

クロスオーバルータにおけるバッファリングハンドオーバー制御

磯部 慎一 岩崎 淳 五十嵐 健 井原 武 藪崎 正実

(株)NTT ドコモ ネットワーク研究所

〒239-8536 神奈川県横須賀市光の丘 3-5 NTT DoCoMo R&D センタ

E-mail: isobe@netlab.nttdocomo.co.jp

あらまし ハンドオーバー (HO)中におけるパケットロスの削減手法として、端末が HO 前に接続していたアクセスルータ (AR)でパケットをバッファリングする手法が IETF において提案されている。しかし、この手法ではバッファリングしたパケットを HO 後の AR へ転送する時に、冗長経路とパケット順序逆転が発生するという問題がある。本稿では、HO 前に接続していた AR とその周辺に位置する AR から通信相手までの最短経路の交差点上にあるルータ (クロスオーバルータ)でバッファリングを行うことにより、上記の問題を解決する手法を提案し、さらに実験により提案手法の有効性を確認した。

キーワード バッファリングハンドオーバー,ロスレス,クロスオーバルータ,パケット順序逆転,冗長経路

Cross over Router (CoR) Buffering Handover

Shin-ichi ISOBE, Atsushi IWASAKI, Ken IGARASHI, Takeshi IHARA and Masami YABUSAKI

Network Laboratories, NTT DoCoMo, Inc.

NTT DoCoMo R&D Center, 3-5 Hikarinooka, Yokosuka-shi, Kanagawa, 239-8536 Japan

E-mail: isobe@netlab.nttdocomo.co.jp

Abstract As the method which reduces packet loss during handover, smooth handover was proposed in IETF. In this method, previous attached access router (AR) buffers the packets during handover and forwards them to new attached AR after Mobile terminal (MT) attaches to it. However when the previous AR forwards the buffered packets to new AR, suboptimal routing paths and packet miss ordering problem occur. To solve these problems, we propose "Cross over Router buffering handover". In our proposal, packets are buffered at Cross-over-Router (CoR). CoR is the router which is on the routing path from Correspondent Node (CN) to attaching AR. Moreover the routing paths from CN to attaching AR and to adjacent ARs change on the router. Finally, we show the performance through experimental results.

Keyword Buffering Handover, Loss-less, Cross over Router, Packet Miss Order, Suboptimal Routing

1. はじめに

移動通信において今後は、TV 会議、ビデオ配信といったマルチメディアトラヒックの増大が予想される。現在、これらのサービスは IP をベースとしたインターネットにおいて提供されており、移動通信のプラットフォームにおいても IP をベースとするネットワークの構築が検討されている [1]。また、音声を始めとするリアルタイム性が高く、要求品質の高いトラヒックも IP でサポートすべく、IP 技術の高度化も検討されている。

本稿では、ハンドオーバーにおけるパケットロスおよび順序逆転を防止する手法として、ハンドオーバー前に接続していたアクセスルータとその地理的周辺に位置するアクセスルータから、通信相手までの最短経路の交差点上にあるルータ (クロスオーバルータ)において、バッファリングを行うハンドオーバー制御手法を提案する。さらに実験システムにより評価を行いその結果を報告する。

第 2 章において、既存技術である Mobile IPv6 [1] と smooth handover [2] について説明し、その問題点

を述べる.第 3 章において,前章で述べた問題点を解決するハンドオーバー制御手法として,クロスオーバールータバッファリングハンドオーバを提案する.第 4 章において,実験で得られた結果より提案手法の有効性について述べる.第 5 章において,まとめと今後の課題について述べる.

2. 既存 IP ハンドオーバー制御技術

2.1. Mobile IPv6[1]

Mobile IPv6 では, HO 後に Mobile Terminal (MT) が Home Agent (HA) または Correspondent Node (CN) へ, ハンドオーバー要求である Binding Update (BU) を送信することにより, MT が移動しても通信を継続することが可能となる.しかし, MT が BU を送信している間に, CN より MT へ送信されたパケットは MT が HO 前に接続していた Access Router (AR) において,全てロスする.このため,サービスの中断やスループットの低下といった問題を引き起こす.

2.2. Smooth Handover[2]

Mobile IPv6 におけるパケットロスの問題を解決するため, HO 前の AR において, HO 中のパケットをバッファリングする手法が Smooth HO として IETF において提案されている.図 1 に Smooth HO の動作概要を示す.

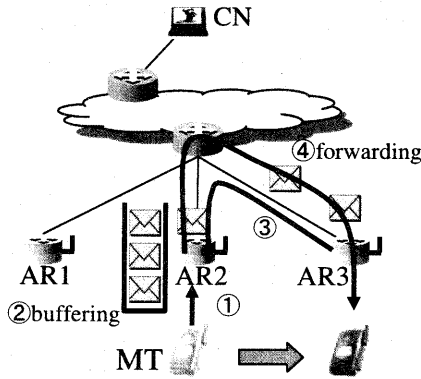


図 1. Smooth Handover の動作

- ① MT は HO 直前に,現在接続しているアクセスルータである AR2 に対してバッファリング指示を行う.
- ② HO 中に CN より送信されたパケットは, AR2 においてバッファリングされる.
- ③ MT は AR3 に HO すると, AR2 に対してバッファしたパケットの転送要求を送信する.

④ AR2 は バッファしたパケットを, AR3 宛に転送する.

このように, HO 中のパケットを一旦 HO 前の AR においてバッファリングしておくことで,パケットロスの無いハンドオーバを実現できる.

Smooth Handover には,バッファしたパケットを転送する際に,冗長経路とパケット順序逆転が発生するという問題がある.図 2 を用いてこの問題点を説明する.

Smooth Handover では, MT が HO 前に接続していた AR2 においてバッファリングをする.このため図 2-①に示すように, HO 中のパケットは一旦 AR2 を経由して, HO 後に接続する AR3 へ向けて転送される.これにより①の経路は冗長経路となり,パケット転送遅延時間の増大や,ネットワーク資源の浪費という問題がある.

また MT が CN へ BU を送信した後のパケットは,最短経路である②により転送される.このとき, CN から AR3 までのパケット転送所要時間は,経路①に比べ,HO 後の CN と MT 間の最短経路である②の方が短い.このため,経路①と経路②で転送されたパケットの間で, MT において順序逆転が発生してしまう.

TCP を用いたトラヒックでは,パケットの順序逆転はスループットの低下を招くため,大きな問題となる.

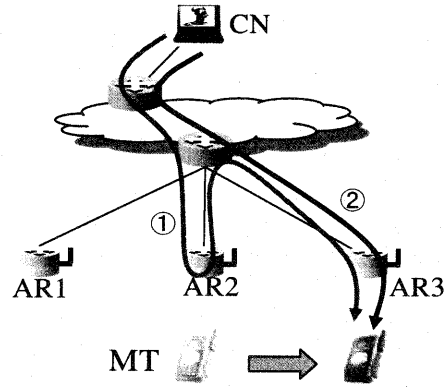


図 2. Smooth Handover の問題点

3. クロスオーバールータバッファリングハンドオーバ (CoRBHO)

本章では,パケットロスを発生させず,かつ 2.3 節で述べた冗長経路およびパケット順序逆転の問題を解決する,ハンドオーバー制御方式を提案する.本提案方式では,3.1 節で述べるクロスオーバールータ (Cross over Router: CoR) において HO 中の

パケットをバッファリングする。

3.1. クロスオーバルータの定義

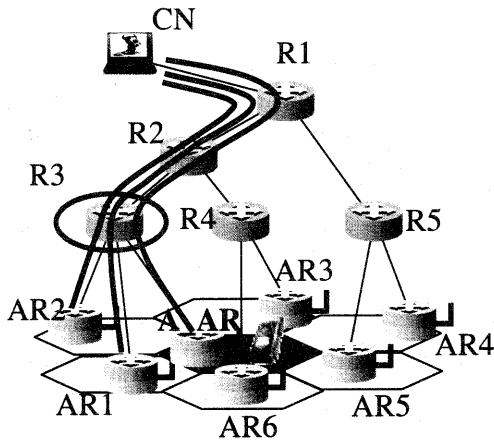


図 3. クロスオーバルータ

CoRは、MTが接続しているARとその移動先候補となる地理的周辺に位置するARから、CNまでの各最短経路の交差点上にあるルータと定義する。

図3を例に、CoRの位置を具体的に説明する。MTはAttaching AR (A_AR)に接続しているとする。

ここで、移動先の候補のARがAR1およびAR2である場合は、図3に示すようにA_AR, AR1, AR2からCNへの各最短経路の交差する点はR3であるため、この場合のCoRはR3となる。同様に移動先候補のARがAR3およびAR6の場合のCoRはR2、移動先候補のARがAR4およびAR5の場合のCoRはR1となる。また、周辺全てのARすなわちAR1からAR6全てを移動先候補とすると、CoRはR1となる。

CoRは、HO前後にMTが接続するARからCNまでの各経路の交差点上に位置するルータであるため、CoRでバッファリングを行う場合、パケットがCoRを経由しHO後のARへ転送されたとしても冗長経路は発生しない。また、CoRにおいてバッファしたパケットを転送する経路は、HO後のCNからMTまでのパケット転送経路上にあるため、それぞれの経路で転送されるパケットの間で順序逆転は発生しない。

3.2. バッファリング動作概要

図4にCoRBHOの動作概要を示す。

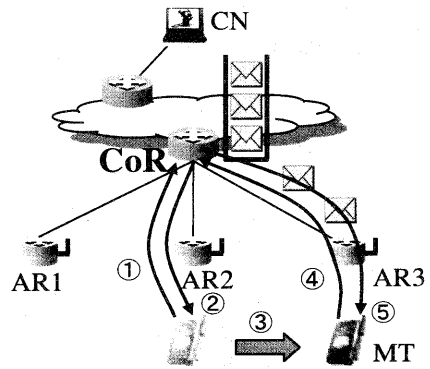


図 4. CoRBHO 動作概要

- ① MTはHOを行う以前に、CoRに対してバッファリング指示 (Buffer Indication: BuI)を送信する。
- ② これを受け取ったCoRは、BuIの確認メッセージ (Buffer Acknowledgement: BuA)をMTへ送信する。また、CoRは、MT宛のパケットをバッファリングしつつ、そのパケットをコピーし、HO前に接続していたARであるAR2にパケットを送信し続ける。
- ③ MTはBuAを受信した後に、移動先ARであるAR3へ移動する。
- ④ MTは新しいARであるAR3に接続すると、バッファしていたパケットの転送要求 (Forwarding Request: FR)をCoRへ送信する。
- ⑤ FRを受信したCoRは、AR3に向けてバッファしたパケットを転送するとともに、AR2へのパケット送信を停止する。

以上のような、ハンドオーバ制御を行うことにより、パケットロスがゼロであり、かつパケット順序逆転の発生しないハンドオーバ制御を実現することができる。

3.3. シーケンス番号管理

さらに、本提案手法ではHO前後における、パケットの重複受信を防止するため、バッファリングしたパケットに対してシーケンス番号を付与し、パケット単位での送信制御を行っている。図5に本提案方式におけるパケットシーケンス番号管理の動作概要を示す。

- ① CoRはMTよりBuIを受信すると、バッファするパケットにシーケンス番号を付与する。
- ② MTはHOを開始するときに、それまでに受信したパケットのシーケンス番号を記憶

しておく。

③ MTはHO後FRを送信するが、この時、HO前に受信したパケットの次のシーケンス番号をCoRに通知する。

④ CoRはFR内に示されたシーケンス番号以降のパケットをMTに向けて転送する。

このようにバッファリングするパケットをシーケンス番号により管理することで、MTにおけるパケットの重複受信を防止することができる。

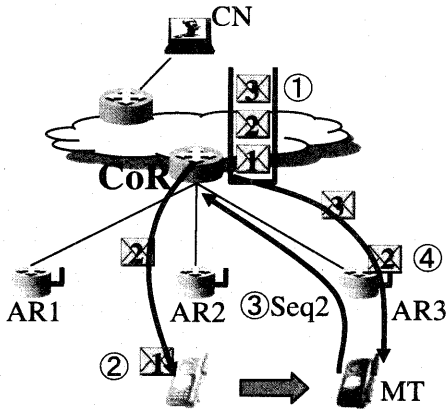


図5. シーケンス番号管理

3.4. クロスオーバールータ決定アルゴリズム

次にシグナリング手法を用いて、自動的にクロスオーバールータを決定するためのアルゴリズムについて述べる。

このアルゴリズムは、2つのフェーズすなわち、ARとGateway Router (GW)までの経路上にある各ルータから、この経路上にある別のルータを途中経由し、該ARの周辺にある全ARに至るまでのホップ数を計算するフェーズと、これらのホップ数を用いてCoRを決定するフェーズによって構成される。

<前提条件>

全てのルータは、任意のルータまでのホップ数を既知とする。これは例えば、ルーチングテーブルを参照することにより導出可能である。

<計算アルゴリズム>

フェーズ1

- ① ARは周辺全ARまでのホップ数を、CoR selectionメッセージに設定し、GWへ送信する。
- ② CoR selectionメッセージが経由する各ルー

タは、このメッセージを受信したら一旦捕捉し、以下の処理を行った後、このメッセージをGWに送信する。

②-a メッセージに設定されている、周辺全ARまでのホップ数に1を加える。

②-b メッセージを受信したルータから、周辺全ARまでのホップ数をこのメッセージへ追加設定する。

上記②をGWまでの経路上の全てのルータにおいて行う。

フェーズ2

- ③ CoR selectionメッセージを受信したGWは、経路上のルータから周辺ARまでのホップ数の合計値を、経路上の全ルータについてメッセージに設定されている値に基づき計算する。そしてその合計値が最小となるなかでARまでのホップ数が最小であるルータをCoRと決定する。

次に、図7と表1を用いて、クロスオーバールータ決定アルゴリズムを具体的に説明する。図7はクロスオーバールータ選択アルゴリズムの動作概要を示す。表1は図7のネットワーク内のAR2からGWまでの経路上における各ルータから、横軸に示すルータを途中経由して縦軸に示すARに至るまでのホップ数を示す。

まず、AR2は周辺ARであるAR1およびAR3までのホップ数についてルーチングテーブルを参照し求める。この場合、それぞれ2,4となる。(表1-(a))。そして、この計算結果をCoR selectionメッセージに設定し、GWへ送信する(①)。

次に、CoR selectionメッセージを受信したR2は、CoR selectionメッセージを捕捉し、AR2において設定されたホップ数に1を加える。これにより、R2からAR2を経由して、AR1およびAR3に至るまでのホップ数を求めることができる。このホップ数はそれぞれ3,5となる。さらにR2からAR1およびAR3までのホップ数を求め、それぞれの値1,3をCoR selectionメッセージに設定しGWへ送信する。(表1(b))。同様の処理をR1およびGWにおいて行う(表1(c),(d))。GWにおいてAR1およびAR3までのホップ数を計算し終わると、表1-(d)のようなテーブルが作成される。表1-(d)はGWからR1, R2, AR2の各ルータを経由して、AR1およびAR3に至るまでのホップ数を示す(②)。

最後に GW は, CoR selection メッセージが転送された経路上のルータごとのホップ数の合計値を計算する (③).表 1(d)では GW および R1 におけるホップ数の合計値が 6 となり,最小となる.この内,AR までのホップ数が最小となる R1 を CoR と決定する.

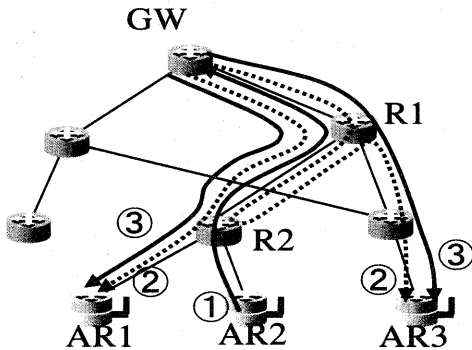


図 7.クロスオーバールータ決定アルゴリズム動作概要

	AR2		AR2	R2		AR2	R2	R1
AR1	2		AR1	3	1	AR1	4	2
AR3	4		AR3	5	3	AR3	6	4

(a) AR2からのホップ数 +1 (b) R2からのホップ数 +1 (c) R1からのホップ数

	AR2	R2	R1	GW
AR1	5	3	3	3
AR3	7	6	3	3
SUM	12	9	6	6

(d) GWからのホップ数

表 1.ホップ数比較表

3.5. ハンドオーバーシーケンス

本章のまとめとして,図 8 にハンドオーバー処理シーケンスを示す.

BuI の受信を契機に, CoR はバッファリングを開始すると同時に,バッファしたパケットをコピーし AR2 へ向けて送信し続ける, FR メッセージにてバッファリングを停止し, Seq=2 からのパケット転送要求を行うが, HO 直前に MT が受信したパケット (Seq=1) は, CoR より再送されない.

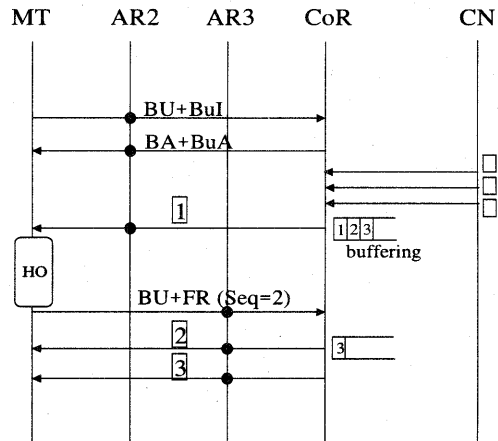


図 8.ハンドオーバーシーケンス

4. 実験結果および評価

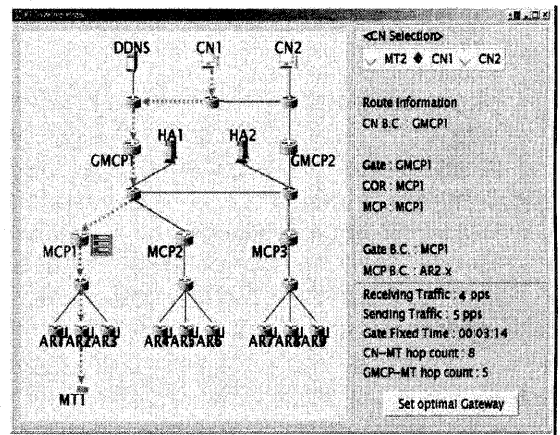


図 9. 実験システム構成図

Traffic	UDP: 384Kbps - 2Mbps
Packet Size	200Byte
Handover frequency	12times/min
Wired link delay	0-200ms
HO disruption time	10ms

表 2.実験パラメータ

本稿で提案する CoRBHO について,図 9 に示すネットワーク構成による実験システムを構築し,評価を行った.実験において用いたパラメータを表 2 に示す.なお,図 9 の MCP (Mobility Control Point) および GMCP (Gateway Mobility Control

Point)は、バッファリング機能をもった CoR となり得るルータを示す。

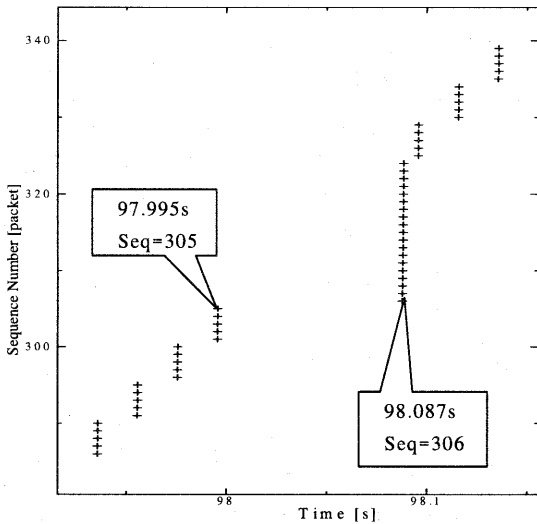


図 10 パケットシーケンス番号

図 10 は、本提案方式において HO 時に MT で受信したパケットシーケンス番号の様子の一例を示す。MT は 97.995 秒のときに HO を開始し、98.087 秒で HO を完了した。MT はハンドオーバー前に 305 のパケットを受信する。306 以降のパケットは CoR においてバッファリングされ、HO 後に MT に転送されることが実測され、これにより、HO によるパケット順序逆転は発生しないことが確認された。

5. まとめ

本稿では、ハンドオーバー時に順序逆転および冗長経路の発生しないロスレスハンドオーバーを実現するために、通信相手から HO 前の AR とその周辺に位置する全 AR への最短経路の交差点上にある、クロスオーバルータにおいてバッファリングを行う手法を提案した。また本提案方式の効果を検証する実験システムを構築し、ハンドオーバー中のパケットロスがゼロであり、かつパケットの順序逆転は発生しないことを確認した。

今後は、クロスオーバルータにおける必要バッファサイズの削減を目的に、バッファ開始のタイミングの最適化として L2 トリガを利用することを検討していく。

また本稿における CoR は、移動端末が移動する可能性のある周辺全ての AR の情報に基づき CoR を決定していたため、CoR の位置が移動端末から遠くなり、HO 要求のための遅延時間の増大につながる可能性があった。そこで、移動予測情報を用

いて端末が次に移動することが予想される AR を絞り込むことにより、CoR の位置が移動端末により近くなることを可能とするような CoR 決定手法を検討していく。

参考文献

- [1] H. Yumiba, et al “IP-Based IMT Network Platform,” IEEE Personal Communications, October 2001.
- [2] D. Johnson, et al, “Mobility Support in IPv6”, IETF draft-ietf-mobileip-ipv6-18.txt.
- [3] G. Krishnamurthi, et al, “Buffer Management for smooth handoffs in Mobile IPv6”, IETF draft-krishnamurthi-mobileip-buffer6-01.txt.