

# Mobile IPv4에서의 Seamless 핸드오프 프로토콜 설계 및 검증

박병준<sup>0</sup> \*, 송병권 \*\*, 정태의 \*  
\* 서경대학교 컴퓨터학과  
\*\* 서경대학교 정보통신공학과  
e-mail : [ecalooos@yahoo.co.kr](mailto:ecalooos@yahoo.co.kr)

## Design and Verification of Seamless Handoff Protocol over Mobile IPv4

Pyong-Jun Park<sup>0</sup>\*, Byung-Kwon Song \*\*, Tae-Eui Jeong \*  
\* Dept. of Computer Science, SeoKyeong University  
\*\* Dept. of Information and Communication Engineering, SeoKyeong University

### 요약

Mobile IP는 현재의 인터넷에서 노드가 링크를 변화시킬 때 통신이 지속 될 수 있도록 이동성(Mobility)을 제공하기 위한 방안이다. Mobile IP는 MN(Mobile Node)이 HA(Home Agent)와 FA(Foreign Agent)사이에서 링크를 변화시킬 때 CN(Correspondent Node)과 지속적인 통신을 할 수 있도록 한다. 그러나 FA에서 FA로 MN이 노드의 위치를 바꿀 때에는 핸드오프(Handoff)가 발생하여 패킷이 손실 될 수도 있다. 본 논문은 MN이 FA에서 다른 FA로 이동할 때 발생하는 패킷 손실과 순서변경에 대한 경우를 살펴 이를 해결하기 위한 Seamless 핸드오프 프로토콜을 기술하고 이를 검증한다.

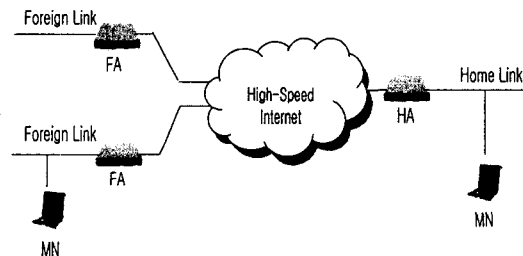
### 1. 서론

현재 인터넷은 우리 생활의 일부가 되어 있으며, 그 중요성은 나날이 급증하는 추세이고 근래에 들어서는 이러한 서비스가 유선을 넘어 무선으로 까지 확대되고 있다. 이러한 발전은 휴대용 기기(노트북, PDA, 휴대폰)등의 발전으로 인하여 더욱 가속화 되고 있다. 이러한 욕구를 충족시키기 위해서 나온 해결 방안이 Mobile IP이다. Mobile IP는 인터넷에서 노드 이동성을 해결하기 위한 네트워크 레이어 해결 방안[1]이며 Mobile IP를 사용하면 인터넷 라우팅 구조를 통한 Host-Specific 라우트의 전파 없이 노드 이동성이 현실화 된다[2]. MN은 자신의 홈 링크(Home Link) 상에서 CN과 통신을 하다가 외부 링크(Foreign Link)로 이동을 하면 외부 링크 상의 FA와 홈 링크 상의 HA에게 자신의 위치를 알려주어야 하는데 이를 등록(Registration)[3]이라 한다. 본 논문은 등록 과정 중에 발생될 패킷의 손실의 문제점을 살펴 보고, 그 해결책인 Seamless 핸드오프 프로토콜을 제안한다.

### 2. FA간 핸드오프

Mobile IP는 MN과 HA 그리고 FA로 구성된다. MN은 통신을 유지하며 자신이 원래 가지고 있는 IP를 사용하여 어느 한 링크에서 다른 링크로 이동하는 노드를 말하며, HA는 MN의 홈 링크에 인터페이스를 가지고 있는 라우터를 말하고 FA는 MN의 외부 링크에 있는 라우터를 말한다 [4]. <그림 1>은 Mobile IP의 일반적인 구성을 그림으로 나타낸 것이다. 먼저 MN이 HA와 FA로 자신의 위치를 이동하는 경우에는 터널링(Tunneling)과 같은 과정을 통하

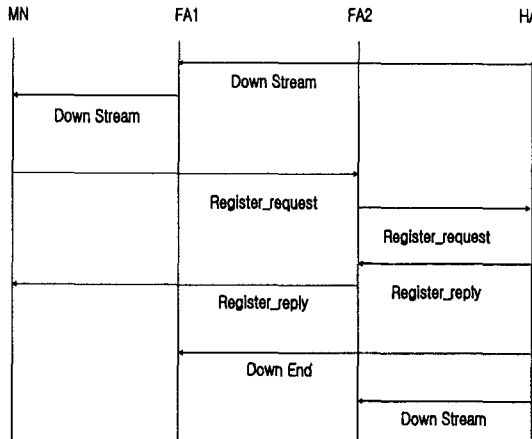
여 MN이 CN으로부터 전송된 모든 패킷을 받을 수가 있다 [5]. 그러나 MN이 FA에서 FA로 자신의 위치를 이동할 경우에는 그렇지 않다. MN은 HA를 통해서 오는 패킷을 FA를 통해서 받고 있다 MN이 다른 FA로 이동을 하면 MN이 이동하기 전의 FA를 통해 전송되던 패킷은 그대로 손실된다. 또한 MN이 이동한 다른 FA에게는 손실된 패킷의 순서보다 높은 순서의 패킷들이 전송되기 때문에 MN에게는 결국 순서가 변경된 패킷들이 전송된다.



<그림 1> Mobile IP의 일반적인 구성

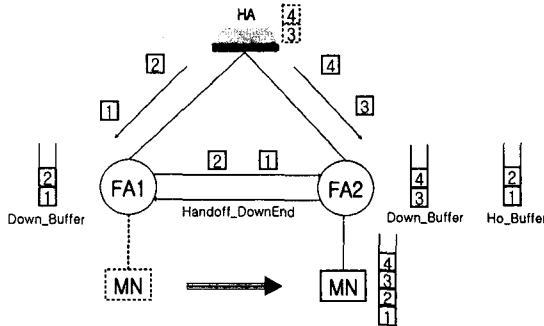
<그림 2>의 흐름은 <그림 1>의 내용을 좀더 알기 쉽게 메시지 별로 정리를 한 것이다. <그림 2>를 보면 먼저 FA1과 FA2가 있는데 FA1은 MN이 이동하기 전의 FA이고 FA2는 MN이 이동한 후의 FA이다. HA는 먼저 FA1을 거쳐 MN에게 패킷을 전송한다. 그리고 MN은 FA2로 자신의 위치를 바꾸고 FA2에게 Register\_request 메시지를 전송한다. 이 부분이 바로 핸드오프가 발생하는 순간이다. MN으로부터

Register\_request 메시지를 수신 받은 FA2는 다시 HA로 이 메시지를 전송한다. Register\_request 메시지를 수신한 HA는 이 메시지에 대한 응답으로 Register\_reply 메시지를 FA2에게 전송한다. Register\_reply 메시지를 수신한 FA2는 다시 MN에게 전송을 한다. 그리고 HA는 FA1에게로 전송되던 패킷을 중지시키고 FA2에게 패킷을 전송한다.



<그림 2> 핸드오프 시의 메시지 흐름도

3. FA간 Seamless 핸드오프 프로토콜 처리 절차 및 검증



<그림 3> 핸드오프 프로토콜의 구조도

본 논문에서는 이와 같이 패킷의 손실과 순서 변경에 대한 경우에 대한 해결책으로 Seamless 핸드오프 프로토콜을 제안한다. <그림 3>은 Seamless 핸드오프 프로토콜의 구조를 그림으로 나타낸 것이다. <그림 3>을 보면 Ho\_Buffer와 Down\_Buffer가 나오는데 Ho\_Buffer는 FA1에서 MN이 이동한 뒤에 HA에서 전송된 패킷을 저장한 뒤에 FA2에게 전송한 다음 전송된 패킷들을 저장하기 위한 버퍼이고, Down\_Buffer는 핸드오프가 일어난 뒤에 HA에서 전송되는 패킷들을 핸드오프가 처리되는 동안 FA1과 FA2에게로 전송되는 패킷들을 저장하기 위한 버퍼이다. 다음은 MN이 FA1에서 FA2로 이동한 뒤의 과정이다.

- ① MN은 FA1에서 FA2로 이동을 하고 FA1을 통해 MN에게 가던 1번, 2번 패킷은 FA1의 Down\_Buffer에 저장된다.

- ② HA에서 FA2를 통해 MN에게 보내지는 3번, 4번 패킷은 FA2의 Down\_Buffer에 저장된다.
- ③ FA1의 Down\_Buffer에 저장돼 있던 패킷을 FA2의 Ho\_Buffer로 전송한다.
- ④ FA2는 FA1의 Down\_Buffer에 있던 1번, 2번 패킷이 FA2의 Ho\_Buffer로 전송이 완료되면 Handoff\_DownEnd 메시지를 보내어 전송이 모두 완료되었음을 FA1에게 알려준다.
- ⑤ FA2는 먼저 FA2의 Down\_Buffer에 저장돼 있던 1번, 2번 패킷을 MN에게 전송하고, Ho\_Buffer에 저장돼 있던 3번, 4번 패킷을 MN에게 전송한다.

Seamless 핸드오프 프로토콜은 <그림 3>과 같은 과정을 통하여 패킷의 손실과 순서 변경에 대한 문제를 해결하며 이 과정을 HSC(Handoff Sequence Control)라고 부르기로 한다.

3.1 HSC 처리 절차 흐름도



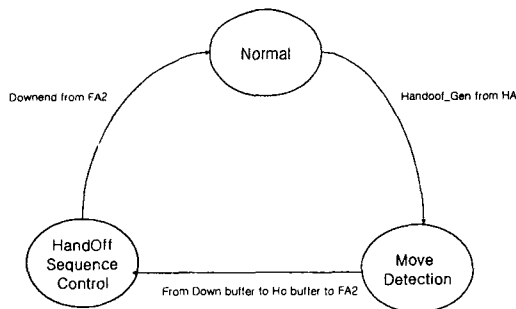
<그림 4> HSC 프로토콜이 적용된 메시지 흐름도

<그림 4>는 위에서 설명한 HSC 과정을 메시지 형식으로 프로토콜을 설명한다. <그림 4>에서 보는 것과 같이 MN은 FA2로 자신의 위치를 바꾸면서 시작한다. MN은 FA2에게 MN이 위치를 바꿨다는 사실을 알려주기 위해 Register\_request 메시지를 전송한다. MN으로부터 Register\_request 메시지를 수신 받은 FA2는 다시 HA로 이 메시지를 전송한다. Register\_request 메시지를 수신한 HA는 이 메시지에 대한 응답으로 Register\_reply 메시지를 FA2에게 전송한다. 그리고 HA는 이 메시지에 대한 응답으로 Register\_reply 메시지를 FA2에게 전송한다. 이 과정과 동시에 핸드오프가 일어났다는 사실을 알려주기 위해 FA1에게 Handoff\_Gen 메시지를 전송한다. FA1은 HA가 전송한 Handoff\_Gen 메시지를 수신하고 핸드오프가 일어났다는 사실을 알게 된다. Register\_reply 메시지를 수신한 FA2는 다시 MN에

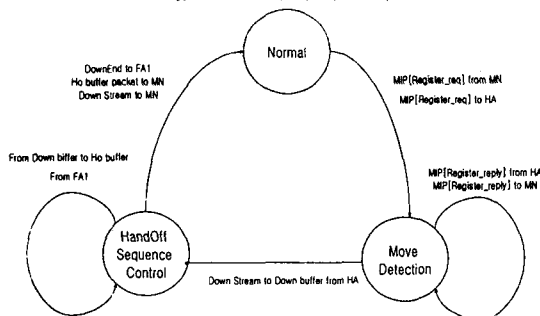
게 전송을 한다. 그리고 HA 는 FA1 에게 가던 패킷을 FA2 에게 전송하는 데 FA2 는 HA 에게 전송되는 패킷을 모두 FA2 의 Down\_Buffer 에 저장한다. 한편 FA1 은 FA1 의 Down\_Buffer 에 저장되어 있던 패킷을 FA2 의 Ho\_Buffer 에 저장한다. 패킷의 전송이 모두 완료되면 FA2 는 FA1 에게 **Handoff\_DownEnd** 메시지를 전송한다. 그리고 FA2 는 MN 에게 먼저 Ho\_Buffer 에 있던 패킷을 전송을 하고 패킷의 전송이 모두 완료되면 Down\_Buffer 에 있던 패킷을 MN 에게 전송한다. 이제까지 Seamless 핸드오프 프로토콜에서 HSC 과정이 어떻게 이루어 지는 지를 살펴보았다. 다음은 Seamless 핸드오프 프로토콜을 상태 천이도(State Transition Diagram)와 페트리 넷 (Petri-Net)을 이용하여 검증을 하겠다.

3.2 HSC 핸드오프 프로토콜의 State Transition

이제부터 본 논문에서 제안한 Seamless 핸드오프 프로토콜에 대하여 상태 천이도를 구현한다. <그림 5>, <그림 6>에서 보는 바와 같이 상태는 Normal, Move Detection, Handoff Sequence Control 이렇게 세가지 상태로 구분될 수가 있다. Normal 상태는 MN 이 평상시와 같이 FA 를 통하여 정상적으로 CN 과 패킷을 주고 받는 경우이며, Move Detection 은 MN 이 FA1 에서 FA2 로 자신의 위치를 이동하고 HA 와 FA1, FA2 에게 자신의 위치가 이동했다는 사실을 알리는 과정을 말한다. 그리고 Handoff Sequence Control 은 MN 이 위치를 이동했을 때 패킷의 손실이나 순서 변경이 없이 패킷을 받을 수 있도록 하는 과정이다. HA 와 MN 의 상태 천이도는 생략한다.



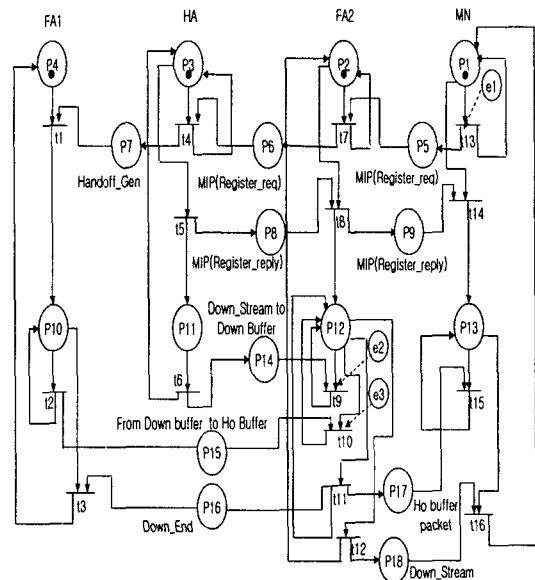
<그림 5> FA1의 상태 천이도



<그림 6> FA2의 상태 천이도

3.3 페트리 넷에 의한 증명

본 절에서는 3.2절의 상태 천이도를 토대로 HA와 FA 그리고 MN사이의 패킷이 교환되는 과정을 페트리 넷으로 설명한다. <그림 7>은 Seamless 핸드오프 프로토콜을 페트리 넷으로 모델링 한 것으로서 화살표는 각 상태들간의 패킷의 흐름을 나타내고 있다. <그림 7>에서 각 상태들 중에 P1에서 P4까지는 Normal 상태를 나타내는 것이고, P8에서 P9까지는 Move Detection 상태가 된다. 그리고 P10에서 P13까지는 Handoff Sequence Control 상태가 된다. P5에서 P7 그리고 P14에서 P18까지는 각 메시지의 전달 경로가 된다. 그리고 상태 P1, P2, P3, P4의 검은 점은 초기 토큰을 나타내고 있다.



<그림 7> HSC 프로토콜의 페트리 넷 모델

4. 결론

이제까지 본 논문에서는 Seamless 핸드오프 프로토콜에 대해 설명, 제안하고 상태 천이도 와 페트리 넷을 이용하여 증명하였다. 앞으로의 연구방향은 NS2[6] 를 사용하여 Seamless 핸드오프 프로토콜의 성능 분석을 함으로서 해당 알고리즘의 효율성을 증명할 계획이다.

[참고문헌]

- [1] James D. Solomon, *Mobile IP*, Prentice Hall, 1998.
- [2] J. Solomon, "Applicability Statement for IP Mobility Support", RFC 2005, October 1996.
- [3] C. E. Perkins, *Mobile IP*, IEEE Communications Magazine, Vol 35 No 5 84-99, May 1997.
- [4] C. E. Perkins(ed), "IP Mobility Support for IPv4", RFC 3344, August 2002.
- [5] W. Simson, "IP in IP Tunneling", RFC1853, October 1995.
- [6] Kevin Fall(ed), Kannan Varadhan(ed), *NS Manual*, The VINT Project, April 2002.