

MIH(Media Independent Handover) 환경에서의 품질보장형 멀티미디어 서비스 제공기술

정영철* · 김병길** · 김영탁***

1. 서 론

현재 IEEE 802.3, 802.11, 802.16 기반의 다양한 LAN/WAN 액세스 네트워크 기술들이 사용자들에게 보급 되어 사용자들이 멀티 네트워크 인터페이스를 가진 하나의 단말에서 이동성, 가격, QoS(Quality of Service)등을 고려하여 접속 서비스를 선택적으로 이용할 수 있게 되었다.

최근 IEEE 802 media independent handoff working group에서는 IEEE 802.21 MIH(Media Independent Handover)[1]라 불리는 이기종 네트워크 간의 vertical handover를 지원하기 위한 기술을 표준화하고 있다. Vertical handover는 같은 종류의 네트워크에서 서비스 연속성을 제공하는 horizontal handover와 다르게 IEEE 802.16, IEEE 802.11과 같은 이기종 네트워크 간의 서비스 연속성을 제공하기 위해 사용된다. Vertical handover가 기존 horizontal handover와 비교해 가지는 장점은 제공되는 서비스를 고려할 수 있다는 것이다. 즉 각각의 액세스 네트워크에서 제

공하는 대역폭, 요금, 서비스 지원 범위 등을 고려하여 가장 적절한 네트워크로 핸드오버를 할 수 있게 된다.

Vertical handover는 특정 액세스 네트워크에 종속되지 않고, 보다 넓은 서비스 제공범위와 다양한 조건 (요금, QoS)을 고려한 핸드오버를 제공하는 장점을 가져다주지만, 서로 다른 액세스 네트워크간의 핸드오버로 인해 급격한 지원 대역폭 감소와 QoS 연결 재설정 문제를 초래한다. 이러한 문제는 대역폭 감소로 인한 packet loss 증가가 발생하거나, 또는 반대로, 늘어난 대역폭을 인지하여 효과적으로 사용하지 못함으로써 대역폭을 낭비하는 결과를 가져올 수 있다.

MIH는 vertical handover를 위한 기반 기술을 제공할 뿐 핸드오버 정책과 같은 문제들은 다루고 있지 않다. MIH에서의 핸드오버 정책에 관련된 기법들은 MIP(Mobile IP), SIP(Session Initiation Protocol)등과 같은 상위단 프로토콜에서 처리하는 것으로 간주하고 있다. 따라서 vertical handover에 따른 지원 대역폭 감소와 QoS 연결 재설정 문제는 MIH 상위 단의 시그널링 기법을 이용하여 해결해야 된다.

최근 응용계층 및 세션계층 관리 기능으로 SIP를 이용한 QoS 세션 설정 기법들이 연구되고 있다[2]. SIP는 IETF에 의해 제정된 멀티미디어 세

* 교신저자(Corresponding Author): 김영탁, 주소: 경북 경산시 대동 영남대학교 소재관 214호(712-749), 전화: 053)810-2497, FAX: 053)810-4742, E-mail: ytkim@yu.ac.kr

* 영남대학교 대학원 정보통신공학과
(E-mail: callaguy@yumail.ac.kr)

** 영남대학교 대학원 정보통신공학과
(E-mail: woosue@yumail.ac.kr)

*** 영남대학교 전자정보공학과

션 관리 프로토콜로, 멀티미디어 세션을 생성, 수정, 해제하는 기능들을 IP기반으로 제공하고 있다[3]. SIP의 장점중의 하나는 SDP(Session Description Protocol)와 함께 설정 하고자 하는 세션에 대한 추가정보들을 기술 할 수 있는 것이다. 즉 현재 설정하고자 하는 세션의 코덱, QoS 정보들을 기술함으로써 보다 효율적인 멀티미디어 세션 설정이 가능하다[4].

본 논문에서는 앞서 언급한 vertical handover에서 품질보장형 멀티미디어 어플리케이션에 미치는 영향을 해결하기 위한 방안으로 SIP를 이용한 방법을 제안한다. 앞서 언급한 문제점들의 원인은 핸드오버가 일어나기 전에 두 단말간의 사전협상과 협상에 따른 설정 기법이 없다는 점이 었다. SIP는 이러한 문제점을 해결하기 위한 세션 설정 및 변경 기능들을 제공하고 있으며, 추가적인 정보들을 확장 기술할 수 있는 SDP를 이용하여 보다 세부적인 협상 및 설정 절차를 수행할 수 있다.

본 논문의 2장에서 MIH에 관한 전반적인 특성을 살펴보고, 3장에서 vertical handover시 품질보장형 멀티미디어 서비스를 제공하기 위한 문제점을 살펴보면, 이를 해결하기 위한 방안으로 SIP를 이용한 방안을 제안한다. 마지막으로 4장에서 결론을 맺는다.

2. MIH 기술배경

2.1 MIH 개요

Media Independent Handover(MIH)는 이 기종 무선망간 Handover(HO) 기술이다. MIH에서 논의하고 있는 이기 종 무선망의 IEEE 802.11, IEEE 802.16, 3GPP, 3GPP2 와 유선망인 IEEE 802.3에 대해 논의하고 있다. 이와 같은 다양한

Access Network로 인하여 접속 네트워크 선택의 부정확성, 하나의 단말장치의 접속 인터페이스 증가에 따른 문제점, IETF의 다양한 fast handover 기술(e.g. MIP, FMIP), L2 기반의 Trigger, events 등에 대한 표준의 부재와 같은 여러 문제점 들이 발생할 수 있다. 위와 같은 문제점을 해결하기 위해서 MIH에서는 802 Media 전반에 관한 기본적인 표준 설계, 상위 Mobility Protocol (e.g., FMIP)을 위한 L2 Trigger의 정의, Media에 종속적이지 않는 정보 정의, 정보를 전송하는 방법에 대한 정의 등을 재정 협의하고 있다. 현재까지 MIH W/G에서는 Draft 3.0(2006년 12월)을 발표 하였으며, 2007년에 표준 재정을 목표로 삼고 있다.

MIH는 그림 1과 같은 위치를 차지하고 있다. MIH는 3GPP, 3GPP2와 같은 휴대전화망과, 802 Group, IETF에서 재정한 Mobility Protocol간의 유기적인 연결을 지원한다. MIH는 기본적으로 각 영역에서 제공하는 Inter-working 과 Handover Signaling 기술에 대해서는 관여하지 않고 있다. 즉, 각각의 Intra-Handover는 기존의 기술을 그대로 사용 한다. 하지만, 현재 각각의 Access Network 기술이 완벽하게 MIH를 지원하지는 못한다. MIH는 이러한 문제사항을 해결하기 위해 각각의 Media에 대한 구체적인 향상 방안을 제안

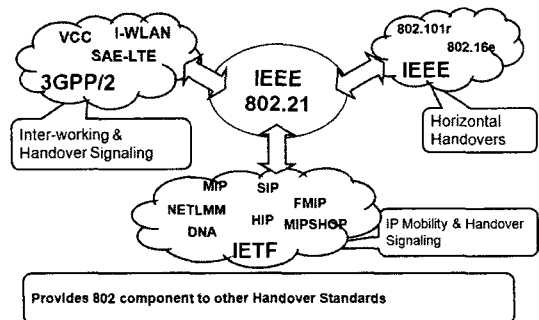


그림 1. MIH의 위치[5]

하고 있다. 하지만 이러한 사항은 권고사항이기 때문에 각각의 W/G에 따라 지원여부가 최종으로 결정된다. 위와 같은 각각의 Media에 대한 향상 방안은 MIH Service를 제공하기 위한 Service Access Point(SAP)에 중점을 두고 있으며, 기존의 SAP을 재정의 하는 것이 아니라 MIH를 지원하기 위한 방안을 권고하고 있다.

MIH의 영역은 그림 2에서 보는 바와 같이 handover initiation와 handover preparation만을 담당하며, MIH 자체로는 핸드오버 Signaling과 결정에 관여하지 않음을 알 수 있다. 즉 MIH는 Handover를 위한 사전의 Network Discovery와 Layer 2 Connectivity 등을 위한 사전 정보 및 명령을 제공한다. 이러한 정보는 MIH Key Service에 의해 제공되게 되며, 자세한 내용은 2.2 MIH 서비스 구조에서 다룬다. 또한, HO에서 실제 일어나게 되는 Signaling은 기존의 IETF에서 제공하는 Fast Handover 기술또는 각각의 Access Network에서 정의하는 Horizontal Handover 방법을 사용하도록 하고 있다.

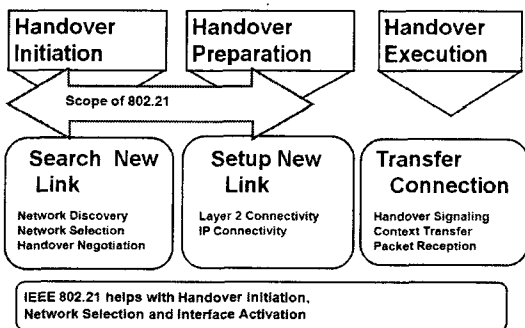


그림 2. MIH 영역(5)

2.2 MIH Service 구조

MIH 표준에서의 궁극적인 목표는 다양한 네트워크 사이에서 링크계층의 지능적인 정보 등을 제

공하여 Media에 종속적이지 않는 HO의 결정권을 제공하는 것이다. 이러한 정보 제공을 위해서 MIH에서는 Media Independent Handover Function (MIHF)을 제공한다. MIHF는 그림 3에서 보는 바와 같이 3가지의 주요 서비스로 구성된다. 모든 서비스는 상위계층 또는 하위계층에 종속적이지 않게 서비스 원형을 정의하여 제공한다. 이러한 서비스는 하위 또는 상위 계층과의 정보 교환을 위해 Service Access Point (SAP) 이 용한다. SAP는 상위계층에 종속적이지 않은 MIH_SAP, MIH_NMS_SAP와 하위계층에 종속적인 MIH_NET_SAP, MIH_LINK_SAP로 구성된다.

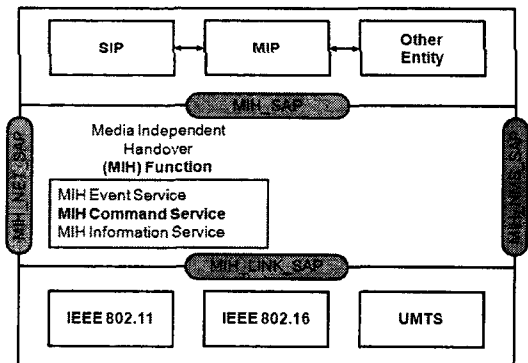


그림 3. MIH Key Services

Event Service는 Link Layer 또는 MIHF 에서 제공된다. Link Layer에서 HO에 관련된 Trigger가 발생되거나 MIHF에서 측정된 값의 변화가 일정 영역을 넘었을 때 Event가 발생하게 된다. 이러한 Event 서비스는 링크계층에 효율성을 제공하여 핸드오버 필요성의 결정, 핸드오버의 초기화, Candidate 링크의 선택 등의 관리에 도움을 준다. Command Service는 상위계층 또는 MIHF에서 제공된다. 상위계층의 결정사항 등을 자신의 Device Entity 또는 원격의 Device Entity에게

전달한다.

Information Service는 MN 자신의 정보는 또는 정보서버(Information Server)에 의해 제공되며, 이러한 정보는 Information Elements(IEs)로 제공되어 진다. 또한, 정보 표현 방법으로 eXtensible Markup Language(XML)와 Type Length Variable(TLV)를 사용한다. 보통 Information Service는 이미 결정되어진 Static 정보를 제공하며, Event Service는 Dynamic 정보를 제공한다.

MIH 개요에서 살펴본 바와 같이 MIHF를 제공하기 위해서는 하위 레이어는 MIHF를 지원하기 위한 SAP에 대한 향상 방안이 필요하다. 그림 4에서는 MIH에서 802.11에 대한 권고사항이다. SAP중 음역으로 처리된 부분이 MIH에서 새롭게 제안된 영역이다. MIH_SAP는 앞에서 살펴본 바와 같이 Media에 종속적이지 않기 때문에 모든 상위 Protocol에 동일하게 적용된다. 이에 반해, MLME_SAP는 각각의 Media에 종속적이기 때문에 모든 Access Network에 대한 향상방안을 제안하고 있다. 대표적인 SAP 확장 영역으로는 MLME-SCAN.confirm, MLME-MIHProtocol. Indication, MLME-LinkUp.indication 등을 들 수 있다. 이런 확장영역은 MIH를 지원하기 위한 것임을 알 수 있으며, 각각의 Access Network에 따라 확장된다.

또한, 상위계층에서 제공하는 Mobility Protocol을 지원하기 위한 MIH_SAP를 두어 상위 Protocol의 수정 없이 MIH를 지원할 수 있게 하였다. 이러한 MIH_SAP는 모든 Protocol을 지원할 수 있도록 특정 서비스를 정의 하지 않고 서비스 원형으로 정의 된다. 그 외의 다른 영역은 기존의 802.11에서 정의한 사항을 따르고 있다.

다음 그림 5는 실제 MIH가 제공 되는 영역을

살펴 볼 수 있다. 결국 MIH는 핸드오버를 하기 위한 효율적인 정보를 제공해 줌으로써 네트워크 공급자와 사용자간의 핸드오버에 대한 결정권을 도와준다.

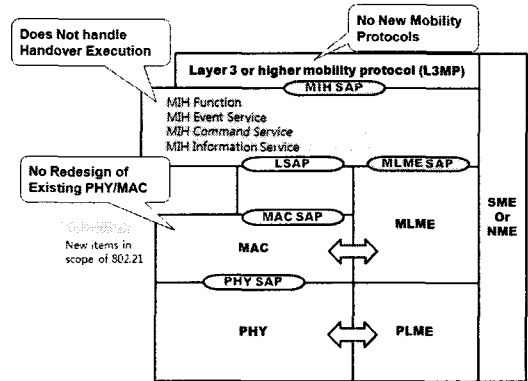


그림 4. MIH Amendments for 802.11

3. MIH 기반의 QoS보장형 멀티미디어 서비스 제공 기법

본 장에서는 vertical handover시 품질보장형 멀티미디어 서비스를 제공하기 위한 문제점들을 살펴보고, 이를 해결하기 위한 방안을 제안한다. 본 논문에서는 vertical handover에서 고려해야 하는 두 가지 문제점을 상세히 분석한다. 1) 네트워크 인터페이스 특성에 따른 인가 대역폭 변화 2) 핸드오버 후 QoS 세션 재설정 문제

3.1 MIH 기반의 QoS 보장형 멀티미디어 서비스 제공 시 고려 사항들

Vertical handover는 이기종 네트워크간의 서비스 연속성과 특정 항목을 고려한 핸드오버 기능을 제공한다. 하지만 이러한 장점들을 수반하기 위해서는 vertical handover가 일어나는 상황을 상위단 어플리케이션도 인지하여, 핸드오버 후의 네트워크 상황에 대처해야 한다.

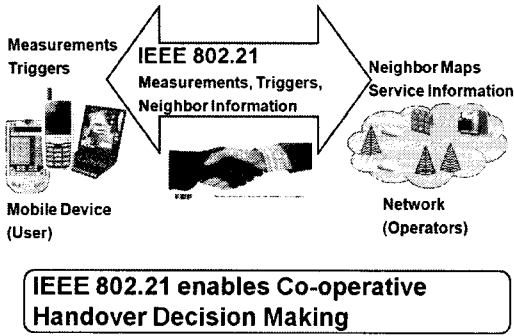


그림 5. HO 결정권(5)

Vertical handover시 품질보장형 멀티미디어 서비스 제공을 위한 가장 큰 문제점은 그림 6과 같이 이기종 네트워크간의 지원 대역폭 차이이다. 그림 6은 traffic generator를 이용하여 실제 사용 가능한 대역폭을 측정한 결과로서, Wi-Fi (IEEE802.11g)의 경우 최대 20Mbps (Packet overhead, link adaptation 고려)까지 지원 가능하지만, WiBro의 경우 최대 1.6Mbps 전송 가능하였다. Horizontal handover의 경우 같은 액세스 네트워크 기술을 이용하여 핸드오버를 실행함으로, 현재 네트워크의 사용가능 대역폭을 CAC (Call Admission Control)와 bandwidth broker를 연동하여 조절 가능하지만, vertical handover의 경우 특정 네트워크 인터페이스의 가용 대역폭에 의존하기 때문에, 이전에 설정된 파라미터를 이용하여 Vertical Handover가 이루어진 이후에서도 품질보장형 멀티미디어 서비스 제공을 항상 보장할 수 없다. 그림 7은 Wi-Fi(IEEE 802.11g)에서 WiBro로 vertical handover시 나타나는 문제점을 보여준다. 이 경우 큰대역폭에서 작은대역폭으로 vertical handover가 이루어지며, 만약 멀티미디어 어플리케이션이 가용 대역폭을 인지하지 못하고, 이전에 설정된 큰 대역폭으로 멀티미디어 정보를 전송하는 경우, packet loss가 발생하여 품질 보장형 서비스 제공에 문제가 발생하게 된다.

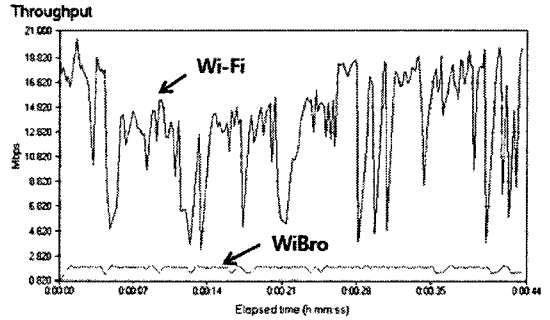


그림 6. Wi-Fi(802.11g) and WiBro throughput 비교

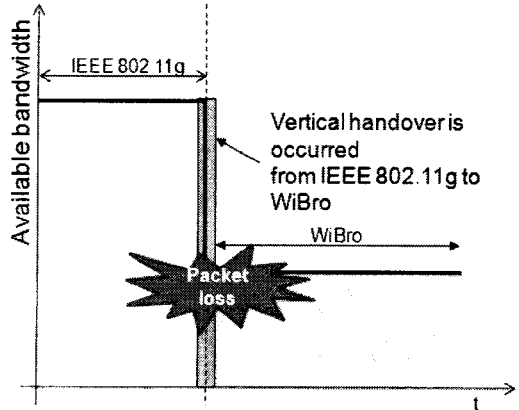


그림 7. Wi-Fi(IEEE 802.11g)에서 WiBro로 vertical handover 시 문제점

그림 8의 경우 WiBro에서 Wi-Fi(IEEE 802.11g)로 vertical handover시 나타나는 문제점을 보여준다. 그림 8의 경우 vertical handover 후, 추가적인 여유 대역폭을 확보 했음에도 불구하고 이전의 작은 대역폭을 기준으로 서비스를 계속 받고 있으며 이는 더 좋은 서비스 품질을 제공할 수 있는 기회를 활용하지 못하고 대역폭의 낭비를 초래할 수 있다.

앞서 언급한 문제점들은 vertical handover시 상대 단말이 핸드오버를 인지하지 못하기 때문에 일어난다. 즉 모바일 노드는 vertical handover시 상대 단말에게 핸드오버 알림 메시지를 보내고,

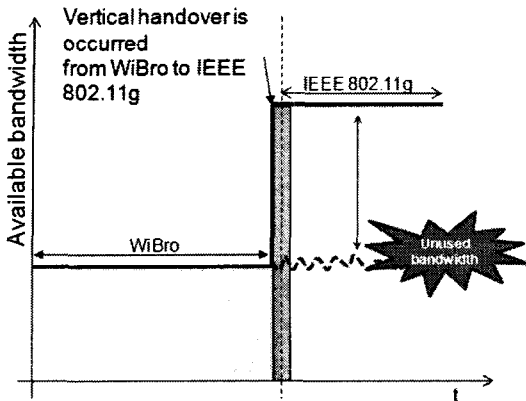


그림 8. WiBro에서 Wi-Fi(IEEE 802.11g)로 vertical handover 시 문제점

변화되는 네트워크 환경에 대한 협상절차를 수행하여야 한다.

Vertical handover시 품질보장형 멀티미디어 서비스를 제공하기 위한 또 하나의 고려사항은 핸드오버 후 QoS 세션에 대한 수정 또는 재설정이 필요하다는 것이다. Horizontal handover와 다르게 vertical handover는 서로 다른 액세스 네트워크 기술간의 핸드오버로 인해, QoS 세션에 대한 수정이 각 액세스 네트워크의 정책에 따라서 수행되어야 한다. 이를 지원하기 위해서는 모바일 노드가 핸드오버 후에 상대단말과 현재 QoS 세션에 대한 수정 또는 재설정 여부를 확인하고, 필요에 따라 QoS 세션을 재설정 또는 수정해야 한다.

본 논문에서 언급한 문제점들은 모두 MIH의 상위단에서 해결해야 한다. MIH는 vertical handover시 수반되는 기술만 제공하고, 핸드오버 결정이나, QoS 재설정에 관한 문제는 상위단에서 제공한다. 즉 vertical handover에 따른 단말간의 협상이나 QoS 재설정은 특정 액세스 네트워크 기술과 MIHF, 상위단의 시그널링 기법들을 상호 협동적으로 조합하여 해결해야 된다. 즉 그림 9와 같은 MIH와 SIP을 연동한 cross-layer adaptation 기법이 적용되어야 한다.

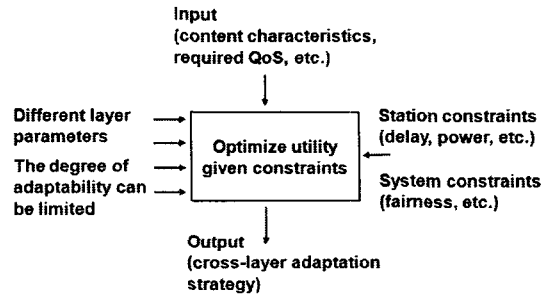


그림 9. Cross-layer adaptation concept(6)

3.2 SIP을 이용한 MIH기반의 품질보장형 멀티미디어 서비스 제공 방안

본 논문에서는 vertical handover시 품질보장형 멀티미디어 서비스를 제공하기 위해 MIH와 SIP을 함께 사용하는 방안을 제안한다. SIP은 IP 기반으로 동작하며, SDP와 연동하여 QoS와 같은 세부적인 세션 설정 절차를 이끌어 낼 수 있다 [8].

먼저 vertical handover시 발생하는 지원 대역폭 문제는 그림 10과 같이 (RE-)INVITE 메시지를 이용하여 해결한다. 인가 대역폭 문제는 상대단말이 모바일 노드의 이동성을 인지하지 못하기 때문에 발생한다. 따라서 본 논문에서는 모바일 노드가 핸드오버 시점을 인지하고 핸드오버 결정을 내릴 때, 상대방 노드에게 (RE-)INVITE 메시지를 이용하여 vertical handover 시점을 알리고, 핸드오버 후 네트워크 환경에 적응하기 위해 멀티미디어 속성들을 협상 한다. 세부적일 절차는, 먼저 모바일 노드가 vertical handover 시점을 인지하고, MIHF에서 MHS를 이용하여 핸드오버 대상 네트워크들을 검색한 다음, 검색 결과를 SIP에게 넘겨준다. SIP은 이 정보들을 참고하여 핸드오버 후 사용 가능한 멀티미디어 속성들(e.g., codec, transport rate)을 SDP에 기술 후 (RE-)INVITE

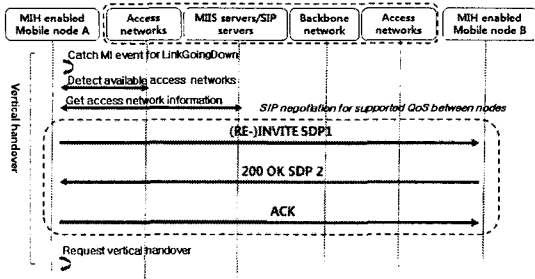


그림 10. 가용대역폭에 대한 노드간 협상

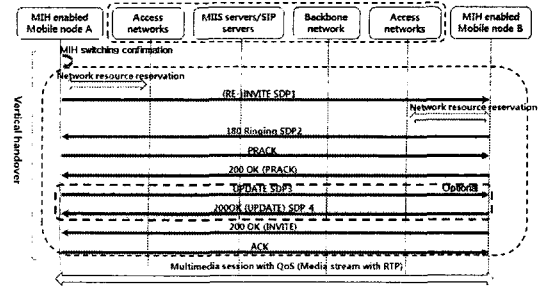


그림 11. Vertical handover 후 QoS 재설정 절차

메시지를 이용하여 상대단말에게 전송한다. (RE-) INVITE 메시지를 수신한 상대단말은 이전에 설정되어 있는 설정들을 초기화 하고, SDP에 포함된 속성들 중 수용 가능한 속성들을 SDP에 기술 후, (RE-)INVITE에 대한 응답으로 200 OK 메시지를 모바일 노드에게 전송한다. 200 OK 메시지를 수신한 모바일 노드는 상대단말이 수락한 속성들을 적용하고, 200 OK에 대한 응답으로 ACK 메시지를 상대단말로 전송한다.

Vertical handover 후 QoS 재설정 또는 수정 문제는 [2], [9]에서 제안한 방법을 이용하여 해결한다. [2]에서는 SIP를 이용하여 멀티미디어 세션 생성시 SDP에 QoS를 정보를 기술하고, QoS 설정을 위한 추가적인 메시지 교환을 통한 QoS 세션 설정법을 제안하고 있다. [2]의 제안 방법을 MIH vertical handover에 적용하기 위한 시점은, 모바일 노드의 SIP 모듈이 MIHF로부터 MIH switching confirmation 메시지를 받으면 시작한다. 그림 11의 자세한 절차를 보면, 먼저 모바일 노드가 MIHF로부터 MIH switching 메시지를 받으면 모바일 노드는 액세스 네트워크에 대한 자원 예약을 실행한다. 이는 [2]에서 제안하는 segmented model을 기반으로 하였다. 모바일 노드가 액세스 네트워크에 대한 자원예약을 성공적으로 마치면 (RE-)INVITE 메시지를 상대 단말에게 보낸다. 이때 SDP에 표 1과 같이 현재 QoS

표 1. SDP 기술 정보

SDP 속성	설명
m=video 23422 RTP/AVP 31	Media information
a=rtpmap:31 H261/9000	Media attribute for codec
a=curr:qos local sendrcv	Media attribute for QoS
a=curr:qos remote sendrcv	
a=des:qos mandatory local sendrcv	
a=des:qos mandatory remote sendrcv	

설정 상태와 요구되는 QoS 상태를 기술하여 (RE-) INVITE 메시지에 실어 보낸다. (RE-) INVITE 메시지를 받은 상대 단말은 SDP정보에 실린 QoS 요구 상황을 분석하고, 필요시(end-to-end QoS 설정일 때) 단말과 액세스 네트워크 간의 자원 예약을 실행한다. 자원예약이 끝난 후 QoS 설정 상황을 SDP에 기술하고 180 Ringing 메시지를 이용하여 모바일 노드에게 보낸다. 180 Ringing 메시지를 수신한 모바일 노드는 나머지 절차들을 마무리 하고, 최종적으로 ACK 메시지가 상대 단말에게 전송되면 새로운 QoS 세션이 설정된다.

앞서 제안한 방법들을 전체절차는 그림 12와 같다. 그림 12는 IEEE 802.16에서 IEEE 802.11e

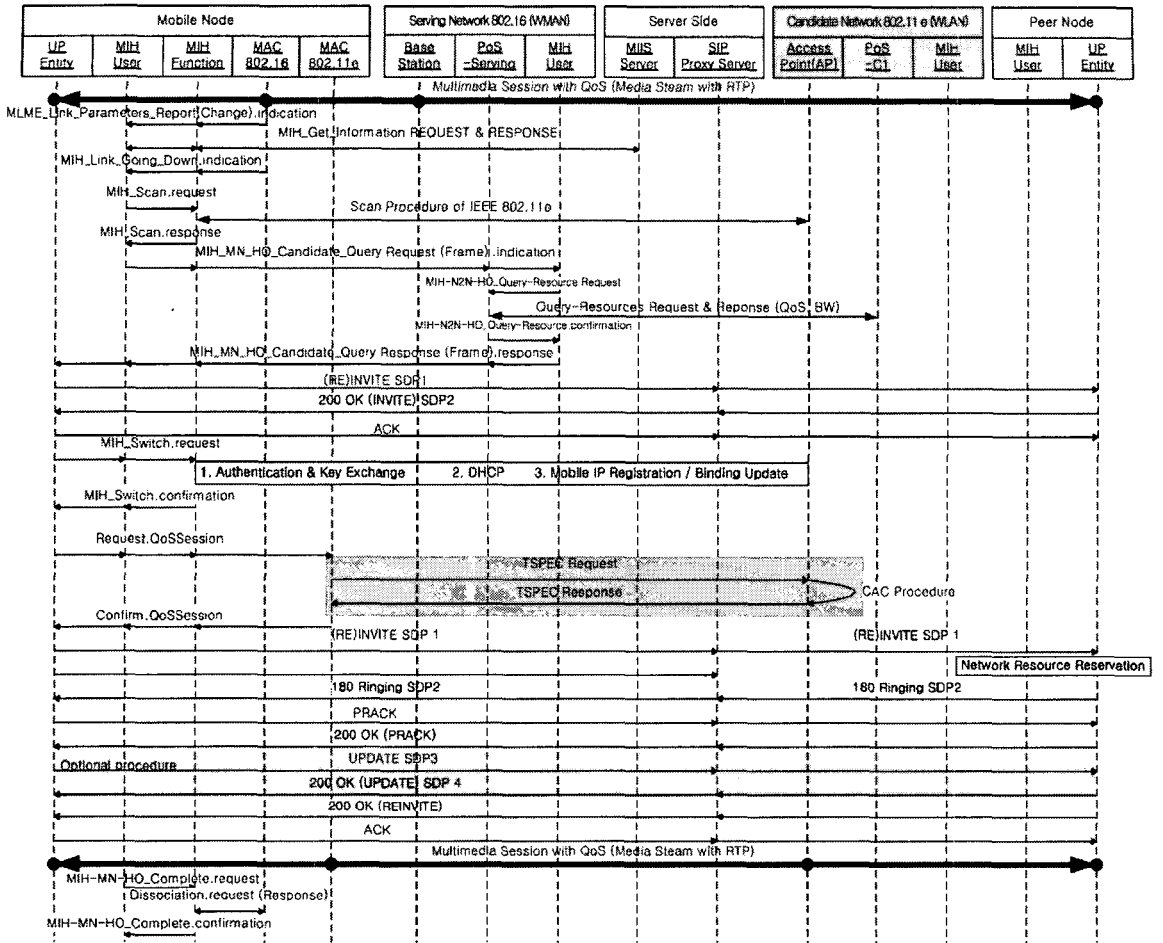


그림 12. SIP를 연동한 IEEE 802.16 -> IEEE 802.11e Virtual Handover 절차

로 vertical handover시 SIP를 이용한 멀티미디어 속성을 협상과 QoS 재설정/수정 절차를 보여 준다.

4. 결론

액세스 네트워크 기술은 계속 진화하고 있고, 하나의 단말에 다수의 네트워크 인터페이스가 장착되고 있다. 이는 앞으로 사용자들이 통신 환경, 목적에 따라 다양한 인터페이스를 선택 할 수 있다. MIH는 이러한 다양한 네트워크 인터페이스

를 하나로 묶어 공간, 이동성에 상관없이 지속적인 서비스를 제공할 것이다.

본 논문에서는 IEEE 802.21 MIH vertical handover시 품질보장형 멀티미디어 서비스 제공에 영향을 미치는 문제점들을 살펴보고, 이를 해결하기 위해 SIP를 사용하여 Vertical Handover에서도 QoS가 보장되는 멀티미디어 세션을 재구성하는 방안과 QoS를 향상시키는 방안을 제시하였다. 추후과제로 시뮬레이션을 통한 제안 기법의 성능분석(e.g., 핸드오버 delay 측정) 및 이에 대한 최적화 알고리즘 개발을 추진하고 있다.

참 고 문 헌

- [1] IEEE 802.21/D3.0 Draft IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks: Media Independent Handover, December 2006.
- [2] G. Camarillo et. al., "Integration of Resource Management and Session Initiation Protocol (SIP)," IETF RFC 3312, October 2002.
- [3] J. Rosenberg et. al., "SIP: Session Initiation Protocol," IETF RFC 3261, June 2002.
- [4] Luan Dang, Cullen Jennings, David Kelly, Pratical VoIP using VOCAL, O'REILLY, 2002.
- [5] IEEE 802.21 Tutorial, www.ieee802.org/21.
- [6] van Der Schaar, M. Sai Shankar N, "Cross-layer wireless multimedia transmission: challenges, principles, and new paradigms," IEEE wireless communications, Vol. 12, August 2005.
- [7] Alan B. Johnston, Understanding the Session Initiation Protocol, ARTECH HOUSE, 2004.
- [8] M. Handley and V. Jacobson, "SDP: Session Description Protocol," IETF RFC 2327, April 1998.
- [9] J. Rosenberg et. al., "The Session Initiation Protocol (SIP) UPDATE Method," IETF RFC 3311, September 2002.



정 영 철

- 2004년 2월 영남대학교 전자정보공학부(공학사)
 - 2006년 2월 영남대학교 정보통신공학과(공학석사)
 - 2006년 3월~2006년 8월 인텔 코리아 알앤디 센터 인턴쉽
 - 2007년 현재 영남대학교 정보통신공학과 박사과정
 - 관심분야 : MIH, Braodband access network(IEEE 802.11e, 802.11n, 802.16d/e), OPNET simulator
-
-



김 병 길

- 2006년 2월 영남대학교 전자정보공학부(공학사)
 - 2006년 현재 영남대학교 정보통신공학과 석사과정
 - 관심분야 : End-to-End QoS provisioning, Broadband access network(802.11, 802.16d/e), OPNET simulator
-
-



김 영 탁

- 1984년 2월 영남대학교 공과대학 전자공학과 공학사
 - 1986년 2월 한국과학기술원(KAIST) 전기및전자공학과 공학석사
 - 1990년 2월 한국과학기술원(KAIST) 전기및전자공학과 공학박사
 - 1990년 4월~1994년 8월 : 한국통신(KT) 통신망 연구소 선임연구원/실장
 - 1994년 9월~현재 : 영남대학교 전자정보공학부 교수
 - 2001년 2월~2002년 1월 : 미국 국립 표준기술연구소(NIST) 객원연구원
 - 2000년 8월~현재 : 정보통신연구소 광대역이동멀티미디어 연구센터 (ITRC) 센터장
 - 관심 분야 : QoS 보장형 멀티미디어 서비스 제공 기술, BcN 트래픽엔지니어링, 통신망운용관리
-
-