

이기종 간의 Vertical 핸드오프 알고리즘

*조은선, *신연승, **김장수, **정태의, ***송병권
 *한국전자통신연구원 이동통신연구단 SDR 팀
 **서경대학교 컴퓨터학과
 ***서경대학교 정보통신공학과
 nemo_12@hanmail.net

Vertical Handoff Algorithm between Heterogeneous Networks

*Eun-Seon Cho, *Yeon-Seung Shin, **Chang-Su Kim, **Tae-Eui Jeong, ***Byung-Kwon Song
 *SDR Research Team, Mobile Telecommunication Research Division, ETRI
 **Dept. of Computer Science, Seokyeong Univ.
 ***Dept. of Information & Communication Engineering, Seokyeong Univ.

요 약

MS(Mobile Station)가 HSDPA(High Speed Downlink Packet Access)를 지원하는 W-CDMA(Wideband Code Division Multiple Access)망과 IEEE 802.16e를 지원하는 HPI(High Speed Portable Internet)망 사이를 이동할 때 발생하는 vertical 핸드오프 시, MS는 이전 경로 상에서 받지 못한 데이터를 새로운 경로로 넘겨받아 데이터가 순서대로 손실 없이 착신됨을 보장 받아야 한다. 이것은 재전송의 오버헤드를 줄이는 이점이 있다. 또한 vertical 핸드오프 시 새로운 망에 MS가 재구성되어지는 과정이 포함 되어야 한다. 이를 위해 본 논문에서는 vertical 핸드오프 시 이전 경로 상에서 받지 못한 데이터를 순서대로 넘겨받는 것과 새로운 망에 적용되는 MS 재구성에 관련된 프로토콜을 제안한다.

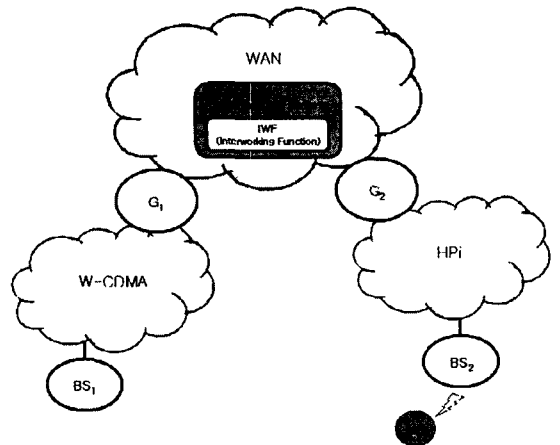
1. 서 론

본 논문에서는 서로 다른 네트워크 프로토콜을 사용하는 망 사이의 vertical 핸드오프[1]에 관하여 논한다. 핸드오프는 MS가 최근 BS(Base Station)에서 다른 BS로 이동하는 것을 말하며, 네트워크 링크의 변경 없이 라디오 링크 연결만 변경되는 것을 horizontal 핸드오프라 하고 핸드오프 시 MS가 사용하는 서비스나 어플리케이션 변경이 있는 경우를 vertical 핸드오프라 한다. MS가 서로 다른 네트워크 프로토콜을 사용하는 게이트웨이를 넘나들 때 vertical 핸드오프가 일어날 수 있다.

기존에 제안된 핸드오프 프로토콜은 서로 다른 네트워크 프로토콜을 사용하는 망 사이를 MS가 이동할 때 발생하는 데이터 손실 문제 및 MS 망 재구성에 대한 문제를 해결하지 못하고 있다. 즉, 게이트웨이 간의 핸드오프 시 발생하는 패킷의 손실과 순서 변경 문제는 transport layer의 TCP로 보완 하려고 한다. 하지만 이 경우도 단대단(end-to-end) 통신상에서의 재 전송이기 때문에 오버헤드는 크다고 할 수 있다. 그러므로 이러한 재 전송 오버헤드를 방지해야 한다[2]. 뿐만 아니라 MS 이동이 이기종 간에 발생 했다면 새로운 망에 적합한 네트워크 프로토콜로 재구성해야 하는 절차가 필요하다. 즉, MS가 현재의 네트워크 프로토콜과는 다른 네트워크 프로토콜을 사용하는 망으로 이동한다면 이전 경로에서 받지 못한 데이터를 넘겨받아 TCP의 재전송 문제를 해결하고 MS가 적용되어야 할 네트워크 프로토콜로 재구성 되는 과정이 고려되어야 한다.

2. 이기종 연동망 구조

본 논문에서 제안한 이기종 연동망은 HSDPA를 지원하는 W-CDMA망과 IEEE 802.16e를 지원하는 HPI망이다[3][4]. HSDPA는 기존의 W-CDMA Release 99 및 Release 4와 동일한 주파수 대역에서 사용 가능한 고속의 하향 패킷 데이터 서비스를 위한 시스템이며, HPI는 2.3GHz 주파수 대역에서 스펙트럼 사용효율을 보장하는 무선전송기술을 사용하여 셀룰러 형태의 망을 구성한다. 또한, 최대반경 1Km, 60Km/h 내외의 단말기 이동성을 보장하며 HPI 시스템 접속 제어 관리를 위한 MAC 프로토콜로 IEEE 802.16e 규격을 따른다.

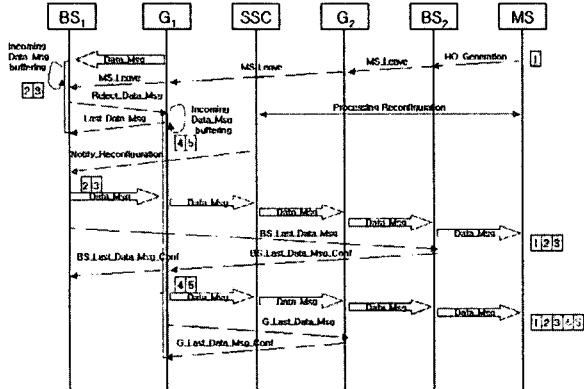


[그림 1] 전체 망 구성도

위 [그림 1]에서 보듯이 MS는 W-CDMA망의 BS1에서 HPI망의 BS2로 이동하는 단말기를 가리키며, WAN에서 W-CDMA망으로 들어가는 입구 역할을 하는 게이트웨이를 G1, W-CDMA망과 연결되어 MS와 무선 링크를 가지는 BS를 BS1이라 한다. 또한, WAN에서 HPI 망으로 들어가는 입구 역할을 하는 게이트웨이를 G2, HPI 망과 연결되어 MS와 무선 링크를 가지는 BS를 BS2라 한다. MS 이동은 이기종 망간의 핸드오프이기 때문에 재구성에 관련된 정보를 저장하고 있는 SSC(SSR Switching Center)가 필요하다. SSC는 W-CDMA망과 HPI망의 입구 역할을 하는 G1과 G2와 연결되어져 있는 구조로서 구성되며 WAN에 위치한다. 본 논문에서는 SDR(Software Defined Radio)을 기반으로 한 MS 재구성 절차에 대한 상세한 설명은 생략한다. MS 재구성 시 G1과 G2를 통해서 SSC에 접근 할 수 있다. 또한 SSC는 이기종 망 간의 상호 통신을 위한 IWF(Interworking Function)를 포함한다.

3. 핸드오프 절차

MS가 이전 경로인 BS₁과 통신이 두절된 상태에서 BS₂와 새로운 연결이 이루어지는 핸드오프 프로토콜 흐름은 아래 그림과 같다.



[그림 2] 이기종 간의 vertical 핸드오프 절차

MS는 새로운 BS₂ 지역으로 이동한 후 BS₂가 주기적으로 쉘 내에 브로드캐스트하는 Signaling_Msg를 받아 자신이 기존과 다른 BS로 이동했으며 현재 BS가 이전과 다른 통신 프로토콜을 사용함을 인지한다. 그런 후 MS는 BS₂에게 HO_Generation을 보내서 자신이 현재 BS₂가 관리하는 지역으로 들어 왔음을 알린다. 이에 BS₂는 BS₁에게 기존에 BS₁ 지역에 위치해 있던 MS가 자신에게 이동해 왔음을 BS₁에게 알리는 MS_Leave를 거쳐 BS₁으로 보내게 된다. 이 과정에서 MS_Leave를 받은 G₂는 자신이 관리하는 게이트웨이 내부에 있는 BS₂로 새로운 MS가 이동해 왔음을 감지한다.

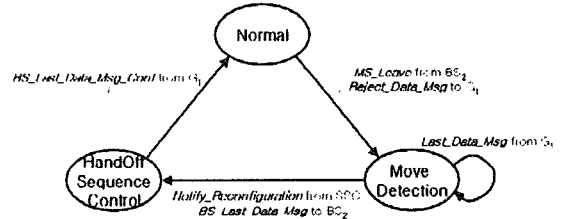
MS_Leave를 받은 BS₁은 MS를 목적지로 하는 Data_Msg를 자신에게 보내지 말 것을 Reject_Data_Msg를 보내서 G₁에게 알린다. Reject_Data_Msg를 받은 G₁은 더 이상 BS₁에게 보낼 Data_Msg가 없다는 것을 BS₁에게 확인 시켜주기 위해 Last_Data_Msg를 보낸다. 현재 BS₁은 MS가 이동한 후 보내지 못한 Data_Msg와 Last_Data_Msg를 받기 전까지의 Data_Msg를 버퍼링하고 있는 상태이다. 또한 G₁은 Reject_Data_Msg를 받은 후에 MS를 목적지로 들어오는 Data_Msg를 버퍼링하는 상태이다. 더불어 MS가 이동한 후에 HO_Generation을 BS₂에게 보내며 이전 경로의 BS₁에게 자신이 이동했음을 알리는 것과 동시에 MS는 SSC와 재구성에 관련된 절차를 수행한다.

재구성이 완료되어진 후에 SSC는 G₁을 거쳐 BS₁에게 Notify_Reconfiguration를 보낸다. Notify_Reconfiguration를 받은 BS₁은 버퍼링 되어 있는 2,3번 Data_Msg를 순서대로 G₁, SSC와 G₂를 거쳐 BS₂에게 보낸다. 마지막 Data_Msg 보낸 후 BS₂에게 BS_Last_Data_Msg를 보낸다. 그런 후 BS₂는 순서대로 2,3번 data_Msg를 받았다는 것을 BS_Last_Data_Msg_Conf를 G₁을 거쳐 BS₁로 알리게 된다. BS₂에 들어온 2,3번 data_Msg는 최종 목적지인 MS에게 전송하게 된다.

G₁은 Notify_Reconfiguration를 받은 후 재구성이 완료되었음을 인지하고 BS₂에서 보내 온 BS_Last_Data_Msg_Conf를 통해서 BS₁에서 버퍼링 되어 있던 2,3번 Data_Msg가 순서대로 정확히 BS₂에게 전송 되었음을 확실하게 된다. 그런 후 자신이 버퍼링 하고 있던 4,5번 Data_Msg를 G₂에게 보내고 자신이 가지고 있는 모든 Data_Msg를 보냈음에 대한 확인으로 Q_Last_Data_Msg를 G₂에게 보내게 된다. 4,5번 Data_Msg를 받은 G₂는 G₁에게 4,5번 Data_Msg를 잘 받았다는 확인으로 Q_Last_Data_Msg_Conf를 보낸다. G₂가 받아들이는 4,5번 Data_Msg는 BS₂를 거쳐 최종 목적지인 MS에게 전송되는 과정을 거친다.

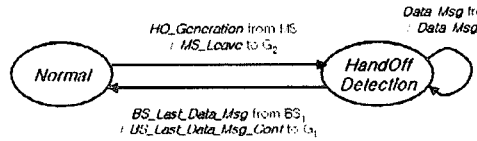
4. 핸드오프 프로토콜 상태 천이도 및 검증

[그림 3]은 BS₁의 상태 천이도를 나타내고 있다. Normal은 초기 상태이며 MS_Leave에 의해 MS 이동을 탐지한 상태인 Move Detection 상태로 천이된다. 또한 재구성이 완료되었음을 알리는 Notify_Reconfiguration를 받으면 버퍼링 되어 있는 Data_Msg를 BS₂에게 보내는 상태인 HandOff Sequence Control 상태로 천이되며 BS_Last_Data_Msg_Conf를 받은 후 최초 초기 상태로 돌아간다.



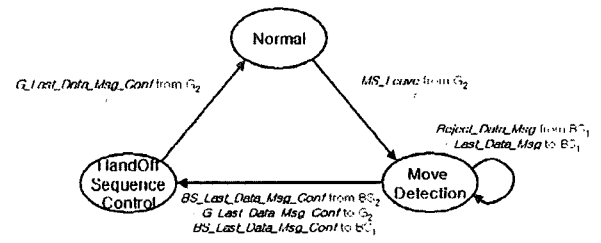
[그림 3] BS₁ 상태 천이도

[그림 4]는 BS₂의 상태 천이도를 나타내고 있다. Normal은 초기 상태이며 HO_Generation을 MS로부터 받고 새로운 MS가 자신의 쉘 내로 들어 왔음을 인지한다. 그런 후 BS₁의 나머지 Data_Msg를 받아들이는 상태로 천이된 후 BS₁으로부터 버퍼링 되어 있는 Data_Msg를 받아들이는다. BS₁에서 보낸 BS_Last_Data_Msg를 받으면 최초 초기 상태로 천이한다.



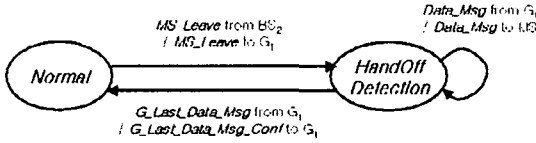
[그림 4] BS₂ 상태 천이도

[그림 5]는 G₁의 상태 천이도를 나타내고 있다. Normal은 초기 상태이며 MS_Leave에 의해 MS 이동을 탐지한 상태인 Move Detection 상태로 천이된다. 그런 후 BS₂가 BS₁의 나머지 Data_Msg를 다 받았다는 확인인 BS_Last_Data_Msg_Conf를 받으면 버퍼링 되어 있는 Data_Msg를 G₂에게 보내는 상태인 HandOff Sequence Control 상태로 천이되며 G_Last_Data_Msg_Conf를 받고 초기 상태로 돌아간다.



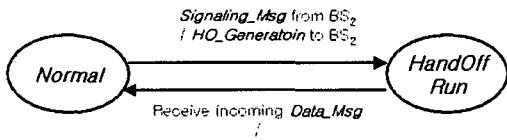
[그림 5] G₁ 상태 천이도

[그림 6]은 G₂의 상태 천이도를 나타내고 있다. Normal은 초기 상태이며 MS_Leave를 BS₂로부터 받고 G₁의 나머지 Data_Msg를 받아들이는 상태로 천이된 후 G₁에 버퍼링 되어 있는 Data_Msg를 받아들이는다. 그런 다음 G₁에서 보낸 Q_Last_Data_Msg를 받으면 최초 초기 상태로 천이한다.



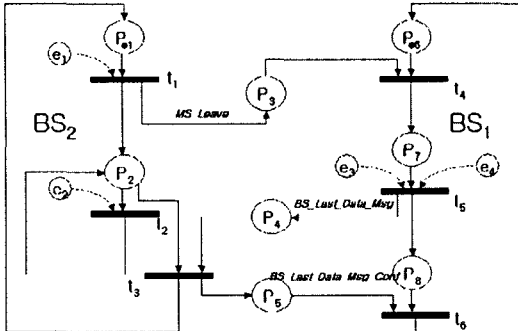
[그림 6] G2 상태 천이도

[그림 7]은 MS의 상태 천이도를 나타내고 있다. Normal은 초기 상태이며 BS₂가 망 내에 주기적으로 브로드캐스트하는 **Signaling_Msg**를 받아 핸드오프를 결정하고 재구성하는 상태인 HandOff Run 상태로 천이한다. 그런 후 MS를 목적으로 하는 **Data_Msg**를 받으면 초기 상태로 돌아간다.



[그림 7] MS 상태 천이도

위의 각각의 상태 천이도를 토대로 BS₁과 BS₂사이 및 G₁과 G₂사이의 연동을 페트리네트(Petri-net)를 이용하여 검증한다.



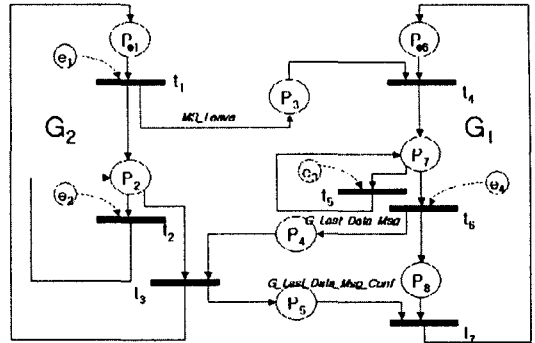
[그림 8] BS₁과 BS₂사이의 페트리네트 모델링

[그림 8]은 이전 경로인 BS₁에 버퍼링 되어 있는 **Data_Msg**를 BS₂로 완벽하게 보냈음을 검증한 페트리네트 모델링이며 아래 [표 1]은 [그림 8]의 페트리네트 모델링에 이용되어진 토큰소 상태 및 외부 이벤트를 도표화 한 것이다.

[표 1] BS₁과 BS₂사이의 토큰소 상태 및 외부 이벤트

토큰소	메시지 처리에 따른 상태
P1, P6	Normal
P2	HandOff Detection
P3, P4, P5	메시지 전달 과정
P7	Move Detection
P8	Handoff Sequence Control

외부 사건	메시지 절차에 따른 외부 사건
e1	HO_Generation from MS
e2	Data_Msg from BS1
e3	Notify_Reconfiguration from SSC
e4	Last_Data_Msg from G1



[그림 9] G₁과 G₂사이의 페트리네트 모델링

[그림 9]는 이전 경로인 G₁에 버퍼링 되어 있는 **Data_Msg**를 G₂로 완벽하게 보냈음을 검증한 페트리네트 모델링이며 아래 [표 2]는 [그림 9]의 페트리네트 모델링에 이용되어진 토큰소 상태 및 외부 이벤트를 도표화 한 것이다. 즉, [그림 8]과 [그림 9]를 통하여 이전 경로 상에서 받지 못하고 BS₁과 G₁에 버퍼링 되어 있는 **Data_Msg**를 각각 BS₂와 G₂를 통해서 MS에게 순서대로 보낼 수 있음을 검증한다.

[표 2] G₁과 G₂사이의 토큰소 상태 및 외부 이벤트

토큰소	메시지 처리에 따른 상태
P1, P6	Normal
P2	HandOff Detection
P3, P4, P5	메시지 전달 과정
P7	Move Detection
P8	Handoff Sequence Control

외부 사건	메시지 절차에 따른 외부 사건
e1	MS_Leave from BS2
e2	Data_Msg from G1
e3	Reject_Data_Msg from BS1
e4	BS_Last_Data_Msg_Conf from BS2

5. 결론

본 논문에서는 이기종 간의 Vertical 핸드오프 발생 시 문제되는 데이터 손실과 MS 재구성에 관련된 핸드오프 프로토콜 흐름을 보였으며, BS₁, BS₂, G₁, G₂와 MS 상태 천이도를 근거로 페트리네트 모델링을 하였다. 이는 이전 경로에서 받지 못한 데이터를 MS가 손실 없이 순서대로 정확히 받을 수 있음을 검증한다. 향후 NS-2상에서 현재 프로토콜을 시뮬레이션 할 예정이다.

참고문헌

- [1] C. Niedermeier, R. Schmid, E. Mohyeldin, M. Dillinger and Simens AG. "Handover Management and Strategies for Reconfigurable Terminals" SDRF-02-1-0047-V0.00, April 2002.
- [2] R. Cohen, B. Patel and A. Segall. "Handover in a Micro-cell packet switched Mobile network". IEEE INFOCOM'95, Vol. 2, pages 496-503, April 1995.
- [3] 3GPP. "Physical Layer Aspects of UTRA High Speed Downlink Packet Access (Release 2000)," 3G TR25.848 V0.6.0, March 2001.
- [4] IEEE 802.16 TGe Working Document, "IEEE 802.16e-03/07r2 16 Amendment 4: Mobility Enhancements", IEEE 802.16 TGe, May 2003.