

# PDSN간 Seamless 핸드오프 알고리즘에 관한 연구

신 동 진<sup>†</sup> · 김 수 창<sup>††</sup> · 임 선 배<sup>†††</sup> · 전 병 준<sup>††††</sup> · 송 병 권<sup>†††††</sup> · 정 태 의<sup>†††††</sup>

## 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 순서변경에 대한 가능성을 살펴보고, 이러한 문제점을 보완하기 위한 방법으로 패킷의 Down Stream과 Up Stream의 각 경우에 대하여 Handoff Sequence Control을 적용한 PDSN간의 seamless 핸드오프 알고리즘을 제시한다.

## The Study of the Seamless Handoff Algorithm in PDSNs

Dong-Jin Shin<sup>†</sup> · Su-Chang Kim<sup>††</sup> · Sun-Bae Lim<sup>†††</sup>  
Byung-Jun Jeon<sup>††††</sup> · Byung-Kwon Song<sup>†††††</sup> · Tae-Eui Jeong<sup>†††††</sup>

## ABSTRACT

In 3GPP2 wireless data communications, Mobile IP is used to support macro mobility and PDSN performs the function of foreign agent. The mobility supported when a mobile station moves from one PDSN to another is called a macro mobility. In this paper, we first examine the possibilities of packet loss and change of packet sequences that can be occurred in macro mobility. Then, to resolve such problems, we suggest a seamless handoff algorithm in PDSNs based on packet sequence control for each of down-stream and up-stream cases respectively.

**키워드 :** 매크로 모빌리티(Macro Mobility), PDSN, 핸드오프 알고리즘(Handoff Algorithm), 핸드오프 순서 제어(Handoff Sequence Control), 이동성 지원(Mobility Support)

### 1. 서 론

북미에서 권고하는 3GPP2 방식의 무선 데이터 통신에서, 3GPP2 참가 기관들은 MIP(Mobile IP)가 적용되기 위하여 고려하여야 할 사항들과 기능모델 및 네트워크 모델에 대한 표준화 작업을 진행하고 있다[2]. RN(Radio Network)을 통하여 무선 접속한 MS(Mobile Station)는 PDSN(Packet Data Serving Node)을 통하여 IP Network과 연결되며, IP Network은 각 네트워크에 존재하는 RADIUS(Remote Authentication Dial In User Service) 서버들을 통하여 MS의 인증 처리를 하며[6], HLR(Home Location Register)과 VLR(Visited Location Register)은 위치 관리를 담당한다. 3GPP2 방식은 MIP를 사용하기 때문에 Visited Access Provider Network에 존재하는 PDSN이 FA(Foreign Agent)의 기능을

가지며, HA(Home Agent)는 Home Access Provider Network에 존재하게 된다.

RN간에 MS의 이동이 발생할 경우, 이동 후 무선 접속한 RN이 이동전의 RN과 동일한 PDSN의 영역 안에 있다면 MS가 사용한 COA(Care-of-Address)는 변하지 않으므로 이동성이 보장된다. 그러나, 다른 PDSN 영역으로 MS가 이동하는 경우에는 MIP 기능을 이용하여 MS가 새로운 FA에 등록해야만 MS의 이동이 이루어진다. 이는 새로운 PDSN에게 자신의 IP 주소이동을 알리는 것으로, 이 경우 새로운 FA가 HIA에 등록을 하게 되므로, MS로 전해지는 IP 패킷은 HA에서 새로운 PDSN으로 전달되어 MS에게 전달된다[1].

하나의 PDSN에서 다른 PDSN으로 MS가 이동할 경우 지원되는 이동성을 Macro Mobility라 하는데, 위에서 기술한 바와 같이, 3GPP2 방식에서는 Macro Mobility 지원을 위하여 MIP를 이용하며 PDSN은 FA의 기능을 수행한다. 본 논문은 Macro Mobility에서 발생할 수 있는 패킷의 손실 및 순서변경에 대한 가능성을 살펴보고, 이러한 문제점을 보완

† 정 회 원 : 한국전자통신연구원 무선방송연구소 책임연구원  
†† 정 회 원 : 한국전자통신연구원 IMT 2000 개발본부 선임연구원  
††† 정 회 원 : 차세대이동통신연구부 책임연구원  
†††† 준 회 원 : 서경대학교 대학원 컴퓨터학과  
††††† 종신회원 : 서경대학교 컴퓨터학과 교수  
논문접수 : 2001년 4월 3일, 심사완료 : 2001년 10월 22일

하기 위해서 Handoff Sequence Control을 적용한 PDSN간의 seamless 핸드오프 알고리즘을 제시한다. 본 논문은 제 2장에서 3GPP 2의 이동성 지원 연구동향 중 Macro Mobility 및 PDSN간의 핸드오프시 문제점을 살펴보고, 제 3장에서 이러한 문제점을 해결하기 위한 PDSN간 seamless 핸드오프 알고리즘을 기술하며, 제 4장에서 PDSN간의 seamless 핸드오프 알고리즘의 검증을 기술하고, 제 5장에서는 제안한 알고리즘의 시뮬레이션을 통한 성능분석을 하며, 마지막으로 결론을 맺는다.

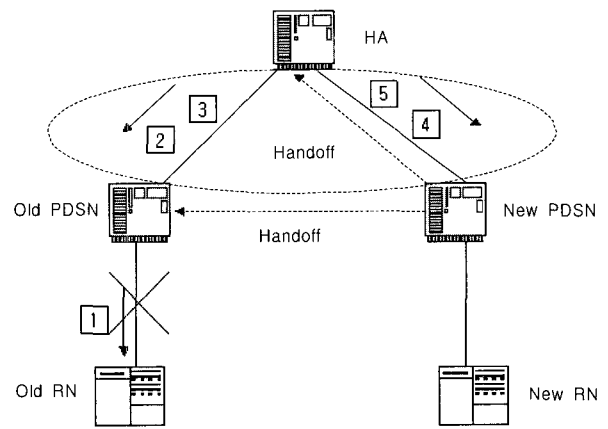
**2. Macro Mobility에서의 PDSN간의 핸드오프**

MIP 기반의 3GPP2 네트워크에서의 IP의 이동성 지원은 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 제공받을 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 MS는 자신의 주소를 PDSN에게 알리고 PPP설정을 완료하게 되면, PDSN은 Agent Discovery 기능을 수행하는 Advertisement 메시지를 MS에게 주기적으로 발송한다[7]. MS는 Advertisement 메시지를 보고 MIP RRQ(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 갱신하고 AAA Server을 통해 AA-Mobile-Node-Answer를 보냄으로써 PDSN에게 알리게 된다. 이를 수신한 PDSN은 Visitor List 정보를 유지하고 MS에 알림으로써 등록절차를 마치게 된다[1]. PDSN과 RN간 link 관리를 위한 Protocol Stack은 해당 물리 계층과 링크 계층 위에 IP 기반의 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 요구되는 패킷 세션마다 R-P Link ID를 할당하여 관리하는 기능을 수행한다[8].

PDSN간의 핸드오프를 살펴보면, PDSN은 매우 큰 영역을 관리하므로 MS의 이동에 따른 잦은 핸드오프의 발생은 일어나지 않으나, PDSN 관리영역 내에서 RN간에 일어나는 핸드오프보다 변경되는 경로가 많으므로 지연이 길어질 수 있다. 따라서 PDSN과 Home Network간의 지역적인 트래픽 문제로 인해 패킷의 전달 순서가 잘못되는 경우가 발생할 수 있게 되고, TCP상에서 순서변경 및 timeout에 의

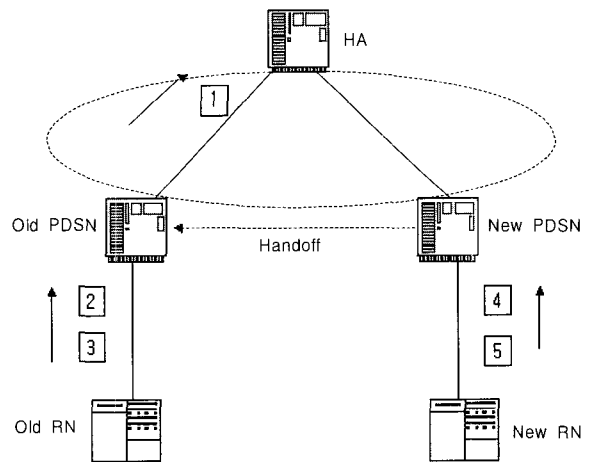
한 재전송 요구가 발생하게 된다. PDSN간 핸드오프 처리시 문제점을 살펴보면 다음과 같다.

(그림 2-1)은 Down Stream의 경우로, 패킷의 정상적인 전달은 (1, 2, 3, 4, 5)번 순으로 MS에게 전달되어야 한다. 그러나, 패킷 전송 중 핸드오프가 발생하게 되면 패킷의 순서변경 및 손실이 일어날 수 있다. (그림 2-1)에서 PDSN은 패킷 1번을 Old RN에게 전송한다. 패킷 2, 3번이 Old PDSN에게 전송된 이후, HA와 PDSN이 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)는 Up Stream의 경우로 패킷의 정상적인 전달 순서 역시 (1, 2, 3, 4, 5)번으로 가정한다. (그림 2-2)에서 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 혼잡 할 경우 패킷 2, 3번 보다 4, 5번이 HA에게 먼저 전송되는 순서변경의 경우가 발생할 수 있다.



(그림 2-2) Up Stream의 경우 패킷 순서 변경

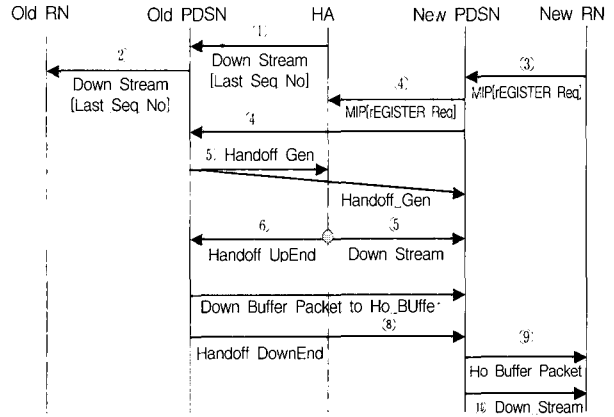
이러한 경우의 문제점들을 해결하기 위해, 우리는 다음과 같은 가정을 토대로 Packet Sequence Control을 이용한 PDSN간의 seamless 핸드오프 알고리즘을 설계한다.

- ① 본 알고리즘은 적용 대상은 MIPv4망이다.
- ② New PDSN이 새로운 RN으로부터 MS의 등록 요청을 받은 시점을 핸드오프 발생시점으로 본다.
- ③ PDSN간 핸드오프가 발생하면 HA와 MS가 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 Handoff Sequence Control을 살펴보면 다음과 같다. PDSN은 핸드오프 처리를 위해 Down\_Buffer 및 Ho\_Buffer를 가진다. Handoff 발생 전 Old PDSN은 HA로부터 들어오는 패킷을 Down\_Buffer에 저장한 후 Old RN으로 전송한다. 핸드오프가 발생하면 New PDSN은 Old PDSN에게 Handoff\_Gen 메시지를 전달하고, Old PDSN은 Handoff\_Gen 메시지를 받은 후 이 메시지를 다시 HA에게 전달한다. Old PDSN은 New PDSN에게 Handoff\_Ack 메시지를 전달한 후, Down\_Buffer에 저장하고 있던 패킷을 New PDSN에게 전송한다. HA는 Handoff\_Gen 메시지를 받기 전까지는 패킷을 Old PDSN에게 전송하는데, HA가 MIP[Register\_Req]를 받은 시점에서 New PDSN으로 패킷을 전송하지 않는 이유는, 일시적으로 Old PDSN의 Down\_Buffer에 패킷을 저장함으로써 핸드오프 처리 중에 New PDSN의 Down\_Buffer가 필요이상 커지는 것을 막기 위함이다. Handoff\_Gen 메시지를 받은 HA는 New PDSN과 Old PDSN을 동시에 binding하게 되며, Handoff\_DownEnd 메시지를 Old PDSN에게 전송하고 Old PDSN으로부터의 바인딩을 해제한 후, 다음 패킷부터는 New PDSN에게 전송한다. New PDSN은 HA로부터 전송 받은 패킷을 Down\_Buffer에 저장한다. Old PDSN이 Down\_Buffer에 저장하고 있던 패킷을 New PDSN에게 전송하면, New PDSN은 이것을 Ho\_Buffer에 저장한다. New PDSN은 Ho\_Buffer에 저장된 패킷을 New RN에게 우선적으로 전송한다. Old PDSN이 Down\_Buffer에 있는 패킷을 모두 New PDSN에게 전송하면, Handoff\_DownEnd 메시지를 New PDSN에게 전송한 후 Normal 상태가 된다. New PDSN은 Handoff\_DownEnd 메시지를 받은 이후 Ho\_Buffer를 체크해서 보낼 패킷이 없으면 Handoff Sequence Control을 종료하고 정상적인 data transport 상태에서 Down\_Buffer에 저장되어 있는 패킷을 New RN에게 전송한다. 이러한 Handoff Sequence Control을 도식화하면 (그림 3-1)과 같다.

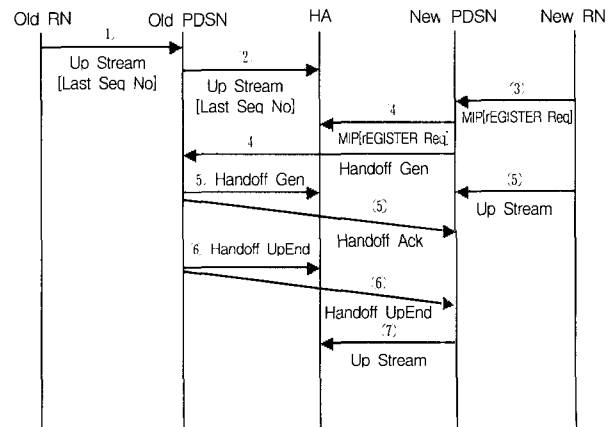


(그림 3-1) Down Stream의 경우 Handoff Sequence Control

#### 3.2 Up Stream의 경우

Up Stream의 경우 핸드오프 발생시 Handoff Sequence Control을 살펴보면 다음과 같다.

PDSN은 핸드오프 처리를 위해 Up\_Buffer를 가진다. Old PDSN은 Old RN으로부터 들어오는 패킷을 Up\_Buffer에 저장한 후 HA에게 전달한다. 핸드오프가 발생하면 New PDSN은 HA에게 등록을 하게되며 이때 HA는 Old PDSN과 New PDSN을 동시에 바인딩하는 상태가 된다. New PDSN은 Old PDSN에게 Handoff\_Gen 메시지를 전달하고, New RN으로부터 오는 패킷을 Up Buffer에 저장한다. Old PDSN은 New PDSN으로부터 Handoff\_Gen을 받으면 이 메시지를 다시 HA에게 전달하고 New PDSN에게는 Handoff\_Ack 메시지를 전달한다. New PDSN은 New RN으로부터 들어오는 패킷을 Up\_Buffer에 저장하면서, Old PDSN으로부터 Handoff\_UpEnd 메시지를 기다린다. Old PDSN은 Up\_Buffer에 저장되어 있는 패킷들을 HA에게 전송하고, 저장한 모든 패킷의 전송이 끝나면 HA와 New PDSN에게 Handoff\_UpEnd 메시지를 보냄으로 Handoff Sequence Control을 종료하게 되며, 이후 Normal 상태가 된다. HA는 Old PDSN에게서 Handoff\_UpEnd 메시지를 받으면 Old PDSN으로부터의 바인딩을

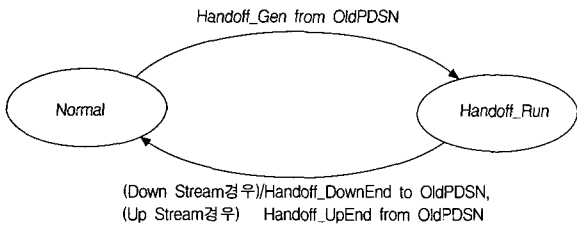


(그림 3-2) Up Stream의 경우 Handoff Sequence Control

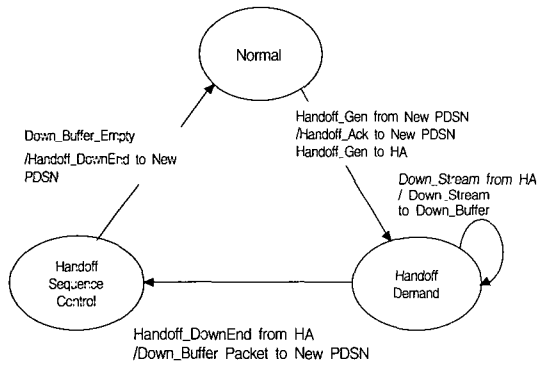
해제하고 이후로 New PDSN에게서 오는 패킷을 받아들인다. New PDSN은 Old PDSN에게서 Handoff\_UpEnd 메시지를 받으면 Handoff Sequence Control을 종료하고, 정상적인 Data Transport 상태로 전환하여 Up\_Buffer에 저장되어 있는 패킷을 HA에게 전송한다. (그림 3-2)는 Up Stream의 경우 Handoff Sequence Control의 흐름도를 보이고 있다.

4. PDSN간 seamless 핸드오프 알고리즘의 검증

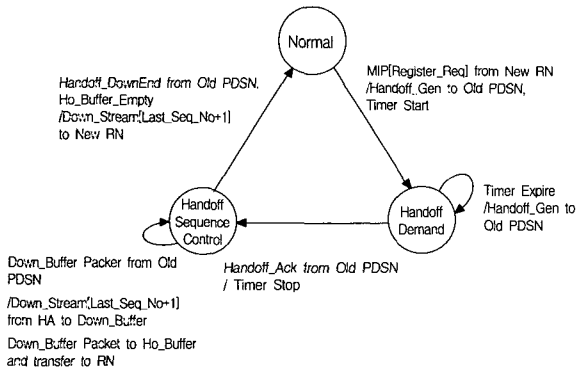
MS의 PDSN간 이동에 있어 seamless한 서비스를 받기 위하여 앞에서 제안, 설계한 PDSN간 seamless 핸드오프 알고리즘과 관련하여, HA, Old PDSN, New PDSN의 작동 상태를 State Transition Diagram으로 표시하면 (그림 4-1), (그림 4-2), (그림 4-3), (그림 4-4), 및 (그림 4-5)와 같다.



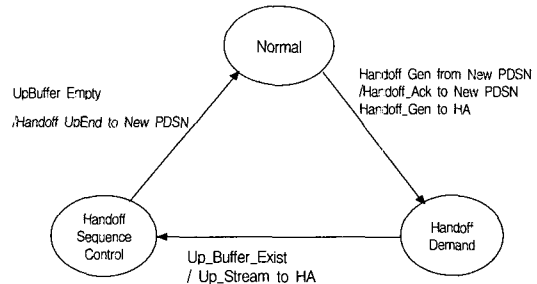
(그림 4-1) HA의 State Transition Diagram



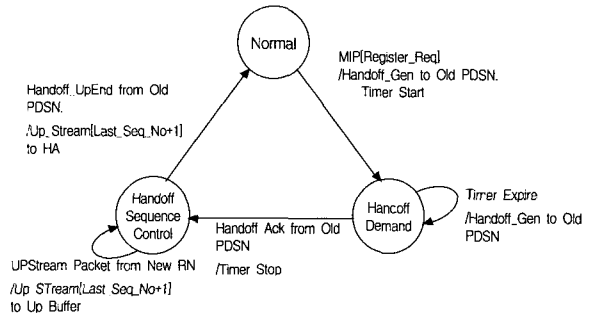
(그림 4-2) Down Stream의 경우 Old PDSN의 State Transition Diagram



(그림 4-3) Down Stream의 경우 New PDSN의 State Transition Diagram

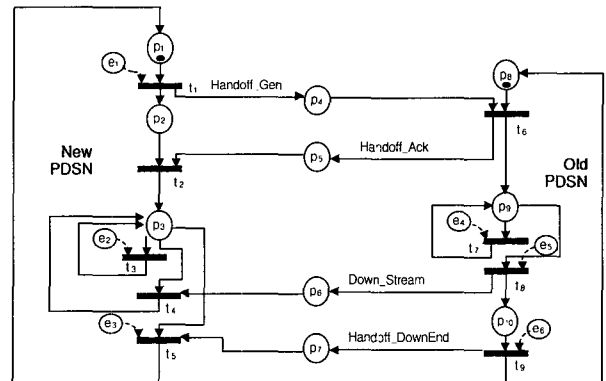


(그림 4-4) Up Stream의 경우 Old PDSN의 State Transition Diagram



(그림 4-5) Up Stream의 경우 New PDSN의 State Transition Diagram

다음은 위의 State Transition Diagram을 토대로 Old PDSN과 New PDSN 사이의 연동을 페트리넷(Petri-net)를 이용하여 모델링 하고 검증한다. (그림 4-6) 및 (그림 4-8)은 Down Stream 및 Up Stream의 경우에 New PDSN과 Old PDSN간의 메시지와 데이터 흐름 처리 절차에 대한 state transition을 이용하여 도시한 페트리넷 모델이다. 그림에서 좌측의 토큰소는 New PDSN의 상태, 우측의 토큰소는 Old PDSN의 상태,中间的 토큰소는 메시지 전달 중인 상태를 표현한다.  $p_1$ 과  $p_8$ 의 검은 점은 초기 토큰을 나타낸다. (그림 4-6) 및 (그림 4-8)에서 각 토큰소의 상태는 메시지 처리 절차에 따라서 다른 상태로 이동하며, 이를 도표로 정리하면 <표 4-1> 및 <표 4-4>와 같다. 또한 외부사건(event)은 'e'로 표시하며, 이를 <표 4-2> 및 <표 4-5>에 정리한다.



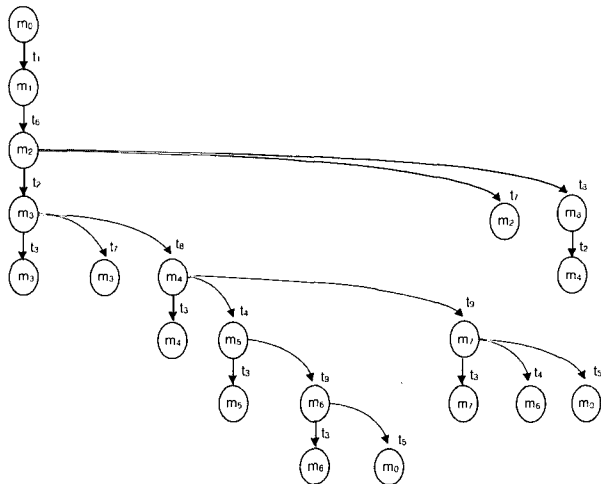
(그림 4-6) Down Stream의 경우 Old PDSN과 New PDSN의 페트리넷 모델링

〈표 4-1〉 Down Stream의 경우 Old PDSN과 New PDSN간의 메시지 처리 절차에 대한 토큰소 상태

토큰소	메시지 처리 절차에 따른 상태
D1, D8	Normal
D2	Handoff Demand
D3, D10	Handoff Sequence Control
D4 ~ D7	메시지 전달 과정
D9	Handoff_Ack Sent

〈표 4-2〉 Down Stream의 경우 Old PDSN과 New PDSN간의 메시지 처리 절차에 대한 외부 이벤트

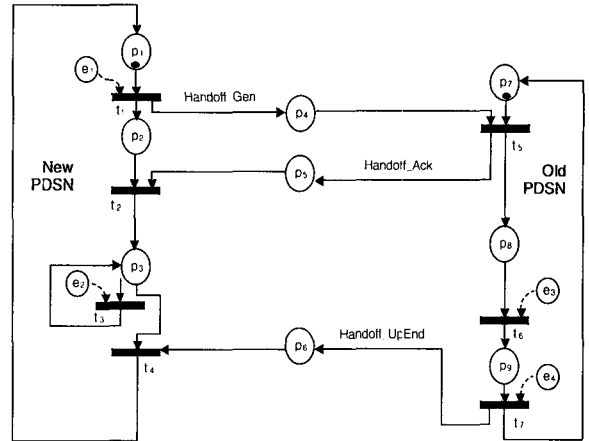
외부 사건	메시지 처리 절차에 따른 외부 사건
e1	MIP[Register_Req]
e2, e4	Down Stream Packet from HA
e3	Ho_Buffer Empty
e5	Handoff_DownEnd from HA
e6	Old PDSN Down_Buffer Empty



(그림 4-7) Down Stream의 경우 Old PDSN과 New PDSN 페트리넷 모델의 도달성 트리

〈표 4-3〉 Down Stream의 경우 Old PDSN과 New PDSN 페트리넷 모델의 도달성 트리 상태 집합

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10
m0	1							1		
m1		1		1				1		
m2		1			1				1	
m3			1						1	
m4			1			1				1
m5			1							1
m6			1				1	1		
m7			1				1	1		
m8		1			1	1				1



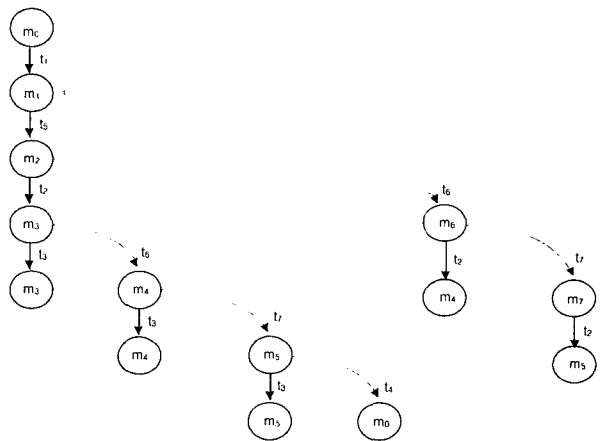
(그림 4-8) Up Stream의 경우 Old PDSN과 New PDSN간의 메시지 처리 절차 페트리넷 모델링

〈표 4-4〉 Up Stream의 경우 Old PDSN과 New PDSN간의 메시지 처리 절차에 대한 토큰소 상태

토큰소	메시지 처리 절차에 따른 상태
D1, D7	Normal
D2	Handoff Demand
D3, D9	Handoff Sequence Control
D4 ~ D6	메시지 전달 과정
D8	Handoff_Ack Sent

〈표 4-5〉 Up Stream의 경우 Old PDSN과 New PDSN간의 메시지 처리 절차에 대한 외부 사건

외부 사건	메시지 처리 절차에 따른 외부 사건
e1	MIP[Register_Req]
e2	Up Stream Packet to New RN
e3	Up_Buffer_Exist
e4	Up_Buffer_Empty



(그림 4-9) Up Stream의 경우 Old PDSN과 New PDSN간의 페트리넷 모델의 도달성 트리

<표 4-6> Up Stream의 경우 Old PDSN과 New PDSN간의 페트리네트 모델의 도달성 트리 상태 집합

	p1	p2	p3	p4	p5	p6	p7	p8	p9
m0	1						1		
m1		1		1			1		
m2		1			1			1	
m3			1					1	
m4			1						1
m5			1			1	1		
m6		1			1				1
m7		1			1	1	1		

알고리즘의 Deadlock Freeness 및 생동성(Liveness)에 대한 적합성을 검증하기 위한 도달성 트리(Reachability Tree)는 Down Stream 및 Up Stream의 경우 각각 (그림 4-6) 및 (그림 4-8)로부터 구해지며, 그 결과는 (그림 4-7) 및 (그림 4-9)와 같다. 그림에서 볼 수 있듯이 초기상태 m0에서 시작한 트리는 상태 m8 혹은 m7까지 transition이 발생한다. Down 및 Up Stream 경우 New PDSN과 Old PDSN 페트리네트 모델의 도달성 트리 구조에서 각 상태는 서로 다른 토큰소에 존재하는 토큰으로 구분되는 상태 집합이며, 각 상태는 <표 4-3> 및 <표 4-6>과 같은 상태 집합을 갖게 된다.

(그림 4-6)에서 볼 수 있듯이 m0는 p1과 p8에 토큰을 갖는 초기 상태이며, m1은 transition t1에 의해서 발생한 새로운 상태로 이동한다. 또한, deadlock 발생 없이 항상 초기 상태로 돌아올 수 있음을 확인 할 수 있고, 초기 상태에서 모든 상태로의 transition이 가능하며, 발생하는 토큰의 수도 항상 1 이하로 제한되어 안정성도 만족됨을 확인 할 수 있다.

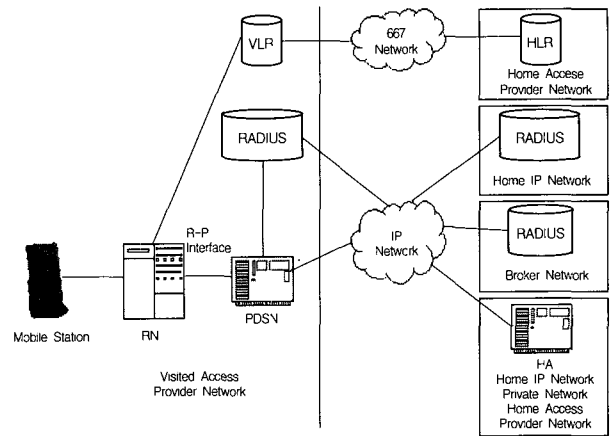
5. 시뮬레이션 및 성능분석

본 장에서는 PDSN간에 발생하는 핸드오프 처리 과정을 Handoff Sequence Control을 이용한 알고리즘의 시뮬레이션 수행 및 결과에 대하여 기술한다. 먼저 시뮬레이션 환경과 전체 모델을 정의하고, Down Stream과 Up Stream의 각 경우 Handoff Sequence Control 없는 알고리즘과 Handoff Sequence Control 있는 알고리즘의 시뮬레이션 실행 과정을 기술하고, 동일 시뮬레이션 환경에서 핸드오프 실행 시간과 패킷 손실 및 순서 변경에 의한 재전송 횟수를 측정하여 그 결과를 비교, 분석한다.

5.1 시뮬레이션 네트워크 구성도

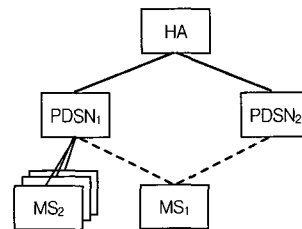
(그림 5-1)의 3GPP2에서 인증 및 보안 관련 요소를 제외하고 데이터 전송의 핵심 네트워크 모델을 살펴보면 HA (Home Agent), PDSN(Packet Data Serving Node), RN (Radio Network), MS(Mobile Station) 등이 존재한다. 핸드오프 과정에서 RN은 주체적이기보다는 PDSN과 MS 중간

에서 수동적으로 데이터의 전송하는 역할을 함으로 본 모델에서 제외하기로 한다. 따라서 본 시뮬레이션 모델은 데이터 전송의 핵심 노드 중 HA, PDSN, MS만으로 수행한다.

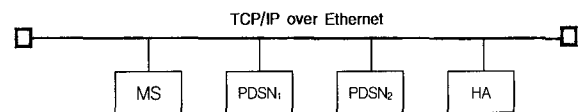


(그림 5-1) 3GPP2 Infrastructure

(그림 5-2)는 시뮬레이션 네트워크 구조를 나타내는 것으로 (그림 5-2)(a)와 같은 논리적 구조를 가지고 있다. Old PDSN과 HA사이의 트래픽을 표현하기 위하여 시뮬레이션 대상이 되는 MS외에 다른 MS를 부가적으로 구동시킨다.



(a) 논리적 구조



(b) 물리적 구조

(그림 5-2) 시뮬레이션 네트워크 구성도

5.2 시뮬레이션을 위한 가정

- ① MS의 접속과 통신을 관장하는 RN은 데이터 중계 역할만을 수행하므로 PDSN에게 RN의 역할을 위임시킴으로써 제외한다.
- ② MS에서 HA를 거쳐 CN(Correspondent Node)로 가는 데이터는 HA에서 CN으로의 단순 전달임으로 CN의 기능을 HA가 담당한다.
- ③ New PDSN이 새로운 RN으로부터 MS의 등록요청을 받았을 때를 핸드오프의 발생시점으로 본다.

- ④ 핸드오프의 종료는 Down Stream일 경우 New PDSN이 Old PDSN으로부터 받은 마지막 데이터 패킷을 MS로 전송했을 때이며, Up Stream일 경우는 MS에서 받은 첫 번째 데이터 패킷을 HA에게 전송했을 때로 본다.
- ⑤ PDSN간의 핸드오프는 Hard Handoff를 수행하므로 핸드오프 발생 시 MS와 Old PDSN간의 경로는 사용할 수 없다.

5.3 시뮬레이션 수행 과정

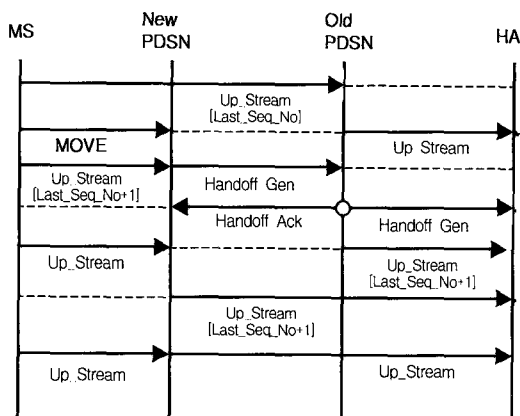
5.3.1 Up Stream : Handoff Sequence Control을 적용하지 않았을 경우

- ① HA를 구동시킨다.
- ② Old PDSN, New PDSN을 시동시키고 HA에 접속시킨다.
- 3 MS<sub>1</sub>, MS<sub>2</sub>, ..., MS<sub>n</sub>의 N개를 구동시키고 각각 Old PDSN에 접속하여 FTP를 실행한다.
- 4 MS<sub>1</sub>이 New PDSN에 접속하고 MOVE 메시지를 전송한다.
- 5 New PDSN은 Old PDSN에게 접속하고 Handoff\_Gen 메시지를 전송한다.
- 6 Handoff\_Gen 메시지를 받은 Old PDSN은 그에 대한 응답으로 New PDSN에게 MS<sub>1</sub>의 현 상태 정보를 포함하고 있는 Handoff\_Ack 메시지를 보내고 HA에게는 Handoff\_Gen 메시지를 전달한다.
- 7 Handoff\_Gen을 받은 HA는 MS<sub>1</sub>의 연결정보에 New PDSN을 추가한다.
- 8 New PDSN은 Handoff\_Ack에 있는 정보로 상태를 변경시키고, Up\_Buffer에 있는 패킷은 HA로 전송을 한다.
- 9 Old PDSN은 Up\_Buffer의 패킷을 모두 전송하였을 경우 MS<sub>1</sub>의 정보를 삭제한다.

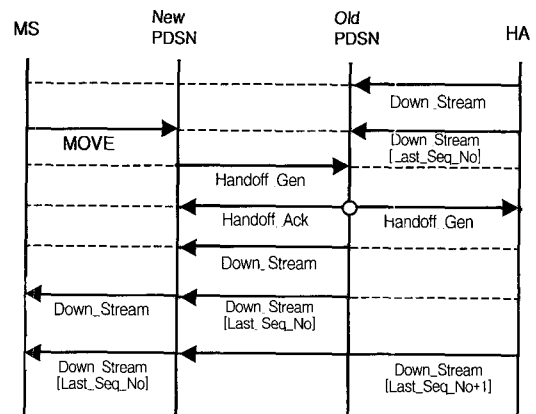
- ⑩ HA는 Old PDSN이 저장하고 있던 모든 패킷을 받기 전에 New PDSN으로부터 전송된 패킷에 대해 순서를 비교해보고 틀렸을 경우 NAK를 전송한다.
- ⑪ New PDSN은 처음 전송한 패킷에 대하여 Ack를 받을 때 핸드오프를 종료한다.

5.3.2 Down Stream : Handoff Sequence Control을 적용하지 않았을 경우

- ① HA를 구동시킨다.
- ② Old PDSN, New PDSN을 구동시키고 HA에 접속시킨다.
- ③ HA는 Old PDSN을 통하여 MS가 접속하면 주기적으로 MS에게 패킷을 전송한다.
- ④ MS<sub>1</sub>이 New PDSN에 접속하고 MOVE 메시지를 전송한다.
- ⑤ New PDSN은 Old PDSN에게 접속하고 Handoff\_Gen 메시지를 전송한다.
- ⑥ Handoff\_Gen 메시지를 받은 Old PDSN은 그에 대한 응답으로 New PDSN에게 MS<sub>1</sub>의 현 상태 정보를 포함하고 있는 Handoff\_Ack 메시지를 보내고 HA에게는 Handoff\_Gen 메시지를 전달한다.
- ⑦ Handoff\_Gen을 받은 HA는 MS<sub>1</sub>의 연결정보에 New PDSN을 추가한다.
- ⑧ Old PDSN은 다운 버퍼에 저장되어 있던 패킷을 New PDSN으로 전송한다.
- ⑨ HA는 다음 보낼 패킷을 New PDSN으로 전송한다.
- ⑩ New PDSN은 Old PDSN의 전송이 끝나기 전에 HA에서 들어오는 패킷이 있으면 무시하고 HA에게 NAK를 전송한다.
- ⑪ New PDSN이 Old PDSN에서 들어온 마지막 패킷을 MS에 전송한 후 HA에서 들어온 첫 번째 패킷을 전송했을 때 핸드오프를 종료한다.



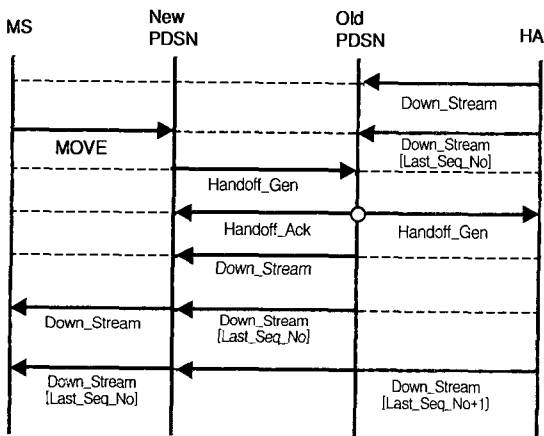
(그림 5-3) Handoff Sequence Control을 적용하지 않았을 경우 Up Stream 핸드오프 흐름도



(그림 5-4) Handoff Sequence Control을 적용하지 않았을 경우 Down Stream 핸드오프 흐름도

5.3.3 Up Stream : Handoff Sequence Control을 적용했을 경우

- ① HA를 구동시킨다.
- ② Old PDSN, New PDSN을 구동시키고 HA에 접속시킨다.
- ③ MS<sub>1</sub>, MS<sub>2</sub>, MS<sub>n</sub>의 N개를 구동시키고 각각 Old PDSN에 접속하고 FTP를 실행한다.
- ④ MS<sub>1</sub>이 New PDSN에 접속하고 MOVE 메시지를 전송한다.
- ⑤ New PDSN은 Old PDSN에게 접속하고 Handoff\_Gen 메시지를 전송한다. 이때 New PDSN은 MS<sub>1</sub>에서 HA로 보내는 패킷을 받아서 Up\_Buffer에 저장한다.
- ⑥ Handoff\_Gen 메시지를 받은Old PDSN은 그에 대한 응답으로 New PDSN에게 MS<sub>1</sub>의 현 상태 정보를 포함하고 있는 Handoff\_Ack 메시지를 보내고 HA에게는 Handoff\_Gen 메시지를 전달한다.
- ⑦ HA는 Handoff\_Gen 메시지를 받으면 MS<sub>1</sub>의 연결 정보에 New PDSN을 추가한다.
- ⑧ Old PDSN은 Up\_Buffer에 있는 패킷을 HA에게 전송을 하고 Up\_Buffer에 남은 패킷을 모두 전송하면 HA와 New PDSN에게 Handoff\_UpEnd 메시지를 전달한다.
- ⑨ New PDSN은 MS<sub>1</sub>에서 들어 오는 패킷을 Up\_Buffer에 저장하고 있다가 Handoff\_UpEnd 메시지를 받으면 저장했던 패킷들을 HA에게 전송하고 핸드오프를 종료한다.



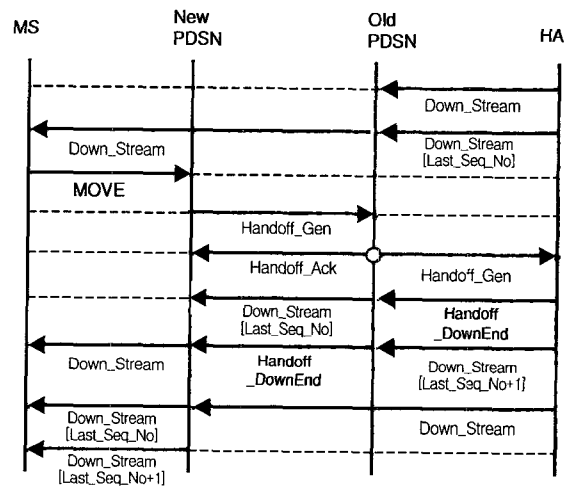
(그림 5-5) Handoff Sequence Control을 적용했을 경우 Up Stream 핸드오프 흐름도

5.3.4 Down Stream : Handoff Sequence Control을 적용했을 경우

- ① HA를 구동시킨다.
- ② Old PDSN, New PDSN을 구동시키고 HA에 접속

시킨다.

- ③ HA는 Old PDSN을 거쳐 접속하는 MS들에게 주기적으로 패킷을 전송한다.
- ④ MS<sub>1</sub>은 New PDSN에게 접속하고 MOVE 메시지를 전송한다.
- ⑤ New PDSN은 Old PDSN에게 접속하고 Handoff\_Gen 메시지를 전송한다.
- ⑥ Handoff\_Gen 메시지를 받은Old PDSN은 그에 대한 응답으로 New PDSN에게 MS<sub>1</sub>의 현 상태 정보를 포함하고 있는 Handoff\_Ack 메시지를 보내고 HA에게는 Handoff\_Gen 메시지를 전달한다.
- ⑦ HA는 Handoff\_Gen 메시지를 받으면 MS<sub>1</sub>의 연결 정보에 New PDSN을 추가하고 Old PDSN에게 Handoff\_DownEnd 메시지를 전송하며 다음 패킷부터는 New PDSN으로 전달하게 된다.
- ⑧ Old PDSN은 Handoff\_DwonEnd 메시지를 받고 Down\_Buffer에 있는 패킷을 New PDSN에게 모두 전송하면 New PDSN에게 Handoff\_DownEnd 메시지를 전달한다.
- ⑨ New PDSN은 Old PDSN에서 들어 오는 패킷을 Ho\_Buffer에 저장하고 MS<sub>1</sub>에게 전송한다. HA에서 들어오는 패킷은 Down\_Buffer에 저장한다.
- ⑩ Ho\_Buffer에 저장한 패킷을 모두 전송하고 Handoff\_DownEnd 메시지를 받으면 Down\_Buffer에 저장했던 패킷들을 HA에게 전송하고 핸드오프를 종료한다.



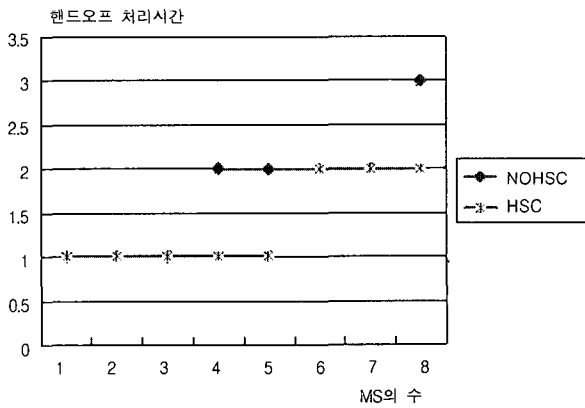
(그림 5-6) Handoff Sequence Control을 적용했을 경우 Down Stream 핸드오프 흐름도

5.4 시뮬레이션 결과

(그림 5-7)와 (그림 5-8)은 Up Stream과 Down Stream의 핸드오프 발생 시점에서부터 핸드오프가 처리될 때까지

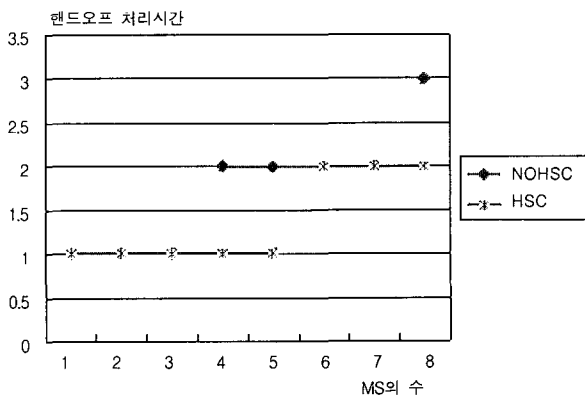


시간차를 MS의 수에 따라 나타낸 결과이다. PDSN으로부터 서비스를 받는 MS의 수가 증가할수록 트래픽이 증가한다. 핸드오프 처리 시간은 그림에서 보듯이 Handoff Sequence Control을 적용하지 않았을 경우(NOHSC)는 MS의 수가 4일때와 8일때 1씩 증가됨을 보였으며, 적용하였을 경우(HSC)는 5일때 증가됨을 보이고 있다.



HSC : Handoff Sequence Control을 적용했을 경우  
NOHSC : Handoff sequence Control을 적용하지 않을 경우

(그림 5-7) Up Stream 경우 핸드오프 처리시간

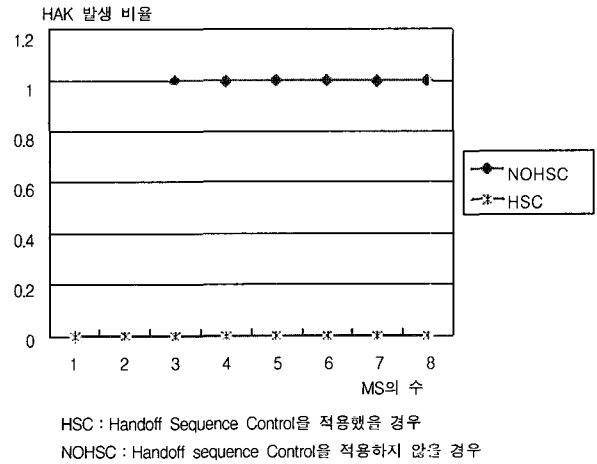


HSC : Handoff Sequence Control을 적용했을 경우  
NOHSC : Handoff sequence Control을 적용하지 않을 경우

(그림 5-8) Down Stream 경우 핸드오프 처리시간

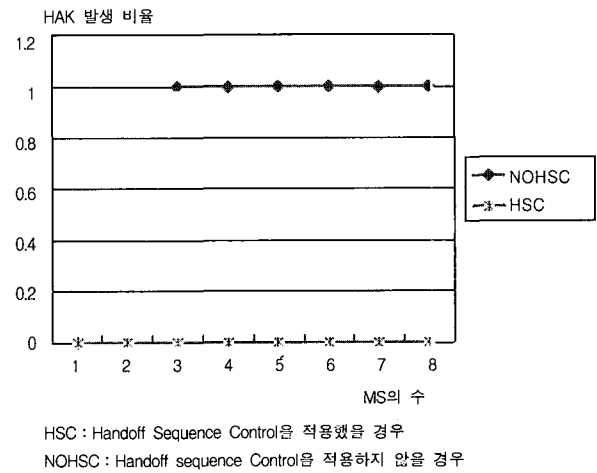
(그림 5-9)과 (그림 5-10)은 Up Stream과 Down Stream의 MS 수에 따른 NAK 발생률이다. NAK는 순서번호가 틀린 패킷을 받았을 경우 발생한다. 즉 Handoff Sequence Control을 적용하지 않은 Up Stream의 경우 MS의 수가 증가됨에 따라 HA와 Old PDSN사이의 트래픽이 증가되므로 New PDSN에서 HA로 보낸 패킷이 먼저 도착했을 때이며, Down Stream의 경우는 New PDSN이 MS에게 순서번호가 틀린 패킷을 전송했을 때이다. 그림에서 보듯이 Handoff Sequence Control을 적용하지 않았을 경우(NOHSC)는 Up Stream이나 Down Stream의 경우 모두 MS의 수가 3 일때부터 NAK가 발생하기 시작하며, 적용한 경우(HSC)는

발생하지 않음을 볼 수 있다. 이로써 Handoff Sequence Control을 적용하였을 경우, 재전송으로 인한 오버헤드가 감소함을 알 수 있다.



HSC : Handoff Sequence Control을 적용했을 경우  
NOHSC : Handoff sequence Control을 적용하지 않을 경우

(그림 5-9) Down Stream 경우 NAK 발생



HSC : Handoff Sequence Control을 적용했을 경우  
NOHSC : Handoff sequence Control을 적용하지 않을 경우

(그림 5-10) Up Stream 경우 NAK 발생

## 6. 결 론

본 논문에서 3GPP2에서 Macro Mobility 지원을 위한 seamless 핸드오프 알고리즘에 대해서 논하였다. 복미방식의 3GPP2의 이동성 지원을 위한 연구동향중 Macro Mobility 및 PDSN간의 핸드오프시 연결설정의 복잡성과 지연으로 인한 데이터 손실 및 순서변경이 생기는 문제점을 살펴보고, 이러한 문제점을 해결하기 위한 PDSN간 seamless 핸드오프 알고리즘을 설계하였으며, 제안한 알고리즘을 적용하여 PDSN간의 seamless 핸드오프 알고리즘의 페트리네트 모델링 및 도달성 트리를 이용하여 검증하였다. 끝으로 시뮬레이션을 통하여 순서변경으로 인한 패킷의 재전송률이 감소한다는 사실을 보임으로서 알고리즘이 보다 효율적으로 개선됨을 볼 수 있다.

**참 고 문 헌**

- [1] 3GPP2/TSG-P, P.S0001-A-1.DOC Version 1.0 Version Date : December, 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] Rigney, Rubens, Simpson, Willens, Remote Authentication Dial In User Service (RADIUS), RFC 2138, August, 1997.
- [6] Simpson, Mobile-IPv4 Configuration Option for PPP IPCP, RFC 2290, February, 1998.
- [7] TLA/EIA/TR45, PN-4286, Wireless IP network architecture based on IETF protocols. July, 1999.



**신 동 진**

e-mail : djsin@etri.re.kr  
 1978년 충남대학교 전자공학과(학사)  
 1980년 서울대학교 대학원 전자공학과(석사)  
 1990년 서울대학교 대학원 전자공학과(박사)

1982년~현재 한국전자통신연구원 무선방송연구소 책임연구원  
 관심분야 : 이동통신 네트워크, 무선 멀티미디어, 음성신호처리



**김 수 창**

e-mail : sckim@etri.re.kr  
 1986년 홍익대학교 전자계산학과(학사)  
 1995년 충남대학교 전산학과(석사)  
 2000년 충북대학교 정보통신공학과(박사 수료)

1988년~현재 한국전자통신연구원 EMT-2000 개발본부 선임연구원  
 관심분야 : 이동통신네트워크, 이동통신프로토콜



**임 선 배**

e-mail : sblim@etri.re.kr  
 1978년 고려대학교 전자공학과(학사)  
 1989년 한국과학기술원 전산학과(석사)  
 1993년 고려대학교 대학원 전자공학과(박사)  
 1979년~1984년 금성사/금성반도체 선임연구원  
 1984년~1992년 한국전자통신연구원 선임연구원

1992년~현재 한국전자통신연구원 이동관리연구소장, 핵심망기술연구부장, 현 차세대이동통신연구부 책임연구원  
 관심분야 : 이동통신 네트워크, 이동통신프로토콜



**전 병 준**

e-mail : bluewiny@shinbiro.com  
 2000년 서경대학교 컴퓨터과학과(학사)  
 2000년~현재 서경대학교 대학원 컴퓨터과학과 석사 과정  
 관심분야 : 이동통신 네트워크, 이동통신프로토콜



**송 병 권**

e-mail : bksong@skuniv.ac.kr  
 1984년 고려대학교 전자공학과(공학사)  
 1986년 고려대학교 대학원 전자공학과(공학석사)  
 1995년 고려대학교 대학원 전자공학과(공학박사)  
 1984년~1991년 삼성종합기술원 선임연구원

1995년~현재 서경대학교 정보통신공학과 조교수  
 관심분야 : 고속망 프로토콜, 분산처리시스템, 이동 컴퓨팅



**정 태 의**

e-mail : tejeong@skuniv.ac.kr  
 1979년 고려대학교 전자공학과(학사)  
 1982년 미국 오하이오주립대 전기공학과(석사)  
 1989년 미국 오클라호마대학 전산학과(석사)  
 1994년 미국 오클라호마대학 전산학과(박사)

1983년~1986년 금성반도체연구소 컴퓨터부문 선임연구원  
 1986년~1987년 United Microtek, Inc. (San Jose, California) Engineering Manager  
 1995년~현재 서경대학교 컴퓨터과학과 조교수  
 관심분야 : Computational Complexity, Formal Languages, Graph Languages, 알고리즘, 이동통신