

# Cellular IP 핸드오프 확장 방안

김정인<sup>0</sup> 이명진 김명철  
한국 정보 통신 대학원 대학교  
(ferma, solma, mckim)@icu.ac.kr

박정현  
한국 전자 통신 연구원  
pjh@nsl.etri.re.kr

## The Extension of Handoff Mechanism in Cellular IP

Jeongin Kim<sup>0</sup>, Myungjin Lee, Myungchul Kim  
School of Engineering  
Information and Communications University  
P.O. Box 77, Yusong, Daejeon 305-600, Korea

Jeonghyun Park  
ETRI  
616 Gajeong-dong, Yusong,  
Daejeon 305-350 Korea

### 요 약

Cellular IP는 micro-mobility와 seamless handoff를 지원하기 위해 제안된 프로토콜이다. Cellular IP는 핸드오프 동안 지연과 패킷 손실을 줄이기 위해 semi-soft handoff 메커니즘을 사용한다. 반면, 이 메커니즘은 네트워크 자원의 낭비를 초래한다는 단점을 가지고 있다. 본 논문에서는 이러한 낭비를 줄이면서, 핸드오프 동안의 패킷 손실을 방지하는 방안을 제시하고, ns2를 이용한 시뮬레이션을 통해 제안된 메커니즘의 성능을 측정하도록 한다.

### 1. 서 론

이동성 단말기기의 등장으로 인터넷 사용자들은 보다 빠른 네트워크 액세스와 이동성에 따른 서비스 품질의 보장에 대한 요구가 증가하고 있다. 이러한 요구를 충족시키고자 다수의 프로토콜이 제안되고 있다. 대부분의 이동성을 보장하는 네트워크는 Mobile IP[1]를 채택하고 있다. Mobile IP의 경우, mobile host (MH)가 이동할 때마다 Mobile IP registration이라는 과정을 거쳐야 하기 때문에, 핸드오프 시 지연이 심하다는 단점을 가지고 있다. 이러한 지연에 의한 문제점을 해결하기 위하여, 이동성을 macro-mobility, micro-mobility로 나누어 서로 다른 이동성 프로토콜을 이용하는 방안들을 제안되어 있다[2][4]. Micro-mobility를 지원하는 프로토콜 중 본 논문은 Cellular IP 네트워크에 대해 다루고자 한다.

Cellular IP는 Cellular IP 액세스 네트워크 내에서의 MH의 이동성을 Mobile IP 등록 절차 없이 지원함으로써, fast하고 seamless 이동성을 보장한다. 또한 핸드오프 시 예상되는 서비스 품질의 저하를 방지하기 위해 semi-soft handoff라는 메커니즘을 사용하는데, 이 메커니즘은 bandwidth의 낭비라는 단점을 안고 있다[2]. 본 논문은 이러한 문제점을 해결하면서 핸드오프 시 서비스 품질 저하를 최소화하기 위한 방안을 제안하고자 한다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 2장에서 mobility를 위해 제안되어 있는 프로토콜에 대해 알아보고 그 중 Cellular IP의 핸드오프에 대해 3장에서 다룬다. 4장에서는 3장의 메커니즘에서의 문제점 해결을 위해 제안한 프로토콜에 대해 설명하고 5장에서 각각의 핸드오프 메커니즘과 성능을 비교 분석하여 6장에서 결론을 맺도록 한다.

### 2. 관련 연구

보다 효율적으로 이동성을 보장하기 위해 현재 Mobile IP에서 지원되지 않는 seamless mobility, passive connectivity, 페이징, 시그널링의 최소화, 확장성이 요구되며, 이를 위해 다수의 해결책들이 제안되고 있다. [6]은 서로 다른 프로토콜을 채택, 사용하는 무선 액세스 네트워크와 이들의 연동을 위해 global mobility protocol을 사용하는 계층적 구조의 네트워크 모델을 제안하고 있다. 이 모델에서 global protocol은 주소 변환과 보안을 담당하며, 무선 네트워크는 local location management와 이동성을 보장한다. 이와 비슷하게, Foreign Agent(FA)를 계층적으로 구성하는 Mobile IP도 제안되어 있다[7][8]. 계층 구조 최상단 FA가 Mobile IP의 care-of address의 역할을 한다.

위에 언급한 프로토콜의 per-mobile-state와 hop-by-hop routing 외에 Cellular IP[3]처럼 사용자를 active와 passive 상태로 나누어 passive connectivity를 지원하는 메커니즘들도 제안되어 있다. 전자는 FA가 자신에게 속한 MH들의 데이터 베이스를 모두 관리해야 하는 반면, Cellular IP는 FA에 속해 있는 MH중 현재 통신하고 있는 MH들에 대한 데이터 베이스만 관리하게 함으로써, MH에 대한 검색 시간을 단축시키고 프로토콜 확장성을 좋게 한다. 더구나, IP 포워딩 메커니즘이나 패킷 형식의 수정 없이 무선 액세스 네트워크에서 IP 라우팅을 대체할 수 있다. Cellular IP는 location management와 라우팅을 통합하여 효율성을 추구한다.

Cellular IP와 마찬가지로 HAWAII도 확장성과 에너지 절약에 효율적이며, 또한 MH에게 적절한 품질의 서비스를 제공하는 프로토콜로 seamless mobility, passive connectivity와 페이징을 지원한다[4]. Cellular IP는 간결함을 추구하는 반면 HAWAII는 네트워크를 구성하는 노드들이 IP router로 동일한 수의 MH를 지원하는 액세스 네트워크를 구성하는 경우,

Cellular IP에 비해 설치 비용이 비싸다는 단점을 가지고 있다. 또한 라우팅 경로를 설정하거나, 핸드오프 시 old BS에서 new BS로 패킷을 포워딩하는 경우 시그널링 메시지를 사용하지만, Cellular IP는 일반 데이터 패킷으로 위치 정보와 페이지 정보를 전송함으로써 시그널링 메시지의 교환을 줄인다. Cellular IP의 이러한 장점들이 네트워크 구성 범위를 피코 네트워크에서 메트로폴리탄까지 확장할 수 있도록 한다.

위에서 언급한 프로토콜들은 핸드오프 동안 서비스 품질의 저하를 최소화하는 방안들을 각각 가지고 있다. 그 예로, HAWAII는 핸드오프시 old BS와 new BS 사이에 시그널링을 교환하여, 기존의 BS에 도착한 패킷을 포워딩함으로써 seamless mobility를 지원한다.

3. Cellular IP에서의 핸드오프

Cellular IP에는 2가지 핸드오프 메커니즘이 있다. 하나는 MH가 새로운 BS를 발견하여 이동할 때까지 Cellular IP의 어느 노드도 특별한 기능을 수행하지 않는 hard handoff인데, 이는 핸드오프 시그널링을 줄인다는 장점이 있으나, 핸드오프 동안 old BS로 도착하는 패킷들이 손실된다는 단점을 가지고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해, semi-soft 핸드오프 메커니즘이 제안되었는데, 이는 MH가 핸드오프 동안 동시에 2개의 BS로부터 패킷을 받을 수 있다는 사실을 기반으로 한다.

3.1. Semi-soft Handoff

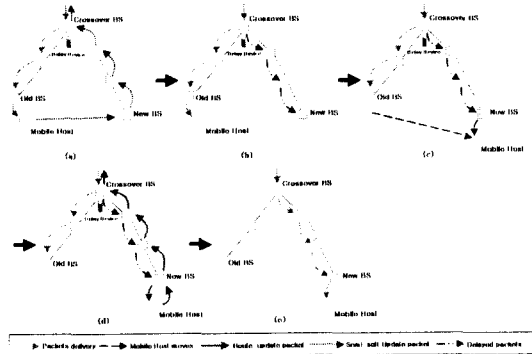


그림 1. Cellular IP Semi-soft 핸드오프

Hard handoff의 경우, MH가 핸드오프하여 새로운 BS로 옮겨도 old BS로부터의 경로가 잠시동안 유지된다는 사실에 기인하여, MH가 핸드오프를 발생시켜 new path가 형성되는 동안, old path로부터 데이터를 계속 전송 받도록 하는 것이 semi-soft 핸드오프 메커니즘이다.

MH가 실제 핸드오프를 일으켜 옮겨 가기 전, new BS에 semi-soft route update 패킷을 전송하여, 잠시 후에 자신이 new BS로 옮겨갈 것을 알리고 new path를 형성하도록 한다. Semi-soft route update 패킷을 new BS로 전송한 후 즉시, MH는 old BS로 수신기를 돌려 cross-over node로부터 데이터를 계속 전송 받는다. 비록 MH가 old path로부터 데이터를 받더라도, new path가 형성된 뒤에는 MH로의 데이터 패킷을 new path로도 전송함으로써 MH가 핸드오프를 일으켰을 때, new path로부터 바로 데이터를 전송 받도록 하여, 핸드오프 동안의 패킷 손실 또는 지연을 줄인다. 이후 MH가 route update 패킷을 전송하여

핸드오프를 마치면, cross over node (old path와 new path의 교차점)에서 old path로의 데이터 전송을 중지한다.

만일 old path로의 데이터 전송이 new path에 비해 느리다면, 핸드오프를 일으켰을 때 new path로부터 적절한 데이터의 수신을 보장할 수 없다. 이 문제의 해결을 위해 cross-over node에 적절한 크기의 delay device를 두어 new path로의 패킷 전송은 이 device를 통과하도록 하는 방안을 채택하고 있다.

3.2. Cellular IP 핸드오프의 문제점

위의 메커니즘에서는 핸드오프 시 동일한 MH에 대해 동시에 이 두 path를 점유하여 bandwidth의 낭비를 초래한다는 단점을 가지고 있다. Cellular IP routing algorithm으로 네트워크가 갖는 특징 중 하나는, Cellular IP 액세스 네트워크가 어떠한 형태로 구성되어 지더라도, 각각의 Cellular IP node의 uplink neighbor가 유일하기 때문에 논리적인 구성이 트리 형태를 띠게 된다는 것이다. 이는, 상위 링크에서의 network load는 하위 노드에 영향을 미칠 수 있다는 것을 의미한다.

핸드오프 시 최악의 경우 cross-over node가 게이트웨이가 될 수 있으며, 동시에 이동성을 지원해야 하는 MH의 개수가 많은 경우, 이러한 bandwidth의 낭비는 간과할 수 없는 문제점이 될 것이다. 또한 라우팅 경로에 의한 논리적인 네트워크 구성은 때때마다 변경될 수 있으므로, 상위 링크와 하위 링크의 차별을 두어 물리적 네트워크를 구성하여 문제를 해결할 수 없다.

본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 확장된 semi-soft handoff mechanism을 제안한다.

4. Cellular IP Semi-soft Handoff 확장 방안

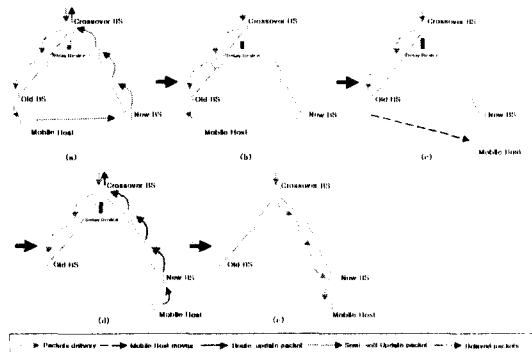


그림 2. 확장된 Cellular IP handoff 메커니즘

그림 2에서는 3.2절에서 언급한 Cellular IP handoff 메커니즘의 문제점을 해결하기 위해 본 논문이 제안한 확장 메커니즘을 도시하고 있다. 제안된 메커니즘에서는 MH가 전송한 semi-soft route update packet으로 new path가 형성된 뒤, cross-over node에서 old path와 new path에 동시에 packet을 전송하는 대신, MH로부터 route update packet을 수신할 때까지 delay buffer를 통한 packet을 버린다. 이 메커니즘은 semi-soft handoff와 똑같이 낮은 패킷 손실률을 보장하며, 더불어 핸드오프로 인한 네트워크 bandwidth의 낭비를 방지한다. 반면, new BS와 cross-over node 간의 round trip time에 해당하는 핸드오프 지연시간을 갖게 된다는 단점이 있다. 그러나 다음 장에서 설명할 시뮬레이

선의 결과, 이 지연 시간은 무시해도 좋을 만큼 작다.

### 5. 성능 평가

본 장에서는 Cellular IP의 hard handoff, semi-soft handoff, 그리고 본 논문이 제안한 메커니즘을 각각 시뮬레이션하여, 성능 평가하도록 한다.

#### 5.1. 시뮬레이션 환경

Cellular IP는 IP 네트워크의 성능 측정을 위해 널리 사용되는 ns2 시뮬레이터[9][10]로 구현되어 있다. Hard handoff의 경우 기존의 구현된 것을 그대로 사용하였으며, semi-soft handoff와 제안된 메커니즘의 경우, 기존의 구현 수정하여 시뮬레이션하였다. 본 시뮬레이션에서는 correspondent host (CH)가 210 바이트 패킷을 매 5ms 마다 MH에 전송하며, 각 Cellular IP node는 10 Mbps 용량의 유선 링크로 연결되어 있다. 유선 링크 각각의 지연은 2ms으로 가정한다. 시뮬레이션한 네트워크 구성도는 그림 3과 같다.

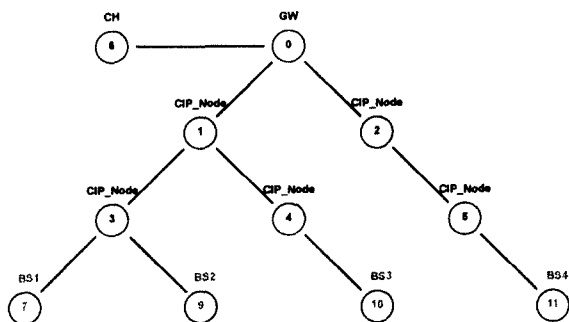


그림 3. 시뮬레이션 네트워크 구성도

#### 5.2. 평가 메트릭스와 분석

각 메커니즘의 성능을 handoff delay, packet loss, network resource utilization의 관점에서 평가 분석하였다. Handoff delay는 MH가 핸드오프를 일으킨 시점부터 [9]의 핸드오프 절차가 끝난 뒤에 처음 패킷을 받을 때까지의 시간 차를 의미한다. 다른 성능 평가 요소로, 패킷 손실률을 들 수 있다. 표 1은 3개의 핸드오프 메커니즘에 따른 각각의 핸드오프 지연과 패킷 손실의 결과값을 보여준다.

표 1. 핸드오프 지연 및 패킷 손실률

MH movement	Hard Handoff		Semi-soft Handoff		Extended Handoff	
	Packet loss	Handoff Delay (ms)	Packet loss	Handoff Delay (ms)	Packet loss	Handoff Delay (ms)
node 7 → node 9	2	13.052	0	2.118	0	9.408
node 9 → node 10	2	13.386	0	4.713	0	13.585
node 10 → node 11	3	19.388	0	2.703	0	15.867

표 1에서 hard handoff의 경우에서만 패킷 손실의 발생하며, 제안된 메커니즘이 semi-soft handoff보다는 크지만, hard handoff의 경우에 비해 작은 지연을 가짐을 확인할 수 있다.

표 2. 핸드오프 기간 동안 소요되는 bandwidth

MH movement	Hard Handoff		Semi-soft Handoff		Extended Handoff	
	200 pps	1000 pps	200 pps	1000 pps	200 pps	1000 pps
node 7 → node 9	0	0	6	32	0	0
node 9 → node 10	0	0	6	34	0	0
node 10 → node 11	0	0	4	16	0	0

표 2는 semi-soft handoff에서 패킷을 각각 200pps (packets per second)와 1000pps로 전송했을 때 new path에서의 bandwidth 낭비도를 패킷의 개수로 나타낸다. 이는 semi-soft handoff에서 데이터 전송률이 높거나 버스티한 트래픽이 전송되는 경우, bandwidth의 낭비가 심하다는 것을 보여준다. 모바일 네트워크에서 주된 어플리케이션으로 주목 받는 실시간 어플리케이션을 고려할 때, 서비스 품질과 관련된 요소는 packet loss와 delay를 들 수 있다[11]. VoIP의 경우 one-way delay로 ITU-T G.114에서는 150ms를, Video conferencing의 경우 200~300ms를 제안하는데[13], 이는 제안된 메커니즘의 지연 시간에 비해 매우 큰 값이다.

### 6. 결론

5장의 시뮬레이션 결과에 의해 우리는 제안된 메커니즘이 모바일 네트워크에서 버스티한 데이터 트래픽에 강하며, 실시간 멀티미디어 어플리케이션을 지원하기에 적합함을 보였다. 또한 모바일 사용자가 증가함에 따라 하나의 액세스 네트워크의 범위가 넓어질 경우 성능 면에서 더 좋은 효율성을 가진다.

### 참고문헌

- [1] Charles Perkins, "IP Mobility Support," Internet RFC 2002, Oct. 1996.
- [2] András G. Valkó, "Cellular IP: A New Approach to Internet Host Mobility," ACM Computer Communication Review, Jan. 1999.
- [3] Andrew T. Campbell, Javier Gomez, Sanghyo Kim, András G. Valkó, Chieh-Yih Wan, and Zoltan R. Turanyi, "Design, Implementation, and Evaluation of Cellular IP," IEEE Personal Communications, Volume: 7 Issue: 4, Aug. 2000, Page(s): 42-49.
- [4] R. Ramjee, et al., "HAWII: A Domain-based Approach for Supporting Mobility in Wide-area Wireless Networks," Proc. IEEE Int'l. Conf. Network Protocols, 1999.
- [5] A. Campbell et al., "Cellular IP," Internet draft, draft-ietf-mobileip-cellularip-00.txt, Dec. 1999; work in progress.
- [6] R. Caceres and V. N. Padmanabhan, "Fast and Scalable Handoffs for Wireless Internetworks," Proc. ACM Mobicom, 1996.
- [7] E. Gustafsson, A. Jonsson, and C. Perkins, "Mobile IP Regional Tunnel Management," Internet draft, draft-ietf-mobileip-reg-tunnel-01.txt, Internet draft, Aug. 1999; work in progress.
- [8] S. F. Foo and K. C. Chua, "Regional Aware Foreign Agent (RAFA) for Fast Local Handoffs," Internet draft, draft-foo-mobileip-rafa-00.txt, Nov. 1998; work in progress.
- [9] A. G. Valkó, J. Gomez, S. Kim, and A. T. Campbell, "On the Analysis of Cellular IP Access Networks," IFIP Sixth International Workshop on Protocols for High Speed Networks (PpHSN'99), Salem Massachusetts, Aug. 1999.
- [10] "Columbia IP Micro-Mobility Suite," IP Micro-Mobility home page, <http://www.comet.columbia.edu/micromobility/> Wenyu Jiang and Henning Schulzrinne, "QoS Measurement of Internet Real-Time Multimedia Services," <http://citeseer.nj.nec.com/406887.html>, Dec. 1999.
- [11] International Telecommunication Union (ITU), "Transmission systems and media, general recommendation on the transmission quality for an entire international telephone connection; one-way transmission time," Recommendation G.114, Telecommunication Standardization Sector of ITU, Geneva, Switzerland, Mar. 1993.
- [13] Roch Gurin and Henning Schulzrinne, "Network Quality of Service." In Ian Foster and C. Kesselman, editors, *The Grid: Blueprint for a New Computing Infrastructure*, Morgan Kaufmann Publishers, San Francisco, California, 1998.