

오버레이 네트워크 환경에서 비디오 서비스를 위한 트랜스포트 계층에서의 수직 핸드오버 방안

장 문 정[†] · 이 미 정^{††}

요 약

차세대 네트워크는 다양한 특성을 가진 무선 액세스 네트워크들로 구성되는 오버레이 네트워크 형태로 구성된다. 이와 같은 네트워크 환경에서 이동 사용자에게 멀티미디어 서비스를 고품질로 제공하기 위해서는 핸드오버 횟수를 최소화하고 오류전파문제를 해결해야 한다. 이에 본 논문에서는 mSCTP (mobile Stream Control Transmission Protocol)을 기반으로 오류전파문제를 개선함으로써 오버레이 네트워크 환경에서 종단 간 수직 핸드오버 시 이동 사용자에게 고품질의 멀티미디어 서비스를 제공하는 방안을 제안한다. 제안하는 방안은 다음 4가지 기능을 이용한다: (1) 멀티미디어 프레임의 전송 경로를 프레임 유형별로 분리, (2) 멀티미디어 프레임 손실률을 최소화하는 재전송 정책, (3) 바이캐스팅(bicasting)을 통한 Forced 수직 핸드오버 수행, (4) 핑퐁 현상이 성능에 미치는 영향을 줄이기 위한 안정기간 사용. 시뮬레이션을 통해 제안하는 방안은 오류복원력을 달성함으로써 이동 사용자에게 고품질의 멀티미디어 서비스를 제공함을 알 수 있었다.

키워드 : 트랜스포트 계층, 이동성, mSCTP, 멀티미디어 서비스, 오류전파, 오류 복원력

An Transport Layer Vertical Handover Approach for Video Services in Overlay Network Environments

Chang, Moonjeong[†] · Lee, Meejeong^{††}

ABSTRACT

The next generation communication environment consists of various wireless access networks with distinct features that are configured as an overlay topology. In the network environments, the frequency of handovers should be minimized and the error propagation should be solved in order to provide high-quality multimedia services to mobile users. Therefore, we propose an performance enhancement approach, based on mSCTP, that provides high-quality multimedia services to mobile users by ameliorating the error-propagation problem. We utilizes the following four functions: 1) the separation of transmission paths according to the types of frames, 2) retransmission strategy to minimize the loss rate of frames, 3) Foced vertical handover execution by utilizing bicasting, 4) using the stability period in order to reduce the effect of the ping-pong phenomenon. The simulation results show that the proposed approach provides seamless multimedia service to mobile users by achieving error resilience.

Key Words : Transport layer, Mobility, mSCTP, Multimedia services, Error propagation, Error resilience

1. 서 론

주문형 비디오 서비스(Video-On-Demand), 멀티미디어 메시징 서비스 (Multimedia Messaging Service), DMB (Digital Multimedia Broadcasting)와 같은 이동 멀티미디어 서비스들이 이동단말(MT, Mobile Terminal)과 무선 인터넷 기술의 빠른 발달로 인해 점차 널리 서비스되고 있다. 이와 같은 서

비스들은 높은 압축 효율성을 가진 H.264 [1] 혹은 MPEG-4 [2]와 같은 비디오 표준을 기반으로 하여 서비스된다. 이러한 코딩 스킴에서 비디오 시퀀스들은 I 프레임, P 프레임, B 프레임으로 구성되며 프레임 간에 계층적 상관관계를 가진다. 프레임 내 코딩으로만 압축한 프레임을 I 프레임(혹은 인터 프레임)이라고 하며 임의 접근 및 고속 찾기와 같은 기능이 I 프레임으로 지원된다. I 프레임은 다른 프레임과 독립적으로 압축되어 단독으로 복원이 가능한 반면 다른 프레임에 대한 참조 없이 부호화하기 때문에 압축된 데이터의 크기가 크다. 프레임 간 코딩으로 압축된 프레임은 예측 방법에 따라 P 프레임과 B 프레임(혹은 인터 프레임)으로 나

* 이 논문은 2005년도 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임(KRF-2005-041-D00671).

† 준 회원 : 이화여자대학교 대학원 컴퓨터학과 박사과정

†† 정 회원 : 이화여자대학교 공과대학 컴퓨터학과 교수
논문접수 : 2006년 8월 17일, 심사완료 : 2007년 3월 6일

는다. P 프레임은 가장 최근의 I 프레임이나 P 프레임을 참조하여 이전 프레임과 현재 프레임의 차이 값만을 부호화하여 저장하기 때문에 I 프레임보다 크기가 작다. B 프레임은 과거 프레임과 미래 프레임을 참조하여 양방향 예측으로 압축하기 때문에 P 프레임보다 압축률이 좋다. 그리고 I 프레임으로 시작하는 연속적인 화상들의 집합을 GOP (Group Of Picture)라고 하며, GOP 크기는 멀티미디어 서비스의 품질에 영향을 미친다. 즉 GOP 크기가 작을수록 고품질의 멀티미디어 서비스를 제공할 수 있다[3].

그런데 이들 코딩 스킴은 I 프레임이 손실되는 경우 손실된 I 프레임을 참조하는 P 프레임과 B 프레임을 MT가 모두 수신하더라도 참조할 수 있는 I 프레임이 손실되었기 때문에 수신한 P 프레임과 B 프레임은 복원될 수 없다. 그러므로 MT가 수신한 P 프레임과 B 프레임은 쓸모없는 프레임이 되고, 결국 한 GOP 크기만큼 손실되어 멀티미디어 서비스 품질이 떨어진다. 이와 같은 문제를 오류전파문제라고 부른다[4]. 이 문제를 해결하기 위한 방안으로 GOP 크기를 줄여 I 프레임의 갱신률을 높이는 방안이 있다. 이는 I 프레임을 참조하는 P 프레임과 B 프레임의 수를 줄임으로써 하나의 I 프레임 손실이 성능에 미치는 영향을 줄여 멀티미디어 서비스의 품질 저하를 개선하고자 하는 방안이다. 그러나 이 방안에서는 데이터 크기가 큰 I 프레임 수가 많아지므로 더 큰 대역폭이 요구된다. 한편 무선 네트워크 환경에서 멀티미디어 서비스 품질을 향상시키기 위해서 위와 같은 방안을 그대로 적용하는 것은 적합하지 못하다[5]. H.264 혹은 MPEG-4와 같은 코딩 스킴들은 원래 무선 네트워크에서의 전송을 고려하여 개발된 것이 아니며, 유선 네트워크에 비해 상대적으로 패킷 오류률이 높고 데이터 전송률이 낮은 무선 네트워크에서 GOP 크기를 낮추어 전송하는 것은 오히려 I 프레임의 손실률을 증가시킬 수 있으며 이로 인해 낮은 품질의 멀티미디어 서비스를 제공하게 된다[5]. 그러므로 무선 네트워크 환경에서 좋은 품질의 멀티미디어 서비스를 제공하기 위해서는 무선링크의 특성을 고려한 멀티미디어 전송방안이 요구된다.

최근, 무선 네트워크 기술의 발전으로 서로 다른 특성을 가진 다양한 무선 시스템들(e.g. Bluetooth, WiFi, WiMax, 3G Cellular 등)이 등장하였으며, 차세대 네트워크 환경은 이와 같은 다양한 무선 시스템들이 액세스 네트워크로서 오버레이 형태로 구성될 것이다[6]. 즉 오버레이 네트워크 환경은 3G와 같이 데이터 전송률이 낮으면서 넓은 커버리지 영역을 가지는 네트워크가 오버레이 네트워크로, WLAN (Wireless LAN)과 같이 데이터 전송률이 높으면서 좁은 커버리지 영역을 가지는 네트워크가 언더레이 네트워크로 구성되는 네트워크 환경이다. 그리고 MT는 다양한 무선 액세스 네트워크에 접속하기 위해서 한 개 이상의 인터페이스를 가지게 될 것이다[6]. 또한 pervasive 이동 컴퓨팅에 대한 요구가 급격히 증가함에 따라 이동성을 효율적으로 지원하는 기술은 차세대 네트워크 서비스의 핵심적인 요소로 대두되고 있다[7]. 그러므로 차세대 네트워크 환경에서 이동 사

용자에게 멀티미디어 서비스를 끊임없이 제공하기 위한 효율적인 이동 망 간 수직핸드오버 (VHO) 기술은 매우 중요하다. 지금까지 제안된 VHO 방안들은 크게 네트워크 계층에서의 VHO 방안과 트랜스포트 계층에서의 VHO 방안으로 나누어 볼 수 있다. 네트워크 계층에서의 VHO 방안[8, 9, 10]은 트랜스포트 계층에서 사용자의 이동을 인식하지 않고 세션을 계속 진행할 수 있지만, 각기 다른 특성을 가진 다양한 무선 액세스 네트워크에 이동성 지원을 위한 특별한 엔터티를 각 무선 액세스 네트워크 별로 두어야 하고 이로 인해 터널링이나 삼각라우팅 등의 오버헤드 및 비효율성이 발생한다. 특히, 핸드오버 지연시간이 중단 간 전송지연에 민감한 멀티미디어 서비스를 제공하기에 적합하지 않다. 한편 트랜스포트 계층에서의 VHO 방안[11,12,13]은 위와 같은 네트워크 계층에서의 VHO 방안의 문제점들을 해결하거나 완화할 수 있다. 대표적인 트랜스포트 계층에서의 VHO 방안으로 mSCTP (mobile Stream Control Transmission Protocol) [14]가 있다. mSCTP는 SCTP (Stream Control Transmission Protocol) [15]의 '멀티호핑' 특성을 기반으로 하여 어소시에이션의 한 종단점인 MT가 이동함에 따라 그 IP 주소가 변경되는 경우 어소시에이션에 매핑되는 종단점의 IP 주소를 트랜스포트 계층 시그널링에 의해 중단 간에 동적으로 알리고 변경함으로써 이동성을 지원하는 프로토콜이다. mSCTP에서는 종단점의 IP 주소를 변경하기 위한 트랜스포트 계층 시그널링로 ASCONF(Address Configuration Change) / ASCONF-ACK(Address Configuration Acknowledgment) 제어 청크를 사용하며, ASCONF 제어 청크의 파라미터로는 새로운 IP 주소를 어소시에이션에 추가하기 위한 ADDIP, 현재 어소시에이션의 종단점 IP 주소로 등록되어 있는 것을 삭제하기 위한 DELETEIP, 데이터 전송 경로를 변경하기 위한 Set primary IP가 있다. 중단 간 이동성 지원 방안인 mSCTP는 다양한 무선 액세스 네트워크들의 특성에 독립적으로 이동성을 지원할 수 있기 때문에 네트워크 계층에서의 VHO 방안에 비해 좀 더 간단한 네트워크 구조를 가진다. 이로 인해 mSCTP의 VHO 절차는 네트워크 계층에서의 VHO 방안의 VHO 절차에 비해 간단해지며, 트랜스포트 계층에서 사용자의 이동으로 인한 데이터 경로 변경을 명시적으로 인지할 수 있어 이동에 대해 최적화된 트랜스포트 계층 혼잡 및 오류제어를 제공할 수 있다.

일반적으로 차세대 네트워크 환경인 오버레이 네트워크 환경에서 MT에게 멀티미디어 서비스를 고품질로 제공하기 위해서는 MT가 언더레이 네트워크에 액세스 가능한 경우 MT가 언더레이 네트워크로 핸드오버를 수행함으로써 오버레이 네트워크에 비해 상대적으로 데이터 전송률이 높은 언더레이 네트워크를 통해 멀티미디어 서비스를 제공받도록 하는 방안이 고려되었다[3]. 그러나 이 방안은 핸드오버로 인한 프레임 손실이 발생하며, 특히 I 프레임 손실로 인한 성능저하가 발생할 수 있다. 또한 오버레이 네트워크와 언더레이 네트워크의 중단 간 전송지연의 차이로 인해 지터(jitter)의 편차가 커지는 문제가 있다.

이에 본 논문에서는 오버레이 네트워크 환경에서 MT에게 멀티미디어 서비스를 고품질로 제공하기 위한 방안을 제안하고자 한다. 제안하는 방안은 오버레이 네트워크 환경에 적합한 핸드오버 방식으로 고려되고 있는 종단 간 VHO 방안인 mSCTP를 기반으로 하며, MT가 2개 이상의 네트워크에 동시에 액세스가 가능한 경우에 적용된다. 제안하는 방안은 프레임 유형에 따라 전송경로를 분리하고, 현재 통신 중인 네트워크들 중에서 더 짧은 전송지연을 가지는 네트워크를 통해 손실된 프레임들의 재전송을 수행함으로써 멀티미디어 서비스의 오류전파문제를 개선한다. 또한 제안하는 방안은 언더레이 네트워크에서 오버레이 네트워크로 VHO를 수행하는 경우 바이캐스팅(bicasting)을 사용하여 I 프레임의 손실이 발생하지 않도록 함으로써 끊임없는 멀티미디어 서비스를 제공한다. 마지막으로 핑퐁 현상이 성능에 미치는 영향을 줄이기 위해 안정기간을 둔다. 시뮬레이션을 통해 제안하는 방안은 오버레이 네트워크 환경의 특성을 활용함으로써 오류전파문제를 개선하여 MT에게 고품질의 멀티미디어 서비스를 제공함을 확인할 수 있었다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 1장의 서론에 이어 2장에서는 제안하는 방안에 대해 자세히 설명한다. 3장에서는 시뮬레이션 수행 결과를 통해 그 성능을 비교·분석하였고, 마지막으로 4장에서는 결론을 맺는다.

2. 제안하는 방안

본 장에서는 차세대 네트워크 환경인 오버레이 네트워크 환경에서 MT에게 멀티미디어 서비스를 끊임없이 고품질로 제공하는 것을 목적으로 하는 멀티미디어 서비스의 성능향상 방안에 대해서 설명한다. 다양한 특성을 가진 무선 액세스 네트워크들로 구성되는 오버레이 네트워크 환경에서 멀티미디어 서비스를 MT에게 고품질로 제공하기 위해서는 핸드오버 횟수를 최소화하고 오류전파문제를 해결해야 한다. 이를 위해 제안하는 방안에서는 다음 3가지 기능을 활용한다: (1) I 프레임의 전송경로와 P와 B 프레임의 전송경로 분리, (2) I 프레임 전송경로를 재전송 경로로 사용, (3) 언더레이 네트워크에서 오버레이 네트워크로 MT가 이동하는 경우 (이후, Forced VHO라 부름.) 바이캐스팅 사용, (4) 안정기간 사용.

2.1절과 2.2절에서 본 논문에서 제안한 전송경로 분리방안과 재전송 정책에 대해서 각각 설명하고, 2.3절에서 제안하는 Forced VHO 방안에 대해서 자세히 설명한다. 2.4절에서 안정기간에 대해서 설명하며, 마지막으로 2.5절에서 제안하는 방안의 동작방식을 예를 들어 설명한다.

2.1 프레임 유형별 전송경로 분리방안

오버레이 네트워크 환경에서는 종단 간 전송지연이 긴 3G 네트워크와 같은 오버레이 네트워크가 종단 간 전송지연이 짧은 WLAN과 같은 언더레이 네트워크에 비해 상대적으로 넓은 커버리지 영역을 가진다. 제안하는 방안에서 송신노드는 액세스 가능한 네트워크들 중에서 실행 중인 용

용에 의해 제한되는 종단 간 전송지연과 대역폭을 만족하는 네트워크들을 종단 간 전송지연을 기준으로 순서화하고, 순서화된 리스트 중에서 가장 마지막 네트워크로 P와 B 프레임을 전송하고, 첫 번째 네트워크로 I 프레임을 전송한다. 순서화된 리스트 중에서 가장 마지막 네트워크는 송신노드가 액세스 가능한 네트워크들 중에서 종단 간 전송지연이 가장 긴 네트워크로 커버리지 영역이 가장 넓은 네트워크이다. 따라서 이 네트워크를 통해 P와 B 프레임을 전송함으로써 핸드오버 횟수를 최소화한다. 한편 순서화된 리스트 중에서 첫 번째 네트워크는 송신노드가 액세스 가능한 네트워크들 중에서 종단 간 전송지연이 가장 짧은 네트워크로 종단 간 전송지연이 긴 네트워크에 비해 상대적으로 대역폭이 큰 네트워크이다. 따라서 이 네트워크로 P와 B 프레임에 비해 상대적으로 데이터 크기가 큰 I 프레임을 전송한다. 또한 I 프레임을 이 네트워크를 통해 전송함으로써 I 프레임이 손실되는 경우 실행 중인 용용이 제한하는 종단 간 전송지연 내에 손실된 I 프레임의 재전송이 성공할 수 있도록 재전송 시도횟수를 최대화할 수 있다. 따라서 제안하는 방안에서는 제한된 종단 간 전송지연 내에 손실된 I 프레임의 재전송 성공 확률을 최대화함으로써 오류전파문제를 개선한다.

제안하는 방안에서 I 프레임의 전송경로가 달라짐으로 인해 MT에서 발생하는 오버헤드는 하나의 경로로 모든 프레임이 전송되는 기존 방법에 비해 최대 하나의 I 프레임을 추가적으로 버퍼링하는 것이다. 즉 MT가 수직 핸드오버를 수행하는 경우 송신노드에서 n번째 GOP에 대해서 I, P, B 프레임을 순차적으로 전송할 때, I 프레임만 언더레이 네트워크를 통해 전송되므로 (n-1)번째 GOP에 속한 P, B 프레임에 비해 n번째 GOP에 속한 I 프레임이 MT에 먼저 도착할 수 있다. MT는 n번째 GOP에 속한 I 프레임을 (n-1)번째 GOP에 속한 P, B 프레임이 다 도착할 때까지 버퍼링하면 된다.

MT가 특성이 다른 무선 액세스 네트워크 간 수직 핸드오버를 수행하는 경우 각 무선 액세스 네트워크의 특성을 고려하여 무선 액세스 네트워크 별로 GOP 크기를 조절함으로써 멀티미디어 서비스의 품질을 향상시킬 수 있다. 종류가 다른 무선 액세스 네트워크 간 확연히 구분될 수 있는 특성(e.g. 대역폭, 지연 등)은 변화폭이 매우 클 뿐만 아니라 특성이 변화되는 시점도 MT가 명확하게 인지할 수 있기 때문에 이러한 변화에 따라 GOP 크기를 조절하는 것은 용이하다. 그러므로 제안하는 방안에서는 I 프레임과 P와 B 프레임의 전송경로가 분리되는 경우 제안하는 방안의 송신노드는 I 프레임이 전송되는 경로의 특성에 기반하여 GOP 크기를 조절한다. 이는 언더레이 네트워크를 통해 전송되는 I 프레임의 전송 경로가 오버레이 네트워크를 통해 전송되는 P, B 프레임의 전송 경로에 비해 상대적으로 큰 대역폭을 가지기 때문이다. 그러므로 제안하는 방안에서 송신노드는 I 프레임의 전송 경로가 P, B 프레임의 전송경로와 분리되는 경우 GOP 크기를 줄임으로써 멀티미디어 서비스의 품질을 향상시킬 뿐만 아니라 언더레이 네트워크의 자원 활용

를 높인다. 현재 차세대 네트워크 환경에서 비디오 서비스의 품질저하를 줄이기 위해서 네트워크 특성에 따라 동적으로 GOP 크기를 결정하기 위한 다양한 방안들이 연구되고 있다[3, 16, 17].

2.2 제안하는 방안에서의 재전송 방안

제안하는 방안에서 송신노드는 손실된 프레임에 대하여 재전송이 가능한 경우 즉, 재전송된 프레임이 자신의 라이프타임 내에 수신단말에 도착할 수 있는 경우, 손실된 프레임 유형에 관계없이 손실된 프레임들은 모두 I 프레임의 전송경로를 통해 재전송한다. I 프레임이 전송되는 경로는 P와 B 프레임이 전송되는 경로에 비해 종단 간 지연시간이 짧으므로 실행 중인 응용이 제한하는 종단 간 전송지연 내에 손실된 프레임의 재전송이 성공할 수 있도록 재전송 시도횟수를 최대화할 수 있기 때문이다. 제안하는 방안에서 송신노드는 각 프레임의 라이프타임을 기준으로 손실된 프레임에 대한 재전송 여부를 결정한다. 제안하는 방안에서 언더레이 네트워크로 I 프레임의 전송경로를 분리하는 경우 언더레이 네트워크에서의 I 프레임 라이프타임은 오버레이 네트워크에서 계산한 라이프타임을 그대로 사용한다. P와 B 프레임이 항상 오버레이 네트워크를 통해 전송되기 때문에 I 프레임의 라이프타임을 오버레이 네트워크에서 계산한 값을 그대로 사용하여도 멀티미디어 서비스의 성능에는 큰 영향을 미치지 않는다. 또한 I 프레임의 라이프타임을 오버레이 네트워크에서 계산한 값을 그대로 사용하기 때문에 언더레이 네트워크로 I 프레임을 전송하는 경우 재전송 시도 횟수를 증가시킬 수 있는 것이다. 이 때, 라이프타임을 계산하는 방법은 [5]에서 제안된 방법을 이용한다.

2.3 제안하는 Forced VHO 방안

VHO는 MT가 오버레이 네트워크에서 언더레이 네트워크로 이동하는 경우(Unforced VHO)와 그 반대로 언더레이 네트워크에서 오버레이 네트워크로 이동하는 경우(Forced VHO)에 발생한다. Unforced VHO의 경우 MT가 언더레이 네트워크로 이동하더라도 항상 오버레이 네트워크에 액세스가 가능하기 때문에 VHO를 반드시 수행해야 하는 것은 아니다. 그러나 Forced VHO의 경우 MT가 언더레이 네트워크의 영역을 벗어나므로써 더 이상 언더레이 네트워크에 액세스가 불가능하기 때문에 반드시 VHO를 수행해야 한다. 송신노드는 VHO 사실을 인지하고 새로운 네트워크로 데이터 패킷을 전송할 때까지는 이전 네트워크로 데이터 패킷을 계속 전송하기 때문에 MT가 이전 네트워크를 완전히 벗어나기 전에 송신노드가 이전 네트워크로 전송한 데이터 패킷을 모두 받을 가능성은 매우 희박하다. 따라서 Forced VHO의 경우 항상 데이터 패킷손실이 발생한다. 그러므로 제안하는 방안에서 Forced VHO 경우 I 프레임이 손실될 수 있으며, 이러한 I 프레임의 손실은 오류전파문제를 발생시킴으로써 멀티미디어 서비스의 품질을 떨어뜨린다. 이에 제안하는 방안에서 Forced VHO 경우 I 프레임의 손실을 제거하기

Type = 0xC000 (2bytes)	Length = variable
ASCONF-Request Correlation ID (4bytes)	
Address Parameter	

(그림 1) BICAST ASCONF 체크

위해 바이캐스팅을 사용한다. MT는 미리 정해진 임계값을 기준으로 현재 I 프레임을 전송하고 있는 언더레이 네트워크의 전파세기가 이 임계값보다 낮아지거나 높아지는 경우 송신노드에게 바이캐스팅에 관한 정보를 알린다. 이를 위해 제안하는 방안에서는 (그림 1)과 같이 mSCTP의 새로운 ASCONF 파라미터로 BICAST를 정의한다. 즉 MT는 현재 I 프레임을 전송하고 있는 언더레이 네트워크로부터의 전파세기가 이 임계값보다 낮아지면, 송신노드에게 BICAST ASCONF 체크를 전송함으로써 바이캐스팅을 수행하도록 알린다. 송신노드가 현재 바이캐스팅을 수행하지 않고 있는 경우에 이 체크를 수신하면, 이후 전송해야 할 I 프레임부터 현재의 I 프레임 전송경로와 P, B 프레임 전송경로로 동일한 I 프레임을 전송한다. MT는 바이캐스팅 된 I 프레임에 대해서 먼저 수신한 I 프레임을 선택하고 이후 도착하는 동일한 I 프레임에 대해서는 무시한다. 한편 MT가 현재 통신 중인 언더레이 네트워크로부터의 전파세기가 이 임계값보다 다시 높아지면, 송신노드에게 BICAST ASCONF 체크를 한번 더 전송함으로써 바이캐스팅을 중지하도록 알린다. 송신노드가 바이캐스팅을 수행하고 있는 경우에 이 체크를 수신하면, 이후 전송해야 할 I 프레임부터는 원래 I 프레임의 전송경로로만 I 프레임을 전송한다.

또한 바이캐스팅을 트리거하는 임계값은 통신 가능한 전파세기보다는 큰 값을 가져야 하며, 송신노드가 BICAST ASCONF 체크를 받기 전에 언더레이 네트워크로 전송한 I 프레임을 이동노드가 언더레이 네트워크를 완전히 벗어나기 전에 수신할 수 있는 값이어야 한다. 이 값은 [18]에서 제안한 식을 활용하여 구한다. 즉 [18]에서는 무선전파모델이 Two-Ray Ground Reflection model일 경우 통신 가능한 전파세기를 구하는 [19]의 공식을 이용하여 MT가 통신 중인 네트워크를 벗어나기 전에 MT가 전송한 제어 패킷을 송신노드가 수신할 수 있는 전파세기를 구하는 식을 제안하고 있다. 그러므로 [18]에서 제안한 식의 변수 값을 변경함으로써 바이캐스팅을 트리거하는 임계값을 계산할 수 있다.

2.4 안정기간

종단 간 지연시간에 매우 민감한 멀티미디어 서비스를 이동 사용자에게 끊임없이 고품질로 제공하기 위해서 핸드오버 수행여부의 결정은 멀티미디어 서비스 성능에 매우 중요한 영향을 미치는 요소이다. 이동 사용자가 평풍패턴으로 이동하는 경우, 잦은 핸드오버 수행으로 인해 멀티미디어 서비스가 제한하는 종단 간 지연을 만족하지 못함으로써 멀티미디어 서비스의 성능저하가 발생한다. 그러므로 멀티미디어 서비스 경우 일반적으로 평풍 이동으로 인한 성능저하

를 최소화하기 위해 안정기간을 둔다[20].

제안하는 방안에서도 성능에 영향을 미치는 핑퐁 현상을 최소화하기 위해서 안정기간을 둔다. 그런데 제안하는 방안에서는 이 안정기간을 이용하여 이 기간 동안 액세스 가능한 네트워크에서의 이용 가능한 대역폭과 RTT를 측정한다. 이를 위해 MT 뿐 아니라 송신노드에도 안정타이머를 설정한다. MT에서는 새로운 언더레이 액세스 네트워크를 감지하는 경우 혹은 액세스 가능하던 언더레이 네트워크가 더 이상 액세스 가능하지 않은 경우에 안정 타이머를 설정한다. MT는 안정기간 동안 해당 언더레이 액세스 네트워크로부터 받은 전파세기를 모니터링한 후 해당 언더레이 액세스 네트워크의 안정성 여부를 판단하고, 판단 결과를 송신노드에게 알린다. 이를 위해 제안하는 방안에서는 (그림 2)와 (그림 3)에서와 같이 mSCTP의 새로운 ASCONF 파라미터로 ACTIVE와 INACTIVE 파라미터를 정의한다. 즉 MT는 해당 언더레이 액세스 네트워크의 전파세기의 안정성 여부를 판단하고 안정한 경우에는 ACTIVE ASCONF 청크를, 그렇지 않은 경우에는 INACTIVE ASCONF 청크를 송신노드에게 전송함으로써 해당 언더레이 액세스 네트워크의 안정성 여부를 알린다.

한편 송신노드에서의 안정기간은 액세스 가능한 네트워크에서의 이용 가능한 대역폭과 RTT를 측정하기 위한 목적으로 사용된다. 송신노드는 MT가 새로운 언더레이 액세스 네트워크를 감지하는 경우에 전송하는 ADDIP ASCONF 청크를 수신하거나 액세스 가능하던 언더레이 네트워크가 더 이상 액세스 가능하지 않은 경우에 MT가 전송하는 INACTIVE ASCONF 청크를 수신하는 경우 안정기간을 설정한다. 안정기간 동안 액세스 가능한 각 네트워크에서의 이용 가능한 대역폭과 RTT를 측정하여 안정기간이 종료되었을 때, 각 네트워크의 이용 가능한 대역폭과 RTT를 비교하여 I 프레임이 전송되는 경로와 P, B 프레임이 전송되는 경로를 결정한다.

제안하는 방안에서는 액세스 가능한 각 네트워크에서의 대역폭과 RTT를 측정하기 위해 [21]에서 제시한 방법을 사용한다. 즉 [21]에서는 아래 식에서와 같이 송신노드는 2개의 Heartbeat (HB) 청크를 연속적으로 전송하고, 이 두 개에 대한 HB-ACK 청크의 도착시간 차이를 통해 이용 가능

한 대역폭을 계산한다.

$$\text{이용 가능한 대역폭} = \frac{\text{HB 청크 크기}}{\text{두 개의 HB-ACK 청크가 송신노드에 도착한 시간 차이}}$$

제안하는 방안에서 송신노드는 HB 청크 두 개를 동시에 전송하고, 이 두 개에 대한 HB-ACK 청크를 모두 받는 즉시 새로운 HB 청크 두 개를 동시에 전송하는 방식을 사용한다. 또한 HB 청크의 재전송 타이머의 값은 타임아웃 발생 횟수와 관계없이 항상 일정 값을 유지하며 이 때 타임아웃 값은 중단 간 전파지연을 고려하여 설정되어야 한다. 이와 같이 제안하는 방안에서는 안정기간 동안에만 HB/HB-ACK 청크를 사용하여 이용 가능한 대역폭과 RTT를 측정함으로써 HB 청크 오버헤드를 줄인다.

2.5 제안하는 방안의 동작절차

(그림 4)는 제안하는 방안의 동작절차를 보여준다. MT는 3G 네트워크에서 WLAN으로, 다시 3G 네트워크로 이동한다. MT가 3G 네트워크를 통해 통신하는 중에 WLAN을 감지하면, MT는 송신노드에게 ADDIP ASCONF 청크를 전송하여 새로 감지한 WLAN에서의 IP 주소를 mSCTP 어소시에이션에 추가하도록 한다. MT는 ADDIP ASCONF 청크를 전송함과 동시에 자신의 안정타이머를 시작한다. MT는 안정기간 동안 WLAN 전파세기의 안정성 여부를 판단하고 안정하다고 판단되면, ACTIVE ASCONF 청크를 송신노드에게 전송한다. 한편 송신노드는 MT로부터 ADDIP ASCONF 청크를 수신하면 자신의 안정타이머를 시작한다. 송신노드는 안정기간 동안 WLAN의 RTT와 이용 가능한 대역폭을 측정하고 안정타이머가 만료되면 중단 간 지연시간이 짧은 WLAN으로 I 프레임의 전송경로를 변경한다. 송신노드는 변경된 사실을 Set Primary IP ASCONF 청크를 통해 MT에게 알려주며, 이 경우 I 프레임과 번들링되어 전송된다. 또한 이 시점부터 송신노드는 GOP 크기를 줄여 전송한다.

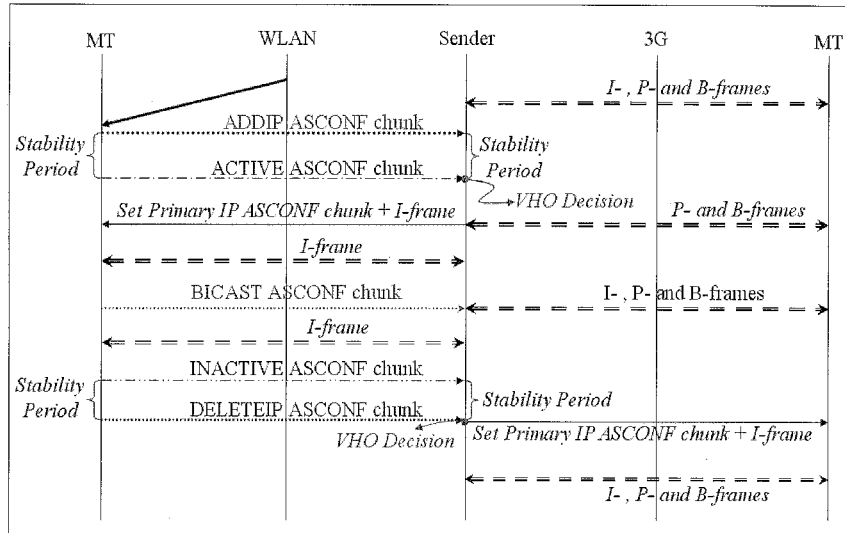
MT가 현재 통신 중인 WLAN의 전파세기가 바이캐스트 트리거링 임계값보다 낮아지는 경우 MT는 송신노드에게 BICAST ASCONF 청크를 전송한다. 이 청크를 받은 송신노드는 3G 네트워크와 WLAN에 모두 동일한 I 프레임을 전송하기 시작한다. MT가 이동하여 WLAN을 벗어나 더 이상 액세스가 불가능해지면, MT는 INACTIVE ASCONF 청크를 송신노드에게 전송하고 다시 안정기간을 갖는다. 안정기간 후 MT는 WLAN의 액세스 가능 여부를 판단하는데, 만약 액세스가 가능하지 않다고 판단되면 DELETEIP ASCONF 청크를 송신노드에게 전송한다. 한편 송신노드는 MT로부터 INACTIVE ASCONF 청크를 받으면 역시 안정기간을 가지고, MT로부터 WLAN에 대한 DELETEIP ASCONF 청크를 수신하면, 3G 네트워크로만 I 프레임을 전송한다. 송신노드는 I 프레임의 전송경로 변경사실을 MT에게 알리기 위해서 Set Primary IP ASCONF 청크와 I 프레임을 번들링해서 전송한다.

Type = 0xC007 (2bytes)	Length = variable
ASCONF-Request Correlation ID (4bytes)	
Address Parameter	

(그림 2) ACTIVE ASCONF 청크

Type = 0xC008 (2bytes)	Length = variable
ASCONF-Request Correlation ID (4bytes)	
Address Parameter	

(그림 3) INACTIVE ASCONF 청크

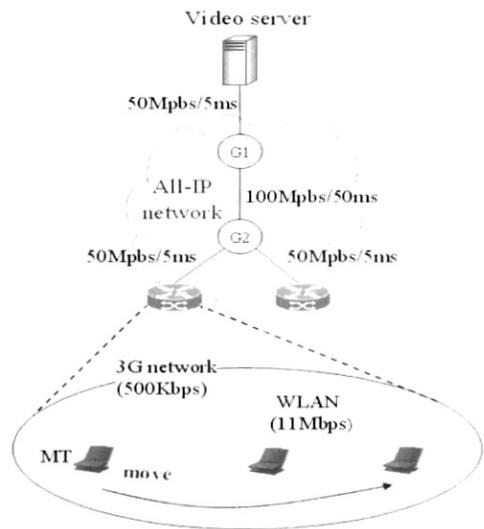


(그림 4) 제안하는 방안의 동작절차

3. 시뮬레이션

본 장에서는 제안하는 방안의 성능과 WLAN이 액세스 가능할 때마다 I, P, B 프레임 모두 WLAN으로 핸드오버하는 방안(이후, 기존방안이라고 부름)의 성능을 비교하기 위하여 NS-2 (Network Simulator-2)[22]를 이용하여 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션을 위한 네트워크 모델은 (그림 5)와 같이 현재 가장 일반적인 무선 액세스 네트워크인 3G 네트워크와 WLAN이 오버레이 되어 있는 네트워크 구조를 가정하였다. 3G 네트워크와 WLAN 무선링크의 패킷 손실률을 10%로 설정하였다. 또한 I 프레임, P 프레임, B 프레임의 크기를 각각 860 bytes, 248 bytes, 99 bytes로 설정하였으며[23], 초당 프레임 수는 30 fps로, 플레이아웃 지연시간은 20ms로 하였다. MT가 3G 네트워크를 통해 프레임을 받을 때는 GOP 크기를 30으로 설정하고, WLAN을 통해 프레임을 받을 때에는 GOP 크기를 10으로 변경하였으며, 안정시간은 1초로 가정하였다[20]. MT의 이동속도는 15m/sec로 가정하였으며, 바이캐스팅 트리거링 임계값은 2.3 절에서 설명한 방법으로 계산된 전파세기 값인 $3.79e-10W$ 를 사용하였다.

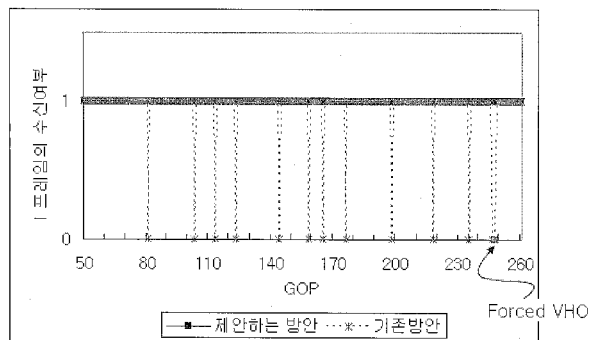
(그림 6), (그림 7), (그림 8)은 모두 MT가 WLAN에 머무는 동안 MT에서의 각 GOP에 대한 I 프레임의 수신여부, 손실된 I 프레임에 대한 재전송 시도횟수, MT에서의 각 GOP 별로 받은 프레임 수를 각각 나타낸다. (그림 6)의 y축에서 1은 MT가 I 프레임을 수신한 경우이고, 0은 MT가 I 프레임을 수신하지 못한 경우를 나타낸다. 본 시뮬레이션에서는 MT가 각 GOP 별로 수신한 프레임 수로써 멀티미디어 서비스의 품질을 가늠한다. 즉 각 GOP 별로 GOP 크기 만큼 항상 MT가 수신하는 경우 멀티미디어 서비스를 사용자에게 고품질로 제공할 수 있음을 의미한다. 반면, 각 GOP 별로 MT가 하나의 프레임도 수신하지 못하는 경우 혹은 이러한 경우가 연속적으로 발생하는 경우는 멀티미디어 서



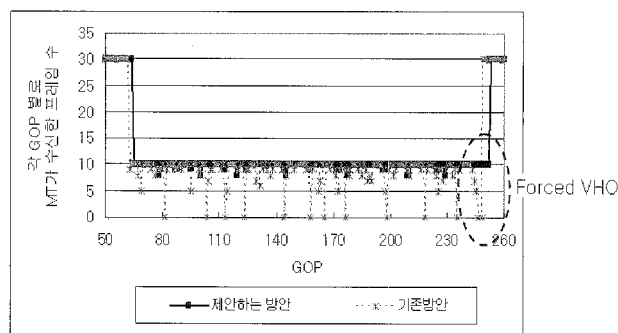
(그림 5) 시뮬레이션 네트워크 모델

비스에 끊김이 발생하는 것을 의미하며, 이는 멀티미디어 서비스의 품질이 떨어짐을 나타낸다.

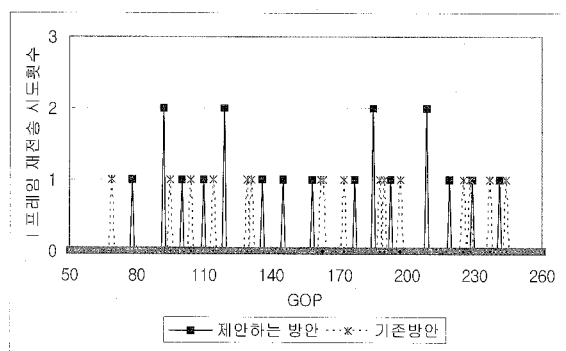
(그림 6)과 (그림 7)에서 제안하는 방안이 기존방안에 비해 오류복원력이 월등한 것을 알 수 있다. (그림 6)에서 보듯이 제안하는 방안은 기존방안과는 달리 I 프레임의 손실이 전혀 없다. 이는 I 프레임이 전혀 손실되지 않아서가 아니라 무선링크 특성에 의해 I 프레임이 손실되더라도 손실된 I 프레임의 재전송 성공률이 높기 때문이다. (그림 7)에서 제안하는 방안은 손실된 I 프레임에 대하여 기존방안에 비해 손실된 I 프레임의 재전송 시도횟수가 더 많음을 볼 수 있다. 이는 앞서 2.1절에서 설명한 바와 같이 MT가 3G 네트워크에서 WLAN으로 이동하는 경우 기존방안의 송신 노드는 I, P, B 프레임의 라이프타임을 새로이 계산하는 반면, 제안하는 방안의 경우 I, P, B 프레임 모두를 3G 네트워



(그림 6) MT에서 각 GOP에 대한 I 프레임의 수신여부



(그림 8) MT가 수신한 프레임 수 vs. GOP



(그림 7) 각 GOP에서 손실된 I 프레임의 재전송 시도횟수

크에서 WLAN으로 핸드오버하는 것이 아니기 때문에 제안하는 방안에서 I 프레임의 라이프타임은 3G 네트워크에서 계산한 라이프타임을 WLAN에서 그대로 사용한다. 그러므로 제안하는 방안에서는 이러한 라이프타임을 가지는 I 프레임을 중단 간 전송지연이 짧은 WLAN으로 전송함으로써 손실된 I 프레임에 대한 재전송 시도횟수를 최대화하여 재전송 성공률을 높인다.

(그림 8)에서 기존방안은 MT가 WLAN에 머무르는 동안 I, P, B 프레임의 손실 및 I 프레임의 손실 복구 실패로 인해 각 GOP 별로 GOP 크기만큼 수신하지 못하거나 하나의 프레임도 수신하지 못하는 경우가 발생하는 반면 제안하는 방안에서는 각 GOP 별로 거의 GOP 크기만큼을 모두 수신함을 확인할 수 있다. 이는 (그림 6)과 (그림 7)에서 살펴본 것처럼 제안하는 방안은 실행 중인 응용이 제한하는 중단 간 전송지연 내에 손실된 I 프레임의 재전송 시도횟수를 최대화함으로써 재전송 성공 확률을 높여 오류전과문제를 개선하였기 때문이다. 또한 제안하는 방안은 3G 네트워크에서 손실된 P, B 프레임들에 대해서는 I 프레임의 경우처럼 중단 간 지연시간이 3G 네트워크보다 상대적으로 짧은 WLAN으로 재전송을 수행함으로써 실행 중인 응용이 제한하는 중단 간 전송지연 내에 손실된 P, B 프레임의 재전송 성공률이 높아졌기 때문이다.

한편 본 시뮬레이션에서 MT가 WLAN에 머무는 동안 기존방안은 GOP 63번부터 248번까지를, 제안하는 방안은 GOP 65번부터 252번까지를 각각 수신한다. 제안하는 방안은

기존방안과 달리 안정기간을 가지기 때문에 기존방안보다 안정타이머 시간만큼 늦게 수직 핸드오버를 수행한다. 따라서 제안하는 방안과 기존방안 간 MT가 WLAN에 머무르는 동안 수신하는 GOP 번호에 차이가 있는 것이다. (그림 6)과 (그림 8)에서 제안하는 방안은 Forced VHO 시에도 I 프레임을 손실되지 않음을 알 수 있다. 이는 제안하는 방안이 기존방안에 비해 고품질의 멀티미디어 서비스를 제공할 수 있음을 의미한다. 기존방안에서는 MT가 WLAN에 더 이상 액세스 할 수 없는 시점에 VHO를 수행함으로써 VHO 동안 (그림 6)과 (그림 8)에서 보는 것과 같이 프레임 손실이 발생하는 반면, 2.2절에서 설명하였듯이 제안하는 방안에서는 Forced VHO 경우 MT가 WLAN을 벗어나기 전에 송신노드에게 BICAST ASCONF 청크를 전송함으로써 MT가 VHO 수행하는 동안 I 프레임의 손실을 막는다. 그러므로 (그림 6)과 (그림 8)에서 보는 바와 같이 Forced VHO 동안 제안하는 방안에서는 프레임 손실이 전혀 없음을 알 수 있다.

종합적으로 제안하는 방안은 I 프레임과 P, B 프레임의 전송경로의 분리와 I 프레임의 전송경로를 통한 재전송 정책, 그리고 Forced VHO 시에 바이캐스팅을 사용함으로써 오버레이 네트워크 환경에서 이동하는 사용자에게 고품질의 멀티미디어 서비스를 제공할 수 있음을 알 수 있다.

5. 결론

본 논문에서는 차세대 네트워크 환경인 오버레이 네트워크 환경에서 이동 사용자에게 멀티미디어 서비스를 고품질로 제공하기 위한 성능향상 방안을 제안하였다. 제안하는 방안에서는 중단 간 이동성 지원 방안인 mSCTP를 기반으로 오류전과문제를 개선함으로써 이동 사용자에게 좋은 품질의 멀티미디어 서비스를 제공한다. 오류전과문제를 개선하기 위해 제안하는 방안에서는 I 프레임과 P, B 프레임의 전송 경로를 분리하고, 손실된 프레임들을 I 프레임의 전송 경로인 중단 간 전송지연이 짧은 네트워크를 통해 재전송을 수행함으로써 실행 중인 응용이 제한하고 있는 중단 간 전송지연 내에서 재전송 시도횟수를 최대화하여 손실된 프레임들의 재전송 성공률을 높였다. 또한 제안하는 방안에서는 Forced VHO에서 발생하는 I 프레임의 손실을 막기 위해 바

이캐스팅 함으로써 끊임없는 핸드오버를 수행하였다. 시뮬레이션을 통해 제안하는 방안이 오류전파문제를 개선함으로써 고품질의 멀티미디어 서비스를 이동 사용자에게 제공함을 알 수 있었다. 추후, 테스트베드를 구축하여 다양한 시나리오에서 성능을 테스트해보고자 한다.

참 고 문 헌

[1] Joint Video Team (JVT) of ISO/IEC MPEG and ITU-T VCEG, "Joining Final Committee Draft (JFCD) of Joint Video Specification (ITU-T Rec. H.264 - ISO/IEC 14496-10 AVC)", Doc. JVT-D157, Jul., 2002.

[2] International Organization for Standardization, Overview of the MPEG-4 Standard, Dec. 1999.

[3] H. Kim, J. Yun, et al., "Dynamic GOP structure selection to support QoS in vertical handoff," Proc. of IEEE ISCE, Jun. 2005.

[4] Y. Chang, C. Huang, et al., "Error-propagation analysis and concealment strategy for MPEG-4 video bitstream with data partitioning," Proc. of IEEE ICME, Aug., 2001.

[5] Ahmed Al, et al., "A transport level unequal error protection mechanism for wireless interactive video," Proc. of IEEE MILCOM, Oct., 2004.

[6] J. McNair and Z. Fang, "Vertical handoffs in fourth-generation multinet network environments," IEEE Wireless Communications, Vol.11, pp.8-15, Jun., 2004.

[7] U. Varshney, and R. Jain, "Issues in emerging 4G wireless networks." IEEE Computer, Vol.34, pp.94-96, Jun., 2001.

[8] H. Badis and K. Agha, "Fast and efficient vertical handoffs in wireless overlay networks," Proc. of IEEE PIMRC, Sept., 2004.

[9] S. Sharma, et al., "Omnicon: a mobile ip-based vertical handoff system for wireless LAN and GPRS links," Proc. of IEEE ICCP, 2004.

[10] G. Liu and C. Zhou, "HCRAS: A novel hybrid internetworking architecture between WLAN and UMTS cellular networks." Proc. of IEEE CCNC, Jan., 2005.

[11] L. Ma, F. Yu and V. C. Leung, "A New Method to Support UMTS/WLAN Vertical Handover Using SCTP," IEEE Wireless Communications, Aug., 2004.

[12] A. Hasswa, N. Nasser and H. Hassanein, "Performance Evaluation of a Transport Layer Solution for Seamless Vertical Mobility," International Conference on Wireless Networks, Communications and Mobile Computing, Jun. 2005.

[13] Y. Gyekey and J. Agbinya, "Vertical handoff between WWAN and WLAN," Proc. of IEEE ICN/ICOINS/MCL, Apr., 2006.

[14] M. Riegel and M. Tuexen, "Mobile SCTP", draft-riegel-tuexen-mobile-sctp-04.txt, Oct., 2004.

[15] R. Stewart, et al., "Stream Control Transmission Protocol", RFC 296, Oct., 2000.

[16] J. W. Lee, B. W. Dickinson, "Rate-Distortion Optimized Frame Type Selection for MPEG Encoding," IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol., Vol. 7, No. 3, pp. 501~510, Jun., 1997.

[17] J. Katto, "Mathematical analysis of MPEG compression capability and its application to rate control," ICIP-95, pp. 555~558, Oct., 1995.

[18] M. Chang, M. Lee, and S. Koh, "Transport Layer Mobility Support Utilizing Link Signal Strength Information," IEICE Transaction on Communications, Vol. E87-B. No.9 pp.2548~2556, Sep., 2004.

[19] T.S. Rappaport, Wireless Communications, Principles and practice, Prentice Hall, 1996.

[20] M. Bernaschi, F. Cacace, L. Vollero, "Adaptive Streaming On Heterogeneous Networks," in Proc. Of ACM WMuNeP, Oct., 2005.

[21] S. Kashihara, T. Nishiyama, K. Iida, "Path Selection Using Active Measurement in Multi-Homed Wireless Networks", in Proc. Of IEEE SAINT, Jan., 2004.

[22] <http://www.isi.edu/ns/>

[23] Y. Chan, T. Randhawa, S. Hardy, "Traffic Prediction Based Access Control Using Different Video Traffic Models in 3G CDMA High Speed Data Networks", in Proc. of ACM IWCMC, Jul., 2006.

장 문 정



e-mail : mjchang@ewhain.net

2001년 이화여자대학교 컴퓨터학과
졸업(학사)

2003년 이화여자대학교 과학기술대학원
컴퓨터학과(공학석사)

2003년~현재 이화여자대학교 대학원
컴퓨터학과 박사과정

관심분야 : Mobility Management for Heterogeneous wireless networks, TCP performance and QoS in NGN, mobile SCTP

이 미 정



e-mail : lmj@ewha.ac.kr

1987년 이화여자대학교 전자계산학과
졸업(학사)

1989년 University of North Carolina at
Chapel Hill 컴퓨터학과(공학석사)

1994년 North Carolina State University
컴퓨터공학과(공학박사)

1994년~현재 이화여자대학교 공과대학 컴퓨터학과 교수.

관심분야 : 프로토콜 설계 및 성능 분석, 멀티미디어 전송을 위한 트래픽 제어, 인터넷 QoS, 트래픽 엔지니어링, 무선 이동 네트워크, Ad-hoc 네트워크