

MKngプロジェクトにおける移動体通信の支援技術： 移動型計算機のためのファイルシステム[†]

1 Z-7

岩本 健嗣

慶應義塾大学 環境情報学部

徳田 英幸

慶應義塾大学 環境情報学部

1 はじめに

慶應義塾大学を中心に行なわれている次世代マイクロカーネル (MKng) 研究プロジェクト [1] において、我々は移動型計算機環境についての研究を行っている。

本稿では、移動型計算機環境の研究の一環として行っている移動型計算機のためのファイルシステムの研究について述べる。まず、移動型計算機環境で既存のネットワークファイルシステムを利用した場合の問題点に触れ、性能、計算機資源、移動透過性などの面から移動型計算機に適したネットワークファイルシステムの設計について考察する。

2 移動型計算機環境

移動型計算機環境は既存の計算機環境と以下の点で異なっている。

- ホストがネットワーク上を移動する。
ホストが物理的に移動することに伴いネットワークへ接続するポイントが変化する。
- 帯域が狭いネットワークを利用する。
移動型計算機は、Ethernet のような比較的帯域の広い有線ネットワークだけではなく、帯域の狭い電話回線や無線ネットワークなども利用する。
- 貧弱な計算機資源。
移動型計算機として小型の PDA などを利用した場合、従来のコンピュータなどと比較して計算機資源が貧弱である。
- 通信が突然切断されることがある。
無線ネットワークや電話回線を利用しているため、通信が突然、切断されることがある。

移動型計算機環境のためのネットワークファイルシステムの設計はこれらの点を考慮して行わなければならない。

3 既存のファイルシステムの問題点

移動型計算機環境には前述したような特徴があるが、このようなネットワークで NFS [2] や AFS [3] などの既存のネットワークファイルシステムを利用した場合いくつかの問題点が発生する。

3.1 性能の低下

移動型計算機でのネットワークの利用は有線に限らず、無線 LAN や電話回線などの比較的帯域の狭いネットワークを利用することも考えられる。NFS ではキャッシュの有効性を確認するために NFS プロトコルによる通信が頻繁に行われるため、こういったネットワークで NFS を利用すると極端に性能が低下する。

Mobile Communication in the MKng Project:
Network File System for Mobile Computer Environment
Takeshi Iwamoto¹, and Hideyuki TOKUDA²

¹Department of the Environmental Information, Keio University
5322, Endo, Fujisawa, Kanagawa 252, Japan
E-Mail: <iwaiwa@csrc.wide.ad.jp>

²Faculty of Environmental Information, Keio University

[†]この研究は、情報処理振興事業協会 (IPA) が実施している創造的ソフトウェア育成事業「次世代マイクロカーネル研究プロジェクト」のもとに行われた。

例えば、図 1 では、無線ネットワークで接続されたクライアントが NFS を利用してファイルの読み込みを行っている。クライアントは最初に保持しているキャッシュが有効かどうかを判断するためにファイルの最終更新時間をファイルサーバに問い合わせる (図 1 中矢印 1)。その結果キャッシュが無効であった場合はあらためてファイルサーバへのファイルの読み出しの要求を行う (図 1 中矢印 2)。

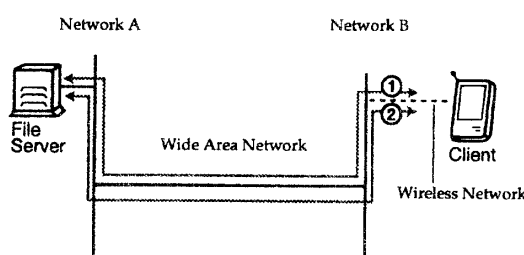


図 1: NFS プロトコルによるファイルの読み込み

この方式では、キャッシュの有効性の確認も、ファイルブロック自体も低速な無線ネットワークを通過するため、性能が非常に低下する。

3.2 移動型計算機の資源の圧迫

NFS や AFS ではファイルシステムの性能を上げるためにクライアント中にキャッシュを保持している。しかし、NFS ではメモリ、AFS ではディスクにキャッシュを作成するためクライアントが比較的資源が貧弱な PDA などの場合にそれらの資源を圧迫してしまう。特に AFS では通常の利用で 100MB 以上のキャッシュを利用するため、移動型計算機での利用は現実的でない。

3.3 ネットワークを移動した場合の問題点

NFS や AFS では、ファイルサーバはクライアントに対してボリュームを公開する際にホスト名や IP アドレスによって認証を行う。そのため、クライアントが移動し IP アドレスやホスト名が変更された場合はいままでのファイルサーバを利用するには、サーバの再設定などが必要である。

4 キャッシュサーバを用いたネットワークファイルシステム

前述したように移動型計算機環境において、既存のネットワークファイルシステムをそのまま利用するには問題がある。こうした問題点を解決し移動型計算機環境に適したファイルシステム (KFS) の設計を行なった。

4.1 基本構造

KFS はファイルサーバ、キャッシュサーバ、クライアントからなる。ファイルサーバは NFS などのネットワークファイルシステムと同様の機能を提供し、ファイルの読み込みや書き込みなどの要求に応答する。

キャッシュサーバはKFS独自のコンポーネントで、ファイルサーバ・クライアント間で要求されたファイルの内容をキャッシュしている。1ネットワークセグメントにつき、1つのキャッシュサーバが存在し、そのセグメントに接続されている複数のクライアントが同じキャッシュサーバを利用する。KFSはネットワークプロトコルとしてMobile-IP[4]を利用するため、キャッシュサーバはForeignAgentに実装することで、移動型計算機を利用するネットワークすべてにキャッシュサーバを実装することができる。

クライアントはNFSなどと同様にサーバに対してファイル操作の要求を行うが、その際必ず接続しているセグメントのキャッシュサーバに対してそのファイルがキャッシュされているかどうか確認を行い、存在していた場合にはキャッシュを利用する。もし存在しなかった場合はキャッシュサーバがファイルサーバに要求を行い、ファイルを取得する。その場合そのファイルはキャッシュサーバに蓄えられ以降はそのキャッシュを利用する。

4.1.1 通信の最適化

キャッシュの有効性の確認やサーバへの書き戻しなどは、キャッシュサーバとファイルサーバ間で行われるため、実際にクライアントが帯域の狭い回線で接続されていてもパフォーマンスを低下させない。

図2の例では、クライアントは帯域の狭い無線ネットワークを利用してファイルの読み込みを行なっている。キャッシュサーバは図2中の矢印2のようにキャッシュの有効性を確認し、必要であればファイルをファイルサーバからキャッシュサーバへ転送する(図2中矢印3)。しかし、これらの通信は帯域の狭い無線ネットワークは通らず、クライアントの要求とそれに対するファイルのデータだけが、キャッシュサーバとクライアント間で転送される(図2中矢印1)。

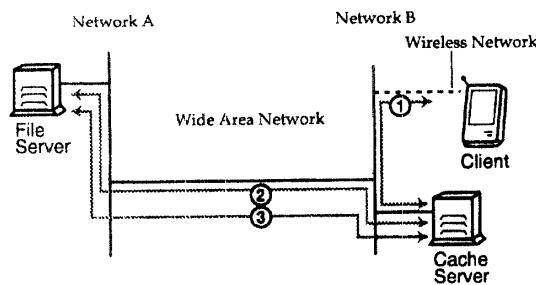


図2: KFSによる通信

このような設計を行うことで、キャッシュサーバとクライアント間の通信を極力減らし、既存のネットワークファイルシステムのように極端に性能が低下することを避けることができる。

4.1.2 計算機資源を圧迫しない

通常のネットワークファイルシステムでは、キャッシュはローカルディスク上やメモリ上に行なわれるが、KFSではキャッシュサーバをネットワーク上に置くことにより計算機の資源を圧迫することなく、遠隔のファイルサーバへのアクセスを低減することができる。

4.1.3 移動透過性

KFSはネットワークプロトコルとしてMobile-IPを利用する。そのためネットワークを移動してもIPアドレス

などの再設定は行わずにネットワークファイルシステムを利用することができる。

5 今後の課題

今後の課題としては、今回は考慮されなかった次の点についての設計を行う。

5.1 通信断中のファイル操作

今回の設計では、クライアントはまったくキャッシュを保持していないため、通信断中にファイル操作を行うことはできない。この点を改善し、ユーザがあらかじめ指定したファイルをワーキングセットとしてクライアントに保存しておき、通信断中にもそのファイルに限って操作を可能にする。その場合、キャッシュサーバ中のキャッシュとクライアント中のファイルの一貫性の保障や通信回復後のファイルのサーバへの書き出しなど新たな問題が考えられる。

5.2 キャッシュサーバ間の協調

移動型計算機が複数箇所に移動した場合、各移動先でファイルサーバからキャッシュサーバへのキャッシュを行う。この点を改善し、前述のワーキングセットにレベルを設け、クライアントに保持するレベルではないがユーザが重要と考えるファイルについては移動元のキャッシュサーバから移動先のキャッシュサーバへあらかじめ転送されるように設計を行う。また、ユーザが移動前に移動先のネットワークを指定した場合は移動先のキャッシュサーバへ計算機が移動する前に転送することも可能とする。

これらの機構によりクライアントが移動した場合に遠隔のファイルサーバからキャッシュを取得する通信が低減し、広域分散環境で利用した場合により性能が向上すると考えられる。

6 まとめ

移動型計算機環境で既存のネットワークファイルシステムを利用すると特に性能の低下、計算機資源の圧迫、移動透過性などさまざまな問題が発生する。

これらの点を解決し、移動型計算機環境に特化したネットワークファイルシステムを提案した。また今後の課題として、ワーキングセットを利用しユーザが指定したファイルについての通信断中の操作を保障する機構について述べた。また、より性能を向上させるためにキャッシュをあらかじめ移動先に転送するためのキャッシュサーバ間の協調についても述べた。

参考文献

- [1] 徳田 他: "MKng: 次世代マイクロカーネル研究プロジェクト," 第53回情処全大論文集, 5B-4, pp. 1-39-1-40 (1996).
- [2] SUN Micro Systems NFS White Paper
<http://www.sun.com/sunsoft/solaris/desktop/nfs.html>
- [3] Morris, J., Satyanarayanan, M., Conner, M.H., Howard, J.H., Rosenthal, D.S., Smith, F.D.
Andrew: a distributed personal computing environment. *Comms.ACM*, 1986.
- [4] Charles Perkins, editor. IP mobility support. Internet Request For Comments RFC 2002, October 1996.
- [5] Jim Solomon. "Applicability Statement for IP Mobility Support". Internet Request For Comments RFC 2006, October 1996.