

# 와이브로에서 패킷 순서 뒤바뀜 문제 발생 방지를 위한 핸드오버 메카니즘

심민식<sup>o</sup>, 김화성

광운대학교 전자통신공학과

{asroom78@<sup>o</sup>, hwkim@daisy.}kw.ac.kr

A Handover Mechansim for Preventing Out-of sequence Problems in WiBro

Minsik Shim<sup>o</sup>, Hwasung Kim

Department of Electronic and Communications Engineering, Kwangwoon Univ.

## 요 약

일반적인 IP 네트워크에서 이동성을 보장해 주는 대표적인 기술인 Mobile IP 에서는 핸드오버에 따른 패킷 유실의 문제를 피할 수 없다. 따라서 이러한 패킷 유실의 문제를 해결하기 위한 대안으로 Smooth Handover 가 제시되었다. 하지만 Smooth Handover 의 경우 핸드오버 동안의 패킷 버퍼링과 핸드오버에 따른 패킷 순서 뒤바뀜의 문제가 발생하고 결과적으로 전체 네트워크의 성능이 감소하는 결과를 초래한다.

차세대 휴대 인터넷 기술인 와이브로(Wireless Broadband Internet, WiBro) 시스템에서도 역시 서비스 중인 단말이 핸드오버 시 동일한 문제가 발생한다. 특히 와이브로 시스템은 휴대성과 이동성을 보장하고 IEEE 802.16 표준을 기반으로 서비스 클래스에 따른 차별적인 서비스를 제공한다. 따라서 패킷 순서 뒤바뀜 문제를 해결하는 핸드오버 메카니즘이 휴대인터넷에서 필요하다. 본 논문에서는 와이브로 시스템에서 고속으로 이동 중인 단말이 핸드오버 시 발생할 수 있는 패킷 순서 뒤바뀜 문제를 해결하는 핸드오버 메카니즘을 제안 한다.

## 1. 서 론

개인용 휴대 단말기 보급의 증가 추세와 더불어 무선 및 이동 환경에서 인터넷 사용에 대한 요구가 증가 하고 있다. 이러한 이유로 휴대성과 높은 데이터 전송률을 보장하는 무선 인터넷 서비스인 와이브로가 ETRI와 국내 기업들에 의하여 개발 되었다. 특히 와이브로는 RtPS(Real-time Polling Service), NrtPS(Non-real Time Polling Service), BE(Best Effort service)의 세 가지 서비스 클래스를 정의 하고 이에 따른 차별적인 서비스를 제공한다[1][2]. 와이브로 망에서 서비스를 받고 있는 단말은 핸드오버 시 자신이 속한 특정 서비스 클래스 수준의 품질을 보장 받아야 한다.

일반적인 IP 네트워크에서 핸드오버 동안에 발생하는 패킷 유실 문제 해결을 위하여 Smooth 핸드오버 기법이 제안 되었다[4][5]. 하지만 Smooth 핸드오버의 결과 패킷 유실은 감소하더라도 버퍼링에 따른 패킷 순서 뒤바뀜 문제가 발생한다. 특히, TCP에서 순서가 뒤바뀐 패킷을 받은 단말은 중복되는 ACK를 송신 측에 보내고 송신 측은 이를 네트워크의 혼잡에 따른 패킷 유실 문제로 판단하고 혼잡제어 메카니즘을 수행한다[6]. 결과적으로 이로 인하여 단말이 받은 서비스 품질은 약화가 된다.

이와 마찬가지로 기본적인 와이브로 시스템의 핸드오버 메카니즘인 RAS간 핸드오버도 Smooth 핸드오버 기법과 같이 이전 RAS(Radio Access Station) 즉, pRAS(previous RAS)에서의 패킷 버퍼링과 미 전송 패킷 터널링이 이루어진다. 이러한 핸드오버 메카니즘은 크로스오버 라우터인 ACR에서의 새로운 트래픽과 pRAS의 미 전송 패킷 간에 순서 뒤바뀜 문제가 발생하게 되어 추가적인 순서 제어 메카니즘이 필요하게 된다.

그러나 nRAS(new RAS)에서의 추가적인 순서 제어 메카니즘은 고속으로 이동 중인 단말이 nRAS로 핸드오버 후 무선구간 접속 이후에 패킷 수신까지의 불필요한 지연을 발생 시킬 수 있으며 ACR과 pRAS 사이의 네트워크 자원의 불필요한 낭비를 초래한다. 따라서 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위한 핸드오버 메카니즘을 제안한다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장에서 와이브로 시스템에서

의 핸드오버 메카니즘을 설명하고 3장에서는 기본적인 와이브로 시스템에서 핸드오버 시 발생할 수 있는 패킷 순서 뒤바뀜 문제에 대하여 살펴본다. 4장을 통하여 제안하는 핸드오버 메카니즘을 설명하고, 끝으로 5장에서 결론을 맺는다.

## 2. 와이브로 시스템에서의 핸드오버 메카니즘.

### 2.1. 와이브로 시스템의 개요.

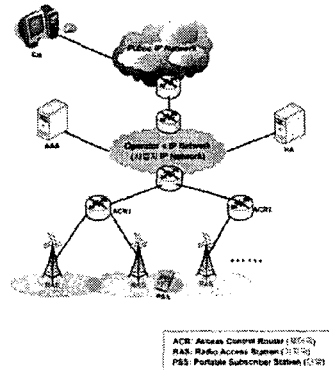


그림 1. 와이브로 시스템의 망 구성도

차세대 이동 IP 서비스인 와이브로는 무선 및 이동 환경에서 높은 전송률의 데이터 서비스를 제공한다. 특히 IEEE802.16e와 국내 표준에 따라서 각각의 서비스 클래스를 정의하여 차별적인 서비스를 제공한다. 그림 1에 와이브로 시스템의 망구성을 나타냈다[2][3]. 위 그림에서와 같이 와이브로 시스템은 이동 단말인 PSS(Portable Subscriber Station)와 기지국인 RAS(Radio Access Station), 그리고 여러 개의 RAS를 수용 및 제어하는 ACR(Access Control Router)로 구성되며 ACR은

IP망에 접속된다. 따라서, 와이브로에서의 핸드오버는 동일 ACR에 연결된 RAS 사이를 PSS가 이동할 때 발생하는 RAS간의 핸드오버와 서로 다른 ACR에 연결된 RAS 사이를 PSS가 이동할 때 발생하는 ACR 간 핸드오버로 구분된다. 이 중 본 논문에서 주로 다루게 될 RAS 간 기본적인 핸드오버 메카니즘에 대해서 2.2에 설명한다.

2.2 와이브로 시스템에서 핸드오버.

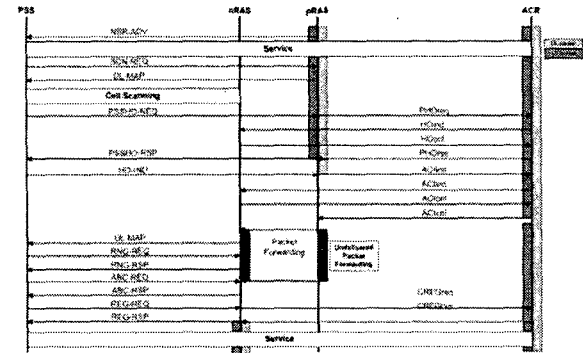


그림 2. RAS 간 기본 핸드오버 절차.

그림 2는 WiBro 표준에 근거하여 ETRI에서 제안한 RAS간 핸드오버 시그널링 과정이다. RAS간 핸드오버 시 ACR은 핸드오버 요청에 대한 결과 및 nRAS 정보를 포함한 HO-RSP 메시지를 pRAS에게 전달하게 되고, pRAS는 HO-RSP 메시지로 PSS에게 전송한 후 하향 패킷 전송을 중지한다. 이때 pRAS는 미 전송 패킷에 대한 버퍼링을 시작한다. 이후 pRAS는 가입자 세션에 대한 정보를 포함한 ACIind 메시지를 ACR을 통해 nRAS에게 전송하고, nRAS는 이에 대한 응답으로 nRAS 정보를 포함한 ACIcnf 메시지를 ACR을 통하여 pRAS에게 전달한다. 이때 ACR은 PSS에 대한 패킷 포워딩 정보를 갱신하고, ACR은 그 이후에 PSS로 향하는 새로운 트래픽을 nRAS로 전송하게 된다. 또한 ACIcnf 메시지를 수신한 pRAS는 RAS간 터널을 이용하여 미 전송 패킷을 전송한다.

pRAS로부터 미 전송 패킷과 ACR에 의해 터널링되는 새로운 패킷이 nRAS로 전송되어 버퍼링 되는 동안 PSS는 nRAS/ACR과 각각 RNG-REQ/RSP, REG-REQ/RSP 그리고 CREG-REQ/RSP 메시지 교환을 통해 접속을 완료하게 된다.

3. RAS 간 핸드오버 시 패킷 순서 뒤바뀔 문제.

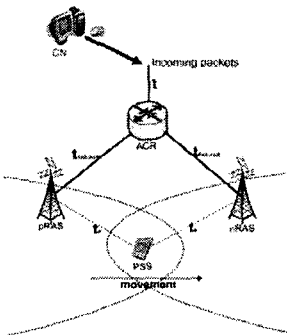


그림 3. 패킷 순서 뒤바뀔 문제 설명을 위한 토폴로지

와이브로 시스템에서 RAS 간 핸드오버 시 발생할 수 있는 문제에 대해서 설명하기 위해서 그림 3과 같은 가상의 네트워크

토폴로지를 구성했다.

순서 뒤바뀔 문제 설명을 위해서 먼저 그림 3에 대한 몇 가정을 했다.

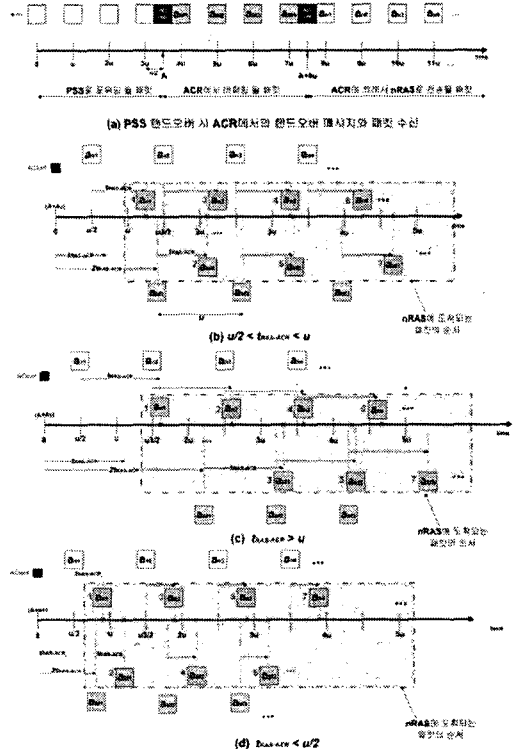


그림 4. 핸드오버 시 발생하는 순서 뒤바뀔 문제.

이동전 PSS는 pRAS를 통해서 CN으로부터 패킷을 수신 중이며 nRAS의 셀로 핸드오버 하는 것으로 가정했다. 또한 ACR과 RAS 간 링크에서 패킷 전송 지연을  $t_{RAS-ACR}$ 으로, 무선 구간 즉, PSS와 RAS 사이의 패킷 전송 지연 시간은  $t_w$ 이며, 각 링크의 상하향 링크 지연은 모두 같다고 가정한다.

이때 기존의 RAS 간 핸드오버에서 PSS가 CN으로부터 패킷을 수신하면서 nRAS로 핸드오버를 수행한다고 가정했을 때 ACR에서 수신하는 데이터 패킷과 와이브로 핸드오버 메시지에 대한 시나리오는 그림 4의 (a)와 같이 정의했다. 와이브로에서 RAS 간 핸드오버 시 ACR은 nRAS로부터 핸드오버 요청에 대한 응답 메시지를 수신하게 되면 pRAS에게 요청에 대한 응답 메시지를 전송하게 되고 그 이후에 pRAS에게 포워딩 되는 패킷들은 PSS의 HO-IND 메시지에 대한 응답인 ACIcnf를 수신 할 때 까지 pRAS에서 버퍼링 된다. 이것에 해당하는 트래픽은 그림 4의 (a)에  $a_{b11} \sim a_{b14}$ 의 패킷이다. 그러나 ACR은 pRAS보다 앞서 nRAS로부터 ACIind 메시지를 수신하게 되어 그림 5.  $a_{n1}$ 부터의 패킷들은 pRAS가 아닌 nRAS로 포워딩 된다. pRAS의 미 전송 패킷들은 ACR이 보낸 ACIind 메시지를 수신 한 시점이므로  $2t_{RAS-ACR}$ 의 시간 경과 후 ACR에 미 전송 패킷이 도달하게 되고 이 패킷은 다시 nRAS로 포워딩 된다.

각 패킷이 고유한 데이터그램 ID 혹은 TCP 트래픽의 sequence number가 순차적으로 부여된다는 점을 고려할 때, PSS가 새로운 nRAS 셀에서 패킷을 수신 해야하는 순서는  $a_{b11} \sim a_{b14}$ , 다음으로  $a_{n1} \sim a_{n4}$ 의 패킷들이 된다.

그러나 그림 4의 (b), (c), (d)에서와 같이 nRAS에 도착하는

패킷들은 그 순서가 뒤섞이게 된다. 휘바꿈의 형태가 다소 차이가 날 수 있는 것은 본 논문에서 고려한 바와 같이 패킷들의 inter-arrival time ( $\omega$ )과 RAS와 ACR간의 링크 지연 사이의 임의적인 차이 때문이다. 그러나 기본적으로 기존의 RAS간 핸드오버에서는 순서 휘바꿈 문제가 발생할 수 있음을 할 수 있다. 이러한 문제가 발생하는 원인은 pRAS가 nRAS에게 패킷 터널링을 위한 ACLind 메시지 교환과 이에 따른 추가적인 지연 요소인  $2t_{RAS-ACR}$  때문이다. 즉, pRAS에서의 미 전송 패킷 버퍼링은 터널 설정에 대한 확인 메시지 수신과 RAS와 ACR간의 링크를 통해 다시 ACR에게 패킷을 전송하면서 발생하는 추가적인 지연 요소 때문에 그 이후에 ACR에 도착하는 패킷과 뒤섞이게 된다. 이러한 방식의 패킷 전송은 ACR과 RAS 사이의 네트워크 자원에 대한 추가적인 사용이 요구되는 비효율성을 낳는다. 또한 핸드오버 시 패킷 순서 휘바꿈 문제는 와이브로를 통한 실시간 멀티미디어 서비스에 품질 저하를 야기한다. 따라서 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위한 핸드오버 메커니즘을 제안하였다. 이에 대한 설명은 4절에 제시했다.

4. 순서 휘바꿈 문제 해결을 위한 핸드오버 메커니즘.

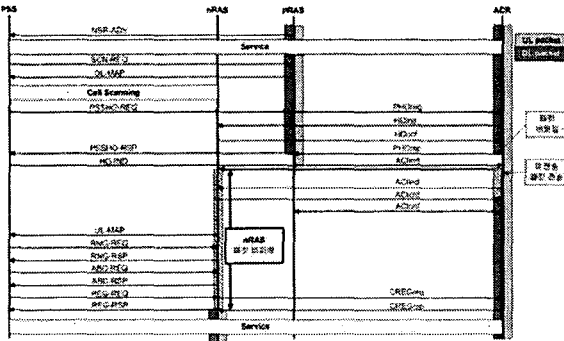


그림 5. 제안한 메커니즘에서의 미 전송 패킷 버퍼링과 전송

앞의 3절에서 설명한 바와 같이 pRAS 미 전송 패킷 버퍼링과 터널링은 네트워크 자원 낭비와 패킷 순서 휘바꿈 문제를 발생시킨다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 본 논문에서는 크로스오버 노드인 ACR에서의 패킷 버퍼링 메커니즘을 제안한다. 제안한 메커니즘에서의 미 전송 패킷 전송은 기존의 방법과 달리 PSS의 핸드오버 요청에 대한 응답 메시지가 ACR에 도착하면 패킷을 pRAS로 포워딩 하지 않고 버퍼링을 시작한다. 제안한 메커니즘에 대한 것은 그림 5에 나타났다.

본 논문에서 제안한 메커니즘에서는 그림 5과 같이 nRAS로부터 핸드오버 요청 메시지를 수신한 ACR은 하향링크로의 패킷 전송을 중지하고 버퍼링을 시작한다. 버퍼링 패킷은 PSS의 HO-IND에 대한 ACLind 메시지를 pRAS로부터 수신하면 nRAS로 포워딩 된다. ACR로부터 포워딩 된 패킷들은 nRAS에서 PSS가 우선 구간 접속이 완료 될 때까지 버퍼링된다. 이러한 과정에 따라서 기존의 pRAS의 미 전송 패킷 버퍼링과 같이 ACR과 RAS간의 중복 링크 사용과 추가적인 링크 지연 요소도 제거하는 효과를 볼 수 있게 되어 ACR에서 nRAS 바로 포워딩 되는 트래픽과 순서 휘바꿈 문제를 해결 할 수 있다.

그림 6은 그림 3의 네트워크 토폴로지를 기본으로 ACR에서의 데이터 패킷 수신 및 핸드오버 메시지 수신의 예와 nRAS에서 수신되는 패킷의 순서를 나타낸다. 기존의 방법과 달리 제안한 메커니즘에서는 ACR이 nRAS로부터 핸드오버 요청에 대한 응답 메시지를 수신하면 PSS로의 패킷 전송을 중지하고 버퍼링 (Abf1~Abf14 패킷)을 실시한다. 버퍼링 패킷들은 pRAS의 ACLind 메시지가 ACR에 도착하게 되면 nRAS로 포워딩 되며 그 이후의

새로운 트래픽도 역시 순차적으로 nRAS로 포워딩 되어 버퍼링 된다. 따라서 그림 6(b)에서와 같이 nRAS에 도착하는 패킷은 순서 뒤섞임이 발생하지 않는다. 또한 제안한 메커니즘에서는 pRAS 미 전송 패킷 버퍼링에 따른 불필요한 자원 낭비를 방지하고 새로운 셀의 RAS에서의 패킷 순서 제어 알고리즘의 필요성을 제거할 수 있다.

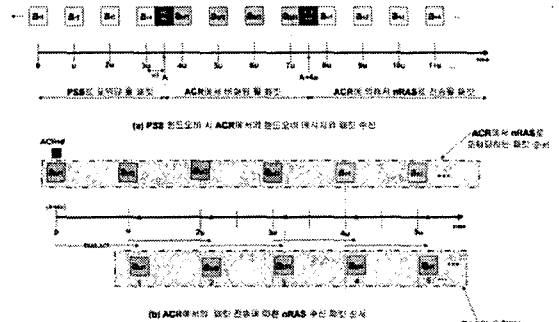


그림 6. 제안한 메커니즘에서의 nRAS 수신 패킷 순서

5. 결론

휴대인터넷에서의 가장 큰 문제점 중 하나는 단말의 핸드오버에 따른 서비스 품질의 악화이다. 이러한 서비스 품질 악화는 핸드오버 동안에 발생 할 수 있는 패킷 유실과 이 문제를 해결 하기 위하여 패킷 버퍼링 기법을 적용 할 때 발생 할 수 있는 패킷 순서 휘바꿈 문제, 두 가지 모두에 의하여 발생 할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 휴대 인터넷 구조에서 핸드오버 시 서비스 품질을 보장 할 수 있는 핸드오버 메커니즘을 제안하고 설명했다. 와이브로에서 기본적으로 정의한 RAS 간 핸드오버 메시지 교환과 패킷 버퍼링, 그리고 그에 따른 순서 휘바꿈 문제를 정의하고 ACR 버퍼링 및 패킷 포워딩 메커니즘을 통하여 pRAS에서 버퍼링과 패킷 재 전송의 경우보다 ACR 버퍼링 핸드오버 메커니즘이 패킷유실 방지를 위한 버퍼링과 패킷 순서 휘바꿈 문제에 있어서 좋은 결과를 낼 수 있다는 것을 확인 할 수 있었다.

향후 연구의 초점은 초고속 휴대인터넷인 와이브로 시스템이 그 백본망을 IP로 설계 될 것이므로 동일한 네트워크 도메인에서의 RAS 간 핸드오버 시 성능 개선뿐만 아니라 IP 프릭픽스가 변경되는 IP 도메인 간 핸드오버 시 발생할 수 있는 패킷 손실 방지 기법과 수신 패킷 순서 휘바꿈 문제 해결을 위한 방안도 추가로 연구되어야 할 부분이다.

참고 문헌

- [1] "The HPI Handover Specification", ETRI 2003.
- [2] "Specifications for 2.3GHz band Portable Internet Service Physical & Medium Access Control Layer", TTA Standard, June, 2005.
- [3] S.H. Lee, "Mobility for WiBro", KRnet2005, The 13th Korea Internet Conference, Page 92-97, June, 2005.
- [4] C. Perkins, "IP mobility support", Internet RFC 2002, Oct. 1996.
- [5] C. Perkins and K.Y. Wang, "Optimized Smooth Handoffs in Mobile IP", Computers and Communications, July 1999.
- [6] M. Allman V. Paxson, and W. Stevens, "TCP congestion control", RFC-2581, April 1999.