

R3 システム：ネットワークエンティティの 状態変化に対応する管理機構の設計と実装[§]

3Q-8

湧川 隆次[†] 植原 啓介[†] 田村 陽介[‡] 徳田 英幸[‡]

慶應義塾大学総合政策学部[†] 慶應義塾大学環境情報学部[†] 慶應義塾大学政策・メディア研究科[‡]

1 はじめに

携帯型計算機の登場により移動しながらインターネット接続あるいは計算機を利用する機会が増えている。しかし、インターネットのシステムは移動しない計算機を前提に設計されているため、移動しながらの計算機利用には新しい問題が生まれる。

例えば、移動することにより計算機のネットワークエンティティ(以下 NE)が頻繁に変わってしまう。NEとは、リンクの状態、インタフェースの状態、経路情報、IP アドレス等である。そのような状況下で、現在の計算機機構にはそれら NE の状態を一括に知る手段は提供されていない。本システムではそれら NE の状態変化を知るための、統一されたシステムを提供する。本稿ではこのシステムを用いた一例として、インタフェース切替を挙げ評価した結果を述べる。

2 移動体計算機の問題点と解決へのアプローチ

計算機を移動しながら使う事により、リンクの状態、IP アドレス、経路が頻繁に変わる。これら NE は、あらゆる所で共有している情報でもあり、NE の変化を知る必要のあるアプリケーション (DHCP[1], routed, MobileIP[2] etc.) も多い。よって、NE の変化を一括して管理する事は、移動体通信環境にとって重要なことである。

具体的な問題として、移動する事によりネットワーク接続が切れ通信ができなくなるということがある。常なるインターネット接続を行うために、インタフェースを複数持つ移動体計算機における、本システムを用いたインタフェース切替機構を構築する。無線網などのネットワーク環境が更に改善されると、NE の情報・変化を取得し、それに応じた無線と有線間での動的なインタフェース切替を行い、移動体計算機の常なるネットワーク接続が可能となる。インタフェース切替モデルの概要を、図 1 で示す。

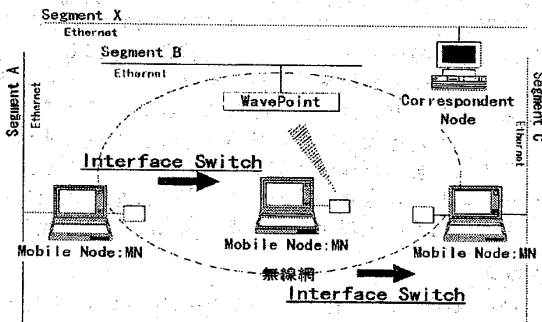


図 1: インタフェース切替モデル

インターネット上のセグメント A からセグメント C に移動しようとしている Mobile Node(MN) が、インターネット上の Correspondent Node(CN) と通信をしている。セグメント A との切断をドライバから得られるリンク情報により検知すると、MN はインタフェースを切替え、無線網へのネットワーク接続を自動に行い接続を確保する。セグメント C に到達後再びイーサネットでの通信が可能になると自動的に広帯域のインタフェースへ切替える。常に接続を確保しない場合、TCP での通信では再送セグメントのタイムアウトが起きコネクションが切れてしまう。インタフェース切替を用いれば、移動中もネットワークへの接続性を確保でき、タイムアウトでコネクションが切れる事はない。また、移動中にもネットワーク接続が確保されるため、常にネットワークに接続できる状態に動的に適應する。

関連研究として、Stanford 大学の MosquitoNet プロジェクト [3] で行われている、MobileIP 等を用いた移動体通信環境についての研究がある。その一貫としてのインタフェース切替えでは、MobileIP を用いて移動透過性を保障し、経路制御表を書き換える事で切替えを行っている。ただ、NE の管理の部分が無いので、汎用性が無い。また、Oregon Graduate Institute で行われている Quasar プロジェクト [4] では、利用インタフェースの帯域に応じたデータ量を制御する研究を行い、その一貫としてインタフェース切替えがある。しかし、NE の状態を ICMP のエコーリクエストを用いて把握する為、NE の頻繁に変化する移動体通信環境では、NE の状態を知るのにコストが掛かりすぎ適さない。

3 システム概要

3.1 システム設計

本システムは、移動対通信を前提に移動により起きる NE の状態変化を統一的に知る機構である。以下にシステム構成を図 2 で示す。

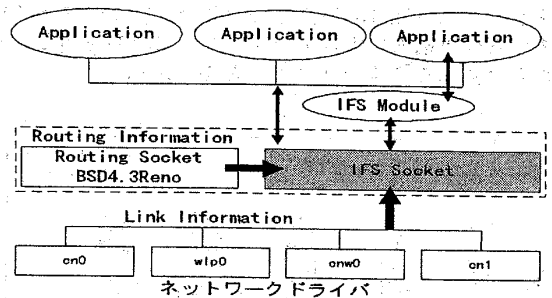


図 2: システム構成図

Network Environment in the MKng Project:
Integrated Control Mechanism for Network Entity in Mobile Network

Ryuji Wakikawa¹, Keisuke Uehara, Yosuke Tamura, and Hideyuki Tokuda

¹Keio University: 5332 Endo Fujisawa 252, Japan.

e-mail:

[§]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「R3 システムプロジェクト」のもとに行われた。

カーネルが、インタフェースのリンク状態の情報¹と経路制御に関する情報を IFS ソケット (本機構のために新たに用意した raw socket) に通知する。NE の状態を知りたい時は IFS ソケットを監視するか、図 2 の IFS モジュールのように NE を管理する機構を追加し、IFS モジュールに状態を開きに行くことにより実現できる。

¹リンク状態とは、イーサネットならリンクが上がっているか、無線なら電波が届いているかという事を指す。

3.2 システム実装

3.2.1 IFS ソケット

PF_IFS というプロトコルファミリーを一つ新たに用意する。IFS ソケットは Raw Socket である。このソケットに NE の状態をカーネル (デバイスドライバ) からあるいは NE を利用したアプリケーション (DHCP クライアント) が書き込む。

リンク状態の通知: ネットワークインタフェースのハードウェアが持つリンクの状態等の情報を、それぞれのドライバが、メッセージとして IFS ソケットに向けて通知する。メッセージのタイプは IFS_EXIST (インタフェースが存在する), IFS_READY (インタフェースが利用できる), そして IFS_LINKUP (リンクがあがっている) がある。

経路情報通知: ルーティングソケット [5] を介して経路制御表に加えたり削除、変更したという情報を IFS ソケットに通知する。既存のルーティングソケットを拡張し、ルーティングソケットが状態が変わると IFS ソケットへメッセージを通知する。IFS_ROUTE というメッセージ名とルーティングメッセージが IFS メッセージであり、現在取得できるルーティングメッセージは ADD, DELETE, CHANGE である。

4 評価

4.1 インタフェース切替えモジュール

本システムを利用した、移動体通信のためのアプリケーションとしてインタフェース切替えモジュールを構築した。

インタフェース切替えの判断基準として IFS ソケットから得られるリンクの状態を用いた。切替えの主体はインタフェース側にあり、アプリケーション等の通信側は全く切替えには関与しない。また、アドレスは自動に取得できる物とする。本システムにより NE の状態の変化を検知し、インタフェースを切替える。切替えには経路制御表を書き換える事により実現される。また、インタフェース切替えは自動に行われ、利用者はインタフェースの切替えを意識せずに計算機を利用できる。

4.2 インタフェース切替えを用いた評価

本システムを用いたインタフェース切替えの切替えに関する性能評価を行う。イーサネット (10Mbps) から無線 (2Mbps) への切替え、無線からイーサネットへの切替えについて考察する。

実験環境は図 3 に示す。HA (Pentium 166MHz, 16MB) は FreeBSD-2.2.1 で、MN (Pentium MMX 200MHz, 96M) と CN (Pentium 90MHz, 40MB) は FreeBSD-2.2.6 + PAO を用いた。MobileIP は Co-located モードで用いた。MobileIP を利用する事により、インタフェースが切り替わった後もホームアドレスは変わらないので、TCP のコネクションが切れない。実験は CN から、インタフェース切替えを行うマシンへ FTP で送信を行い、tcpdump で得たログを解析した。解析ではシーケンス番号と時間の関係を示した。

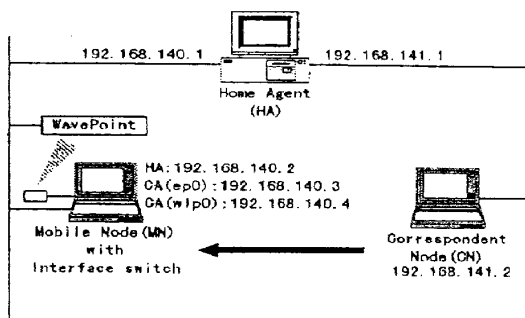


図 3: ネットワーク構成図

図 4 は、解析の結果である。イーサネットの時にスループットが上がるとインタフェースが切り替わり無線になるとスループットもさがる。有線から無線への切替えより無線から有線の方がインタフェース切替えにかかる時間は短い。また切替えの時、TCP のバックオフが起きている。これは、有線から無線に切り替わる事による帯域の大幅な減少により遅延が生じた為である。切替えにかかる時間は図 4 から、有線から無線の場合切替えに、約 7 秒で、無線から有線は約 2 秒であるが、これには MobileIP のレジストレーションにかかる時間なども含まれている。実際の、インタフェース切替えのみの正確な時間は、約 0.2 秒で実現できている。ドライバから直接リンクの情報が得られるので、インタフェースの接続性の判断は、効率良く行われる。

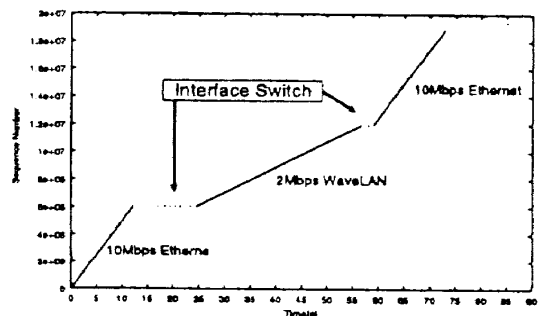


図 4: シーケンス番号と時間の遷移

5 おわりに

本稿では、NE の情報管理機構を提案し、それを利用したインタフェース切替えを実装した。本システムを用いてインタフェースの有効性をリンク状態で判断することにより、IP パケットを用いたものより格段に切替えが高速になる。理由としては、IP でのタイムアウトを待たない等がある。

今後の課題としては、NE の状態変化に対応する管理機構によって得ることのできる NE の情報を受け取り処理するモジュールの構築が課題である。本システムは、NE の情報を知るのを目的に構築されている為、情報をどのように処理するかは情報を取得した側に依存している。そのモジュールが移動によるこれら下位層のエンティティの変化を吸収する事により、上位層からはそれら変化を考慮しないですむのが理想である。

謝辞

本研究において、MobileIP に関する助言、御指導を頂いた株式会社東芝の石山政浩氏に感謝します。また本研究を進める上で、さまざまな議論、助言を頂いた R3 プロジェクトの皆様と rover プロジェクトの皆様へ感謝致します。

参考文献

- [1] R.Droms.: "Dynamic Host Configuratin Protocol," RFC2131, March 1997.
- [2] C.Perkins.: "IP Mobility Support," RFC2002, October 1996.
- [3] Mary G. Baker, Xinhua Zhao, Stuart Cheshire and Jonathan Stone.: "Supporting Mobility in MosquitoNet" Jan, 1996.
- [4] Jon Inouye, Shanwai Cen, Calton Pu and Jonathan Walpole.: "System Support for Mobile Multimedia Applications," NOSSDAV, 1997.
- [5] W.Stevens.: "TCP/IP Illustrated Volume2," Addison Wesley, 1994