルとして、転送ファイルのディレクトリ情報を保持するディレクトリ情報ファイル（FILE0）、クライアントとサーバ間のファイル転送に用いる転送ファイル（FILE1、FILE2、…FILEn）を用意する。ディレクトリ情報ファイルで保持する各転送ファイルの転送状況には、2つの状態が定義される。

”済”：転送ファイルの送信が完了した

”未”：転送ファイルの内容を更新した

次に、応答側、起動側のファイルサービス利用者の動作について説明する。

<応答側動作>：応答側ファイルサービス利用者はディレクトリ情報ファイルで保持する各転送ファイルの転送状況をサーチし、転送状況が”済”の転送ファイルを1つ選び、これに送信するファイル内容を登録する①。次に、対応するディレクトリ情報ファイルの転送状況を”未”とし②、起動側からの読み込みを待つ。

<起動側の動作>：起動側ファイルサービス利用者は、まずディレクトリ情報ファイルを読み込み

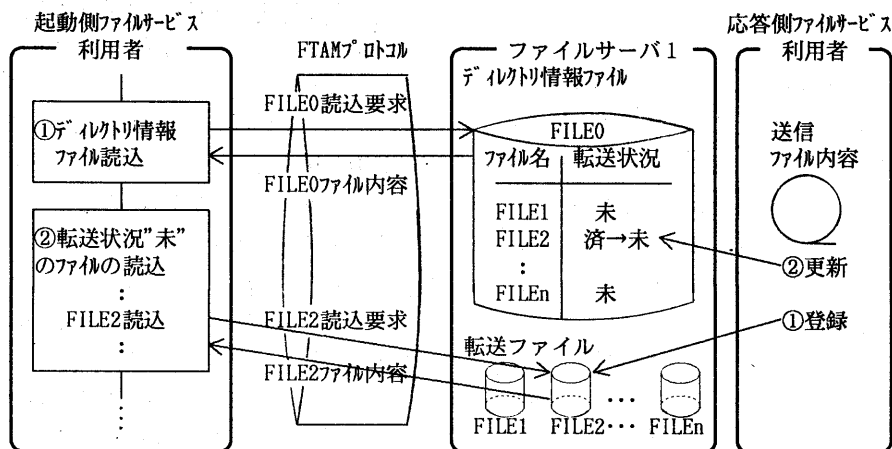


図2 転送ファイル管理機能によるファイル転送

各転送ファイルの転送状況を調べる(①)。次に、転送状況が未の転送ファイルに対して読み込みを行う(②)。

ファイルサーバ1は起動側からこの転送ファイルの読み込みが完了すれば、対応するディレクトリ情報ファイルの転送状況を"済"にする。

#### 4. 実現方法

3. で示した実現方針に基づいた、ファイルサーバの構成を示す。

##### 4.1 概要

まずファイルサーバ構成の概要を示す。3. で述べた2種類のファイルサーバは、FTSPの応答側FTAMプロトコル処理機能の上に搭載される。図3にファイルサーバの概要を示す。

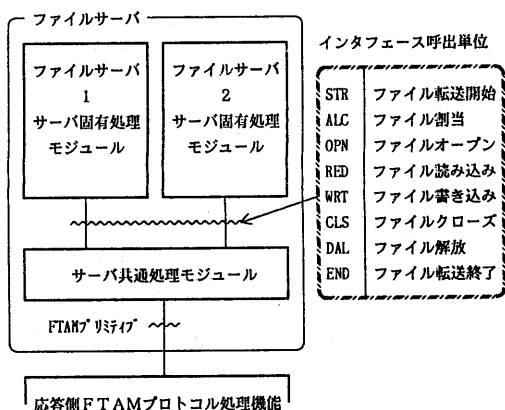


図3 ファイルサーバ構成方法の概要

ファイルサーバと応答側FTAMプロトコル処理機能の間のインタフェースは、FTAMサービスプリミティブとなる。ファイルサーバにはFTAMで規定されるシーケンスに従ってサービスプリミティブを発行する機能が必要であるが、この機能は2種類のファイルサーバで共通に必要なである。ファイルサーバではこの機能を共通化し、図3に示すように2種類のファイルサーバにおいて共通に使用する位置づけとする(サーバ共通処理モジュール)。このモジュールはマッピング機能や3. で述べたファイル転送管理機能など固有の処理をするモジュール(サーバ固有処理モジュール)

を、図3に示す単位で呼び出すインタフェースを提供する。このインタフェースの呼出単位は、実ファイルシステムのアクセス方法に容易にマッピングできるように、実ファイルシステムのアクセス単位と同等とした。これにより、FTAMのシーケンスを意識することなくサーバ固有処理モジュールを構成できる利点がある。

##### 4.2 ファイルサーバ1の構成

ファイルサーバ1のサーバ固有処理モジュールの構成について述べる。図4にファイルサーバ1の構成を示す。

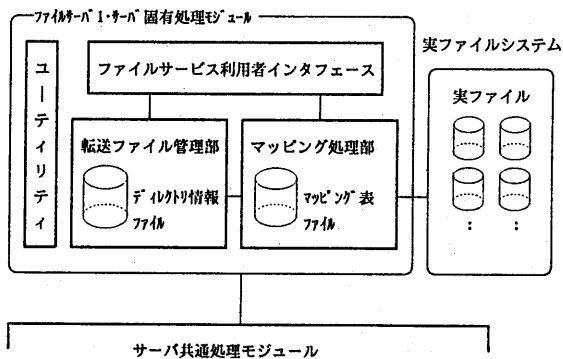


図4 ファイルサーバ1の構成

ファイルサーバ1のサーバ固有処理モジュールはマッピング処理部、転送ファイル管理部、ファイルサービス利用者インタフェース、ユーティリティで構成する。次に各構成要素の説明をする。

**マッピング処理部**：仮想ファイルストアと実ファイルシステムとの対応関係を表すマッピング情報を、内部のマッピング表ファイルに保持する。マッピング処理部はこの情報に基づいてマッピング機能を実現する。このため、ファイルサービス利用者はファイル転送を行う前にマッピング表ファイルを作成する必要がある。

**転送ファイル管理部**：3. 2で述べた転送ファイル管理機能を実現する。起動側からの読み込み要求に応じて、ディレクトリ情報ファイルを送信したり、ディレクトリ情報ファイルで保持する転送ファイルの転送状況の更新を行う。

ファイルサービス利用者インタフェース：マッピング表ファイルやディレクトリ情報ファイルで保持する情報を応答側ファイルサービス利用者が参照、更新するためのインタフェースを提供する。応答側ファイルサービス利用者はこのインタフェースを通してファイルの送受信状態を知ることにより、送信するファイルの登録契機や受信したファイルの読み込み契機を得ることができる。このインタフェースが提供する主な機能を表3に示す。

表3 ファイルサービス利用者インタフェース

| 機能の名称 | 機能の説明                                |
|-------|--------------------------------------|
| DEF   | ディレクトリ情報ファイル上の転送ファイルを定義したり、未定義としたりする |
| INT   | ディレクトリ情報ファイル上の転送ファイルのすべての状態を初期化する    |
| STR   | 転送ファイルへのファイル内容の登録開始を宣言する             |
| END   | 転送ファイルへのファイル内容の登録終了を宣言する             |
| DPY   | ディレクトリ情報ファイルやマッピング表ファイルの内容を表示する      |

ユーティリティ：ファイルサーバ1の利便性を高めるため、マッピング表ファイルと、ディレクトリ情報ファイルを作成するための手段を提供する。

#### 4.3 ファイルサーバ2の構成

ファイルサーバ2のサーバ固有処理モジュールの構成について述べる。ファイルサーバ2の適用領域は、3.で述べたようにファイルサーバ1の適用が困難な多種類のファイルを扱うサービスである。ファイルサーバ2ではファイル転送に伴いファイルの生成、削除が動的に行われるため、マッピング表ファイルで固定的にマッピング情報を保持しない。この代わりに、ファイルサービス利用者においてサービス業務に適したマッピングが行えるように構成する。図5にファイルサーバ2の構成を示す。

ファイルサーバ2のサーバ固有処理モジュールはマッピング処理部、ファイルサービス利用者インタフェースで構成する。次に各構成要素の説明

をする。

マッピング処理部：応答側ファイルサービス利用者から渡される実ファイル情報に従い、実ファイルシステム上の実ファイルを生成/確保、削除/解放、書き込み、読み込みする。

ファイルサービス利用者インタフェース：起動側から要求される仮想ファイル情報を応答側ファイルサービス利用者へ通知するインタフェース、および応答側ファイルサービス利用者が行ったマッピングにより得た実ファイル情報をファイルサーバ2に通知するインタフェースが存在する。

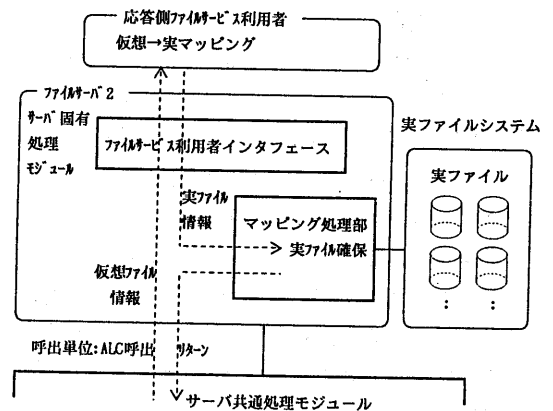


図5 ファイルサーバ2の構成

## 5. 実システムへの導入と結論

実際のシステムに2種類のファイルサーバを適用した。ここでは、具体的な適用例を通して3.1で述べた要求条件の充足性に関する評価と、ファイルサーバの実現に関して得られた結論について述べる。

### 5.1 実システムへの適用例

まず、ファイルサーバ1は国内、国外メーカー数社の異機種計算機で構成されるシステムに適用した。システム立ち上げ時の接続試験では、他社計算機上のクライアントとの間でそれぞれ数回の接続試験を実施するのみで、容易に相互接続とサービス業務の運用を確認することができた。これより異機種計算機ネットワークにおける容易なサービス業務の実現に関する要求条件2は十分満足できた。また、ファイルサーバ1で採用した転送フ

ファイル管理機能により、起動側ファイルサービス利用者はファイル転送を開始するタイミングを容易に把握することができ、サービス業務が円滑に運用できることを確認できた。これより要求条件1についても満足できたと考える。

次に、ファイルサーバ2は電話事業を支援する大規模サービスに適用した。ここでは数万種類に及ぶ顧客ファイルの転送をFTAMに基づいて行うことが可能となった。これより大規模サービスへの適用に関する要求条件3は満たすことができた。

## 5.2 結論

ファイルサーバの実現に関して得られた結論を次に示す。

(1) 異機種計算機で構成するネットワークにファイルサーバを適用しサービス業務を実現するには、サービス業務の実現に必要な最小範囲のFTAMサービス範囲を使用してファイルサーバを構成すべきである。この一つの目安として、実装規約において“必須”，“サポート”のFTAM機能単位のみを使用するファイルサーバを構成すればよい。

(2) ファイルサービス利用者へファイル転送サービスを提供するには、本来のマッピング機能の他に、起動側ファイルサービス利用者が連続したファイル転送を要求しても、ファイルサーバにおいて間違えた上書きや消去など矛盾が起らず効率よくファイル転送を行うための機能が必要である。

この機能の実現方法は扱うファイルの種類の数によって異なる。数千種類以下のファイルを扱うの比較的小規模なサービスでは、ファイルサーバ上のファイルの転送状況を起動側ファイルサービス利用者が意識することにより、ファイル転送のタイミングを得る方法が適している。この転送状況を知る方法としては、ファイルサーバ上に定義したファイルの転送状況を保持するディレクトリ情報ファイルをFTAMに基づいて読み込む方法がサービス業務を実現する上で適している。

一方、数万種類以上のファイルを扱う大規模

サービスでは、サービス業務の実現性は少々低下するが、限定ファイル管理機能単位を使用し、新たなファイルを生成し、この上にファイル転送する方法が適している。

(3) 何種類かのファイルサーバを実現する場合、FTAMサービスプリミティブの発行シーケンスの管理などファイルサーバで共通に行わなければならない処理は、サーバ共通処理モジュールとして切り出すべきである。これにより、FTAMシーケンスを隠ぺいしたインタフェースをサーバ固有処理モジュールに提供することができ、サーバ固有処理モジュールの実現を容易にすることができる。

## 6. おわりに

本稿では、DIPSにおいて開発を進めてきたFTSPに関し、その機能の一部として実現したファイルサーバについて報告した。今後は、FTSPを高速転送が可能なISDNを利用したファイル転送サービスへ適用することを主に検討する。具体的には、ファイルサーバにおいて性能上のボトルネックとなると思われる、実ファイルシステムへのアクセス時間の短縮などを検討する予定である。

## 文献

- [1] "Information Processing Systems - Open Systems Interconnection - File Transfer Access and Management", ISO, 8571/1-4, (1988).
- [2] JIS X5003参考 S004 FTAM実装規約 V1.0, (1989).
- [3] "OSI 異機種接続実験を成功させた「INE'88」", コンピュータ&ネットワークLAN, オーム社, (1989-01).
- [4] "CeBIT'90のOSIデモストレーション", コンピュータ&ネットワークLAN, オーム社, (1990-06).
- [5] 池田: "OSIに基づくファイル転送サービスパッケージの検討", 情処第37回全国大会, 2E-3, (1988).