

移動体 IP ネットワーク用制御プロトコル解析ツールの開発

5K-07

小林 修 石川 彰夫 井戸上 彰 長谷川 亨

株式会社 KDDI 研究所

1. はじめに

近年、携帯電話網や無線 LAN の普及に伴って、Mobile IPv4^[1] をベースにした移動体 IP ネットワークの構築が開始されている。また、3GPP2(3G Partnership Project 2)では、第 3 世代携帯 IMT-2000 において、Mobile IPv4 の適用が検討されている。移動体 IP ネットワークでは、Mobile IPv4 を用いて移動端末の位置管理を行うとともに、AAA (Authentication, Accounting and Authorization) や PPP を用いた認証を行うなど、複雑な手順が用いられている。このような移動体 IP ネットワークの障害を検出し、その原因を解析するにはネットワーク上の IP パケットを収集し、これらのプロトコル手順を解析するプロトコル解析ツールが必要である。そこで、筆者らはこれらの移動体 IP ネットワークを対象として、Mobile IPv4 ベースのプロトコル解析ツールを開発中であり、本稿ではその設計について述べる。

2. 設計

2.1 移動体 IP ネットワークの概要

本ツールを適用する代表的な移動体 IP ネットワークである 3GPP2 の IMT-2000 網の構成を図 1 に示す。RAN(Radio Access Network) と呼ばれるアクセス網は、基地局(BS: Base Station)、基地局制御装置(BSC: BS Controller)、PCF(Packet Control Function)から構成される。移動端末(MN: Mobile Node)の移動は、PDSN(Packet Data Serving Node)と呼ばれるノードで管理され、RAN 内の移動端末の位置管理には Mobile IPv4 を拡張した A11^[2] と呼ばれるプロトコルが使用されている。さらに、PDSN を跨って端末が移動する場合には、HA (Home Agent) と PDSN 間で Mobile IPv4 を用いて位置管理を行う。ここで、PDSN は FA (Foreign Agent) としての役割を果たす。さらに、MN が RAN に新たに收容される場合には、AAA と PPP を用いて、認証が行われる。

2.2 設計方針

(1) 本ツールはさまざまな Mobile IPv4 ベースの移動体 IP ネットワークへ適用することを目的として、Mobile IPv4, A10/A11, RADIUS, PPP の手順を対象とする。

(2) 本ツールは図 1 に示すように、HA と PDSN/FA 間や、PDSN と RAN 間の回線をタップし、流れるパケットを収集し、Mobile IPv4 や A11 の制御メッセージや MN とサーバ間のユーザパケットを解析する。

(3) 位置管理の通信シーケンスを検査するとともに誤りを検出するため、特定の MN を対象として

Mobile IPv4 と A11 の手順に従って通信シーケンスを解析する。MN が移動すると対象の FA は変わるが、MN が登録されている HA は変わらないため、MN 毎に対して状態遷移をエミュレートして HA の状態を推定する。

(4) 状態遷移のエミュレーションを用いて、PDSN 間や RAN 間で MN が移動した場合のハンドオフを検出する。

(5) 解析結果について、GUI (Graphical User Interface) を用いて、通信シーケンス図、データと応答の対応、再送データとオリジナルデータとの対応を表示する。

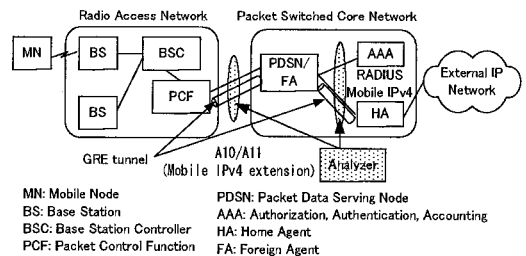


図 1. 3GPP2 仕様の IMT-2000 網の構成

3. 実装

3.1 ソフトウェア構成

本ツールのソフトウェア構成は、図 2 に示すように、以下のモジュールから構成される。

(1) プロトコル解析モジュール

tcpdump 形式の入力ファイルから順に IP パケットを読み出し、Mobile IPv4, A10/A11, PPP 等のパケットヘッダを解析することによりプロトコル毎のパラメータを抽出し、中間ファイルを生成する。

(2) エミュレートモジュール

中間ファイルをプロトコル毎に解析して通信シーケンスを出力ファイルとして生成する。Mobile IP の解析においては HA 及び PDSN の状態遷移を、RADIUS の解析においては RADIUS サーバの状態遷移を推定し、その情報を出力ファイルに付加する。

(3) 統計解析モジュール

中間ファイルから、プロトコル毎に、単位時間当たりのパケット数やメッセージ数などの統計ファイルを出力する。さらに、FA に一時的に登録されている MN のリスト Visitor List や、HA と通信している MN のリスト Binding Cache を、中間ファイルから抽出する。

(4) GUI 処理

出力ファイル及び統計ファイルから解析結果を出力する。また、必要に応じシーケンス図を表示する。図3に Mobile IPv4 手順のシーケンス解析結果を示す。

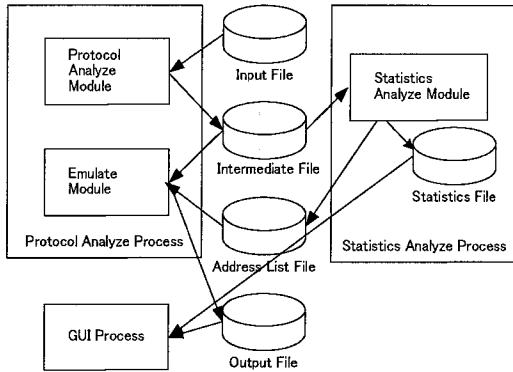


図2. 本ツールのソフトウェア構成

3.2 エミュレート機能

本機能ではPCF-PDSN間で送受されるA11メッセージからPDSNの状態を推定し、これを元に検出すべきメッセージを想定する。期待しないメッセージを検出した場合その原因を推定し、誤りを明示する。本ツールにおけるエミュレート機能の例をA11におけるPDSNの状態遷移を用いて説明する。図4にA11におけるエミュレート状態遷移図を示す。

(1) 位置登録

Open State で A11-Registration-Request メッセージを検出した場合、状態を Transfer State に遷移させる。(図中①)。ここでは A11-Registration-Reply メッセージが次に検出されるべきであるため、A11-Registration-Reply メッセージの検出を推定する。次に A11-Registration-Reply メッセージを検出し、そのコードフィールドを参照して正常受付であれば状態を Call Established とする。(図中②)。ここで、期待しないメッセージを受信した場合は、そのメッセージを解析し、原因を類推してアラームメッセージを出力する。その後状態を Open State へ遷移させる。(図中②')。

(2) ハンドオフ要求(PCF間ハンドオフ)

Call Established 状態で、登録した PCF と異なる PCF からの A11-Registration-Request メッセージを受信するとエミュレータは状態を Handoff Transfer に遷移させハンドオフ発生メッセージを出力する。(図中③)。次に Handoff Transfer 状態で A11-Registration-Reply メッセージを検出するとコードフィールドを参照し、正常受付であれば再び Call Established 状態とする。正常受付でない場合はそのメッセージを解析し、原因を類推してアラームメッセージを出力する。その後状態を通信中に遷移させる。(図中④)。

(3) ハンドオフ要求2(PDSN間ハンドオフ)

Open State で A11-Registration-Request メッセージを検出し、そのメッセージ中の Air Link Record Type フィールドに Mobility Event Indicator が設定されていた場合、このメッセージは他 PDSN で起呼されたセッションが PDSN を跨ってハンドオフしたものであると判断する。このメッセージを受信した場合、エミュレータは状態を Open State から Handoff transfer へ遷移させる。(図中③')

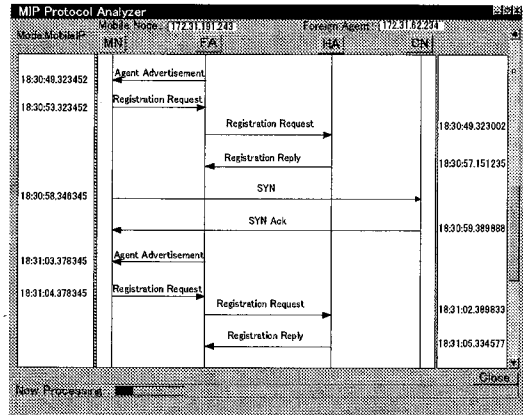


図3. シーケンス解析結果の表示

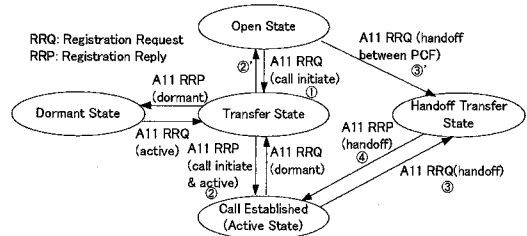


図4. A11におけるエミュレート状態遷移図

4. おわりに

本稿では、Mobile IPv4 をベースとする移動体 IP ネットワーク向け制御プロトコル解析ツールの開発についてその詳細を述べた。最後に、日頃御指導頂く KDDI 研究所浅見所長に感謝致します。

参考文献

- [1] Perkins, "IP Mobility Support"RFC2002(1996.10)
- [2] 3GPP2 Access NetworkInterfaceInteroperability Specification 3GPP2 A.S001-A IOSv4.1(2000.11)