

PDSN 간 Seamless 핸드오프 알고리즘

신동진*, 최상호*, 임선배*, 전병준**, 송병권**, 정태의**

*한국전자통신연구원

**서경대학교 컴퓨터과학과

e-mail : tejeong@seokyeong.ac.kr

The Seamless Handoff Algorithm in PDSN

Dong-Jin Shin*, Sang-Ho Choi*, Sun-Bae Lim*, Byung-Jun Chon**,

Byung-Kwon Song**, Tae-Eui Jeong**

*Electronics and Telecommunications Research Institute

**Dept. of Computer Science, SeoKyung University

요 약

3GPP2 방식의 무선 데이터 통신에서는 Macro Mobility 지원을 위하여 Mobile IP가 이용되며 PDSN은 Foreign Agent의 기능을 수행한다. 이때 하나의 PDSN에서 다른 PDSN으로 Mobile Station이 이동할 경우 지원되는 이동성을 Macro Mobility라 한다. 본 논문은 Macro Mobility에서 발생할 수 있는 패킷의 손실 및 오류에 대한 가능성을 살펴보고, 이러한 문제점을 보완하기 위한 방법으로 패킷의 Down Stream과 Up Stream의 각 경우에 대하여 Packet Sequence Control을 적용한 PDSN간의 Seamless 핸드오프 알고리즘을 제시한다.

1. 서론

복미에서 권고하는 3GPP2 방식의 무선 데이터 통신에서, MIP(Mobile IP)의 적용을 위하여 고려하여야 할 사항들과 기능모델 및 네트워크 모델에 대한 표준화 작업이 진행되고 있다[2]. RN(Radio Network)을 통하여 무선 접속한 MS(Mobile Station)는 PDSN(Packet Data Serving Node)을 통하여 IP Network 과 연결되며, IP Network 은 각 네트워크에 존재하는 RADIUS(Remote Authentication Dial In User Service) 서버들을 통하여 MS 의 인증 처리를 한다. HLR(Home Location Register)과 VLR(Visited Location Register)은 위치 관리를 담당한다. 3GPP2 방식은 MIP 를 사용하기 때문에 Visited Access Provider Network 에 존재하는 PDSN 이 FA(Foreign Agent)의 기능을 가지며, HA(Home Agent)는 Home Access Provider Network 에 존재하게 된다. MS 의 인증을 담당하는 RADIUS 서버는 MS 의 위치에 따라 Visited RADIUS 와 Home RADIUS 서버로 나뉘어지며, Broker RADIUS 서버는 Home RADIUS 서버와 Visited RADIUS 서버 사이의 RADIUS 메시지를 안전하게 전달하는 역할을 한다.[6]

RN 간에 MS 의 이동이 발생할 경우, 이동 후 무선 접속한 RN 이 이동전의 RN 과 동일한 PDSN 의 영역 안에 있다면 MS 가 사용한 COA(Care-of-Address)는 변하지 않으므로 이동성이 보장된다. 그러나, 다른 PDSN 영역으로 MS 가 이동하는 경우에는 MIP 기능을 이용하여 MS 가 새로운 FA 에 등록해야만 MS 의 이동이 이루어진다. 즉, MS 가 PDSN 에 MIP 등록을 한 상태에서, 그 PDSN 영역 내에 있는 다른 RN 으로 이동하는 경우는 RN 에서 그 이동성을 추적하고, IP 망에서 MS 로 보내지는 패킷은 MS 의 IP 주소에 의해 HA 를 거쳐 해당 PDSN 에 전달되며,

PDSN 은 R-P(Radio and Packet) 인터페이스를 통해 새로운 RN 으로 전달 하고, RN 이 MS 에 전달한다. 그러나, MS 가 다른 PDSN 영역으로 이동하는 경우에는 새로운 PDSN 에 MIP 등록을 한다. 이는 새로운 PDSN 에게 자신의 IP 주소이동을 알리는 것으로, 이 경우 새로운 FA 가 HA 에 등록을 하게 되므로, MS 로 전해지는 IP 패킷은 HA 에서 새로운 PDSN 으로 전달되어 MS 에게 전달된다.[1]

위에서 기술한 바와 같이, 3GPP2 방식에서는 Macro Mobility 지원을 위하여 MIP 를 이용하며 PDSN 은 FA 의 기능을 수행한다. 이때 하나의 PDSN 에서 다른 PDSN 으로 MS 가 이동할 경우 지원되는 이동성을 Macro Mobility 라 하며, PDSN 관리 영역 내의 하나의 RN 에서 다른 RN 으로 이동 시에 지원되는 이동성을 Micro Mobility 라 한다. 본 논문은 Macro Mobility 에서 발생할 수 있는 패킷의 손실 및 오류에 대한 가능성을 살펴보고, 이러한 문제점을 보완하기 위해서 Packet Sequence Control 을 적용한 PDSN 간의 Seamless 핸드오프 알고리즘을 제시한다.

본 논문은 제 2 장에서 3GPP2 의 Mobility 지원 연구동향 중 Macro Mobility 및 PDSN 간의 핸드오프시 문제점을 살펴보고, 제 3 장에서 이러한 문제점을 해결하기 위한 PDSN 간 Seamless 핸드오프 알고리즘을 기술하며, 제 4 장에서 PDSN 간의 Seamless 핸드오프 알고리즘의 State Transition 및 검증을 기술하고, 마지막으로 제 4 장에서 결론을 맺는다.

2. Macro Mobility에서의 PDSN간의 핸드오프

Macro Mobility 의 지원을 위하여 3GPP2 에서는 MIP 를 적용하였다. 따라서, PDSN 이 FA 의 역할을 수행하게 되어,

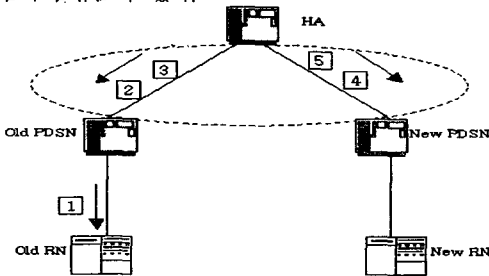
MS가 다른 Serving Area로 이동하였을 때 MS는 Home Network에 있는 것과 같은 동일한 서비스를 받을 수 있다. MIP 기반의 네트워크에서는 MS가 이동하여도 주어진 IP 주소의 계속 유지하는 것이 가능하다. 이 MIP의 이동성은 PDSN과 Home IP Network의 HA를 통하여 지원되며, PDSN에서는 FA 역할 및 PPP 세션 형성과 종료, 인증, 압축과 관련된 기능을 수행한다.[4]

MIP 이동성 지원은 MIP의 등록 과정을 거쳐 서비스를 제공 받을 수 있다. MS가 자신의 Home Network가 아닌 다른 지역으로 이동하였을 경우, 데이터 서비스 요구를 포함한 발신 메시지를 RN에게 전송하면, 이를 수신한 RN은 PDSN에게 이러한 사실을 알려 R-P Link 설정을 하고, PPP Link 설정 절차를 수행한다. 이때 MS의 자신의 주소를 PDSN에게 알리고 PPP 설정을 완료하게 되면 PDSN은 Agent Discovery 기능을 수행하는 Advertisement 메시지를 MS에게 주기적으로 발송한다.[7] MS는 Advertisement 메시지를 보고 MIP RREQ(Mobile IP Registration Request)를 PDSN에게 보내면, PDSN은 메시지 발송을 중단하고 AAA Server로 AA-Mobile-Node-Request를 전송하게 된다. 이를 수신한 AAA Server는 HA에게 알려 HA로 하여금 Mobility 바인딩 정보를 업데이트 하고 AAA Server를 통해 AA-Mobile-Node-Answer를 보냄으로써 PDSN에게 알려지게 된다. 이를 수신한 PDSN은 Visitor List 정보를 유지 하고 MS에 알람으로써 등록절차를 마치게 된다.

PDSN과 RN간 Link 관리를 위한 Protocol Stack은 해당 물리 계층과 링크 계층 위에 IP 기반으로 하여 Control Plane과 User Plane으로 구성되고, User Data Plane은 GRE(Generic Routing Encapsulation)를 이용하며, Control Plane은 UDP(User Data Protocol)를 통한 MIP Registration Procedure를 기반으로 MS에서 요구되어 지는 패킷 세션마다 R-P Link ID를 할당하여 관리하는 기능을 수행하게 된다[8].

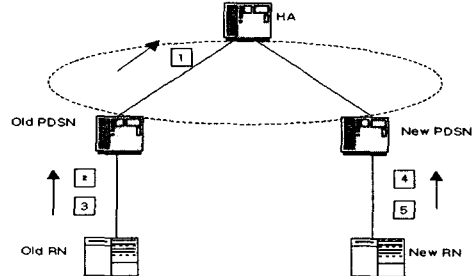
핸드오프의 발생은 PDSN간의 핸드오프와 PDSN 관리영역 내에서 RN간의 핸드옔� 두 가지로 구분할 수 있다. PDSN간의 핸드오프를 살펴보면, 우선 PDSN은 매우 큰 영역을 관리하므로 MS의 이동에 따른 잦은 핸드오프의 발생은 일어나지 않으나, PDSN 관리영역 내에서 RN간 일어나는 핸드오프보다 변경되는 경로가 많으므로 지연이 길어질 수 있다. 또한, PDSN과 Home Network간의 지역적인 트래픽 문제로 인해 패킷의 전달 순서가 잘못되는 경우가 발생할 수 있다. PDSN간 핸드오프 처리시 문제점을 살펴보면 다음과 같다.

그림 2-1은 Down Stream의 경우로, 패킷의 정상적인 전달은 (1, 2, 3, 4, 5)번 순서로 MS에게 전달 되어야 한다. 그러나, 패킷 전송중 핸드오프가 발생하게 되면 패킷의 순서변경 및 손실이 일어날 수 있다. 그림 2-1에서 PDSN은 패킷 1번을 Old RN에게 전송한다. 패킷 2, 3번이 Old PDSN에게 전송된 이후, HA와 PDSN간 핸드오프 발생을 감지하게 되면, 이후의 패킷 4, 5번은 New PDSN으로 전송된다. 이때, 이미 전송된 2, 3번 패킷은 Old RN을 거쳐 MS에게 전송되지 못하므로 패킷의 손실이 발생할 수 있다.



<그림 2-1> Down Stream의 경우 패킷 손실 및 패킷 순서 변경

그림 2-2 Up Stream의 경우 패킷의 정상적인 전달 순서 역시 (1, 2, 3, 4, 5)번으로 가정 한다. 그림 2-2에서 패킷 1번은 HA에게 전달된다. 패킷 2, 3번이 Old PDSN에게 전송된 이후 핸드오프가 발생하면, New RN에서 New PDSN으로 4, 5번 패킷이 전송되기 시작한다. 이때 Old PDSN의 트래픽 상황이 혼잡할 경우 패킷 2, 3번보다 4, 5번이 HA에게 먼저 전송되는 경우가 발생할 수 있다.



<그림 2-2> Up Stream의 경우 패킷 순서 변경

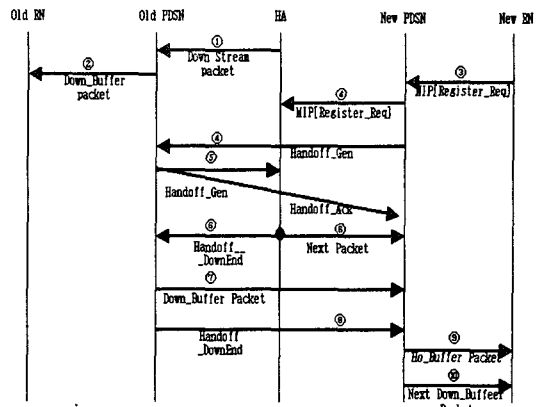
이러한 경우의 문제점들을 해결하기 위해 Seamless 핸드오프 알고리즘이 필요하다. 우리는 다음과 같은 가정을 토대로 Packet Sequence Control을 이용한 PDSN간의 Seamless 핸드오프 알고리즘을 설계한다.

- ① New PDSN이 새로운 RN으로부터 MS의 등록 요청을 받은 시점을 핸드오프 발생시점으로 본다.
- ② PDSN간에 발생하는 핸드오프는 Old PDSN과 Old RN의 경로를 사용할 수 없는 하드(Hard) 핸드오프를 실행한다.

3. PDSN간의 Seamless 핸드오프 알고리즘

3.1 Down Stream의 경우

Down Stream의 경우 핸드오프 발생시 Packet Sequence Control을 살펴보면 다음과 같다. Handoff 발생 전 Old PDSN은 HA로부터 들어오는 패킷을 Down Buffer에 저장한 후 Old RN으로 전송한다. 핸드오프가 발생하면 New PDSN은 Old PDSN에게 Handoff Gen 메시지를 전달한다. Old PDSN은 Handoff Gen을 받으면 이 메시지를 다시 HA에게 전달하고 New PDSN에게는 Handoff Ack 메시지를 전달한다. HA는 Handoff Gen을 받기 전까지는 패킷을 Old PDSN에게 전송한다. Handoff Gen 메시지를 받은 HA는 Handoff DownEnd 메시지를 Old PDSN에게 전송한 후, 다음 패킷부터는 New PDSN에게 전송하며, New PDSN은 이것을 Down Buffer에

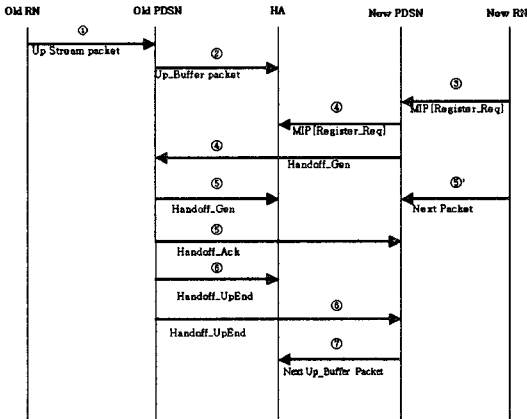


<그림 3-1> Down Stream의 경우 Packet Control Sequence

저장한다. Old PDSN 이 Down_Buffer 에 저장하고 있던 패킷을 New PDSN 에게 전송하면, New PDSN 은 이것을 Ho_Buffer 에 저장한다. New PDSN 은 Ho_Buffer 에 저장된 패킷을 New RN 에게 우선적으로 전송한다. Old PDSN 이 Down_Buffer 에 있는 패킷을 모두 New PDSN 에게 전송하면, Handoff_DownEnd 메시지를 New PDSN 에게 전송한 후 Idle 상태가 된다. New PDSN 은 Handoff_DownEnd 메시지를 받은 이후 Ho_Buffer 를 체크해서 보낼 패킷이 없으면 Handoff Sequence Control 을 종료하고 정상적인 data transport 상태에서 Down_Buffer 에 저장되어 있는 패킷을 New RN 에게 전송한다. 이러한 Packet Sequence Control 을 도식화 하면 그림 3-1 과 같다.

3.2 Up Stream 의 경우

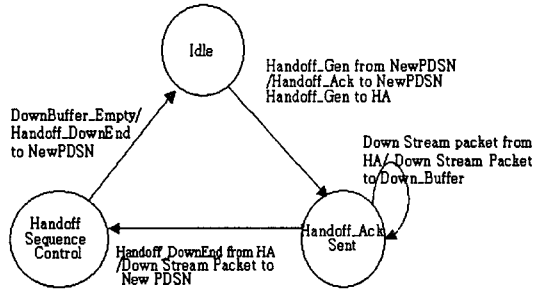
Up Stream 의 경우 핸드오프 발생시 Packet Sequence Control 을 살펴보면 다음과 같다. Old PDSN 은 Old RN 으로부터 들어오는 패킷을 Up_Buffer 에 저장한 후 HA 에게 전달한다. 핸드오프가 발생하면 New PDSN 은 Old PDSN 에게 Handoff Gen 메시지를 전달하고, New RN 으로부터 오는 패킷을 Up_Buffer 에 저장한다. Old PDSN 은 New PDSN 으로부터 Handoff Gen 을 받으면 이 메시지를 다시 HA 에게 전달하고 New PDSN 에게는 Handoff Ack 메시지를 전달한다. New PDSN 은 New RN 으로부터 들어오는 패킷을 Up_Buffer 에 저장하면서, Old PDSN 으로부터 Handoff UpEnd 메시지를 기다린다. Old PDSN 은 Up_Buffer 에 저장되어 있는 패킷들을 HA 에게 전송하고, 전송이 끝나면 New PDSN 에게 Handoff UpEnd 메시지를 보냄으로써 Packet Sequence Control 을 종료하게 되며, 이후 Idle 상태가 된다. New PDSN 은 Old PDSN 에게서 Handoff UpEnd 메시지를 받으면 Packet Sequence Control 을 종료하고, 정상적인 Data Transport 상태로 전환하여 Up_Buffer 에 저장되어 있는 패킷을 HA 에게 전송한다. 그림 3-2 는 Up Stream 의 경우 Packet Sequence Control 의 흐름도를 보이고 있다.



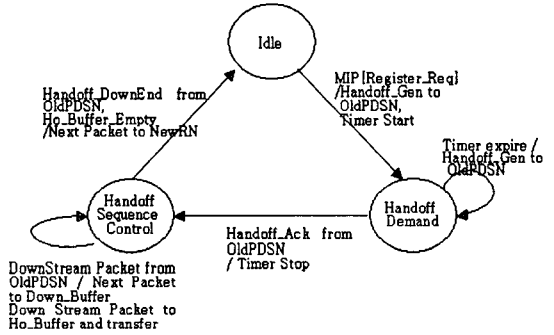
<그림 3-2> Down Stream 의 경우 Packet Control Sequence

4. PDSN간 Seamless 핸드오프 알고리즘의 State Transition 및 검증

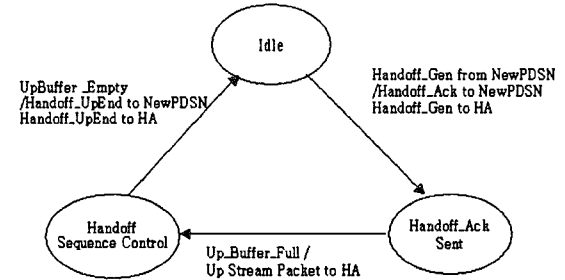
MS 의 PDSN 간 이동에 있어 seamless 한 서비스를 받기 위하여 앞서 제안, 설계한 PDSN 간 Seamless 핸드오프 알고리즘과 관련하여, HA, Old PDSN, New PDSN 및 RN 의 작동 상태를 State Transition Diagram 으로 표시하면 그림 4-1, 4-2, 4-3, 4-4, 4-5 및 4-6 과 같다.



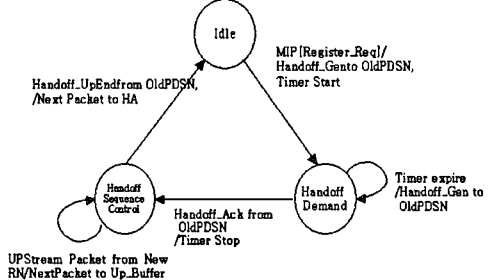
<그림 4-2> Down Stream 의 경우 Old PDSN 의 State Transition Diagram



<그림 4-3> Down Stream 의 경우 New PDSN 의 State Transition Diagram

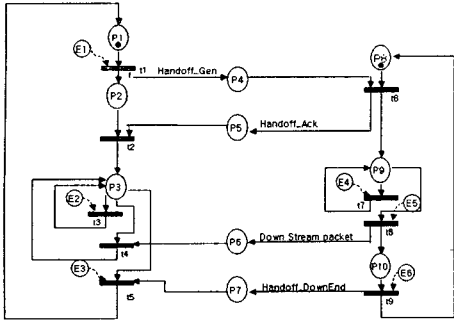


<그림 4-4> Up Stream 의 경우 Old PDSN 의 State Transition Diagram

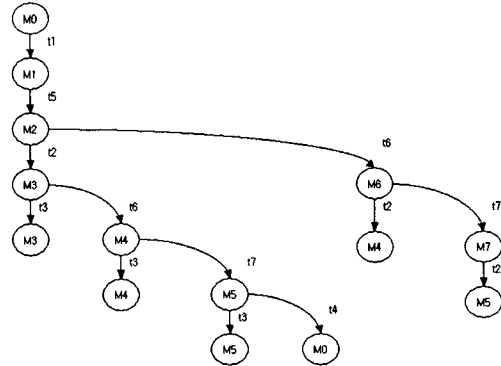


<그림 4-5> Up Stream 의 경우 New PDSN 의 State Transition Diagram

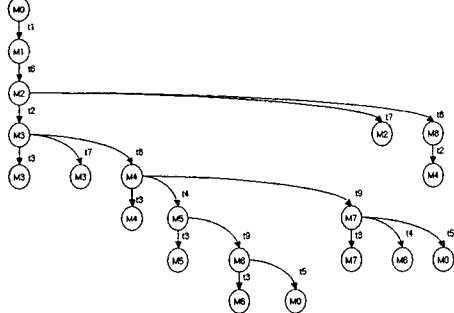
다음은 위에서 언급한 State Transition Diagram 을 토대로 Old PDSN 과 New PDSN 사이의 연동을 페트리넷(Petri-Net)를 이용하여 모델링 하고 검증한다.



<그림 4-7> Down Stream의 경우 Old PDSN과 New PDSN 간의 메시지 처리절차 Petri-Net Modeling



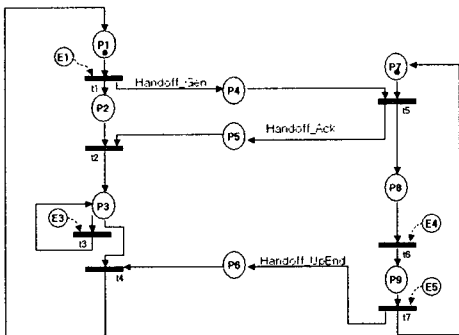
<그림 4-10> Up Stream의 경우 Old PDSN과 New PDSN간의 Petri-Net모델의 도달성 트리



<그림 4-8> Down Stream의 경우 Old PDSN과 New PDSN 간의 Petri-Net 모델의 도달성 트리

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
M0	1							1		
M1		1		1				1		
M2		1			1				1	
M3			1							1
M4			1			1				1
M5			1					1		1
M6			1				1	1		
M7			1			1	1	1		
M8		1			1	1				1

<표 4-3> Down Stream의 경우 Old PDSN과 New PDSN 간의 Petri-Net 모델 도달성 트리의 모든 표시 상태 집합



<그림 4-9> Up Stream의 경우 Old PDSN과 New PDSN간의 메시지 처리절차 Petri-Net Modeling

4. 결론

본 논문에서 3GPP2 에서 Macro Mobility 지원을 위한 seamless 핸드오프 알고리즘에 대해서 논하였다. 북미방식의 3GPP2 의 이동성 지원을 위한 연구동향중 Macro Mobility 및 PDSN 간의 핸드오프시 연결설정의 복잡성과 지연으로 인한 데이터 손실 및 순서변경이 생기는 문제점을 살펴보고, 이러한 문제점을 해결하기 위한 PDSN 간 Seamless 핸드오프 알고리즘을 설계 하였으며, 마지막으로 제안한 알고리즘을 적용하여 PDSN 간의 Seamless 핸드오프 알고리즘의 State Transition Diagram 을 작성하였으며 페트리네트를 이용하여 검증하였다. 후속 연구로 이러한 알고리즘 적용에 대한 시뮬레이션을 수행할 예정이다.

참고 문헌

- [1] 3GPP2/TSG-P, P.S0001-A-1.DOC Version 1.0 Version Date: December 15, 2000.
- [2] Tom Hiller, "Wireless IP Network Architecture based on IETF Protocols", TR45.6 Ballot, Feb. 2000.
- [3] C.E. Perkins, ed. "Ipv4 Mobility Support", RFC 2002, October 1996.
- [4] Peter J. McCann and Tom Hiller, Lucent Technologies, "An Internet Infrastructure for Cellular CDMA Networks Using Mobile IP" IEEE Personal Communications, August 2000.
- [5] IETF/J. Solomon, Motorola "draft-ietf-mobileip-optim-10.txt" October 1996
- [6] Rigney, Rubens, Simpson, Willens, Remote Authentication Dial In User Service (RADIUS), RFC 2138, August 1997.
- [7] Simpson, Mobile-IPv4 Configuration Option for PPP IPCP, RFC 2290, February 1998.
- [8] TLA/EIA/TR45, PN-4286, Wireless IP network architecture based on IETF protocols. July 1999.
- [9] A.G Valko, et al., "Mobile IP Regional Registration," Internet Draft, draft-ietf-mobileip-reg-