

## S5-1-1

# 高速列車への IP レイヤーでの ハンドオーバー手法について

[電]○ 森 崇、 [電] 石井 順(JR 西日本)、 山内 雪路 (大阪工業大学)、  
可児 周博(JR 西日本テクノス)、 島崎 直人(シスコシステムズ)

## The Rapid Handover Method For High Speed Railway

Takashi Mori, Member (JR-West), Jun Ishii, Member (JR-West), Yukiji Yamauchi (Osaka Institute of Technology)  
Norihiro Kani, Member (JR west technos corporation), Naoto Shimazaki (Cisco Systems K.K.)

We are trying to communicate between trains and fixed stations more than several megabits per second to realize the "office on the tracks". To realize the 'true office' environment on the high-speed railcar, seamless handover is the key technology. We use two wireless LAN units and change the route alternately. After listening the Agent Advertise from Foreign Agent and HA(Home Agent)-MR(Mobile Router) tunnel is constructed, on board mobile router changes by turns. It means that new route is constructed completely and change makes high-speed handover. We tested this method between Takarazuka and Takedao stations on Fukuchiyama line, JR-West.

キーワード: Mobile IP、 レイヤー3 ハンドオーバー、レイヤー2 ハンドオーバー、IAPP

(Mobile IP, Layer 3 handover, Layer 2 handover, IAPP)

### 1. はじめに

2001 年から、沿線に無線 LAN 装置を設置し、それらをネットワーク化することにより移動体と通信を行う、“沿線無線 WAN” 試験を行っており、在来線鉄道の列車との通信では数 Mbps の伝送速度を得られている。しかしながら、新幹線など超高速移動体を対象とした場合、単純な地上無線装置間のハンドオーバーだけではなく、ネットワークを越えたモビリティ性能も重要となってくる。本稿では、高速にネットワークを越えるハンドオーバーの実現を目指した結果を報告する。

### 2. レイヤー2 ハンドオーバーとレイヤー3 ハンドオーバー

一般的に IP ネットワークを活用した移動体通信には、同一ネットワークドメイン内で無線装置のみを切り替えるハンドオーバーと、線区を越えるような場合で所属するネットワークドメインが異なるようなハンドオーバーがある。

一般的に前者はレイヤー2 ハンドオーバーやマイクロハンドオーバーと呼ばれることが多く、後者はレイヤー3 ハンドオーバーもしくはマクロハンドオーバーと呼ばれること

が多い。レイヤー2 ハンドオーバーはオフィス内の移動、都市内の無線 LAN サービスでの必要性など、過去からかなり研究が進められ、課題が明らかになるとともに解決が進みつつある。標準化動向も進み、IEEE802.11F Inter Access Point Protocol として発行され、実装機器も存在している。この IAPP を使用すると、無線リンク状態の変化と時間差がほとんどないうちに所属するネットワークへの移動通知が行われる。この手法により、IEEE802.11 の無線 LAN におけるハンドオーバーが実現している。

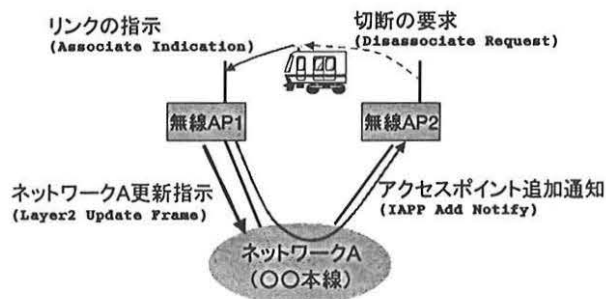


図1 IAPPによるハンドオーバーシグナリング

一方、レイヤー3 ハンドオーバーは、ブロードキャストドメインの異なるハンドオーバーであり、所属するネットワークが変更となる。このような場合は Mobile IP(正式には Mobility Support for IPv4:RFC3344)もしくは Mobile IPv6 を使用するかこれを若干改変した手法によることが多い。

但し、Mobile IP を利用する場合においては、高速移動体に適用する場合は数秒間のデータ通信断絶を受忍する必要がある。Mobile IP は、ネットワークセグメントに存在する Foreign Agent からの定期的な一斉伝送(agent advertise)を受けることにより移動体が移動を検知する。すなわち、異なる FA からの一斉伝送を受信することによって移動体は移動を検知する。この手法は無線リンクの変化などとは連動しておらず、定期的な FA からのパケットを受けることにより移動検知を行っている。

頻繁に FA からのパケットを送出すればすぐに移動検知ができるが、この手法は一斉伝送であり、ネットワークセグメントの隅々まで届けられる負荷の大きい伝送である。これにより、通信間隔を短くすると本来の伝送を阻害することになる恐れがある。

### 3. レイヤー3 ハンドオーバーの高速化と試験

通常の Mobile IP を使用した場合、通信手段によらずに適用できるというメリットがあるが、高速にネットワークを切り替えることは困難である。今回は、2つの無線装置を使用し、ハンドオーバー中は片方の無線装置で伝送を行い、切れ目なく伝送を行えるようにする。

室内での実験はほぼ無断のハンドオーバーが実現できたため、実際の試験列車に装置を搭載して試験を行った。

福知山線宝塚～武田尾の区間で当社の在来線試験車 U@tech を使用した。

論理的な構成は、以下の通りである。

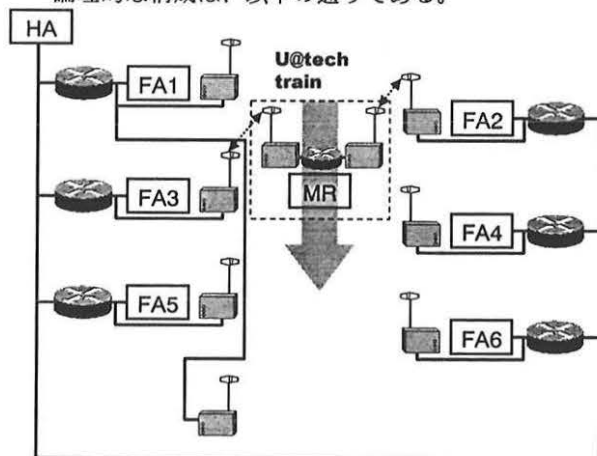


図2 列車試験の論理的構成

この試験の宝塚～西宮名塩の ICMP エコー結果を図3に示す。Ping は列車から大阪に向かって送出し、リターンまでの時間を測定した。なお、当該区間のインフラは DSL であり、レイテンシがよくない事柄については地上インフラが原因である。

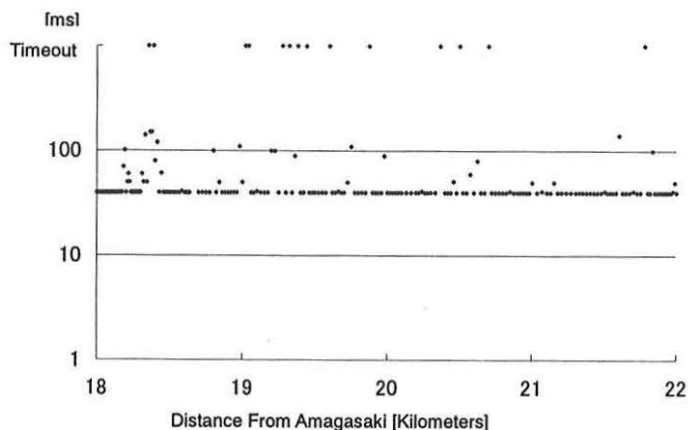


図3 ICMP エコー時間

ICMP エコーのばらつきが少なく、無線のハンドオーバー直前によく起こる ICMP エコーの著大値は少ない。(ハンドオーバー直前は無線品質が落ち、リトライを行って伝送をするため ICMP エコーの時間が一般的に長くなる。) 但し、伝送路にパケットが流れていようといまいと MR-HA トンネルを切り替えるため、そのときに ICMP のパケットがトンネル内を通過しているときにはパケットは消失する。このため、Timeout が観測されている。1つの無線装置で伝送を行う場合は、ハンドオーバー前にはエコーが返ってくる時間が長くなる傾向があったが、本試験においてはこのような傾向は軽減され、正常な値からいきなり Timeout となり、また正常に戻るといった動作を繰り返す。

### 4. 終わりに

今回の試験では、完全にパケットロストをなくすことはできなかったが、一般的な MIMO のように複数の無線を高速伝送に使うのではなく、安定した伝送を目指した使い方もできることを実証した。完全にパケットロストをなくすためには、FA 間のパケット転送機能(ハンドオーバールータという場合もある)が必要である。この方式も機会があれば実験し報告したい。

参考文献：

1) 森、山内、加川、石井：鉄道における IPv6 ネットワーク構築と活用について、第41回鉄道サイバネシンポジウム論文集、No. 810、2004/11