

논문 2008-45CI-2-5

무선 이종망 환경에서 Vertical Handover를 위한 TCP-Friendly 비트율 제어

(TCP-Friendly Rate Control for Vertical Handover
over Wireless Heterogeneous Network)

변재영*

(Jae-Young Pyun)

요약

스트리밍 미디어는 유/무선망에서 미디어를 전송하기 위해 주로 이용되는 형태이며, TCP-friendly 비트율 제어 (TFRC)는 바로 이러한 스트리밍 미디어를 전송하기 위한 기술이다. TFRC는 TCP 혼잡상태 응답 기능과 현재의 망 상황정보를 이용하여, 최대 TCP-friendly throughput을 갖도록 전송율을 제어한다. 그러나 TFRC는 서서히 변하는 전송율을 생성하는 어플리케이션을 위하여 설계되었기 때문에 3G 망과 WLAN 등으로 이루어진 이종망 환경에서의 handover가 발생할 경우 매우 느린 전송율 반응을 보인다. 본 논문은 무선 이종망에서 vertical handover 경우를 위한 새로운 TFRC를 소개한다. 제안된 TFRC 방법은 새로운 망으로 handover할 경우 빠른 비트율 적응과 낮은 품질 저하현상을 갖는다. 시뮬레이션 결과를 통해 제안하는 방법이 vertical handover동안에 전통적인 TFRC 방법보다 더 나은 QoS와 처리율을 제공할 수 있다.

Abstract

Streaming video has become a popular form of transferring media over the wired/wireless network. TCP-friendly rate control (TFRC) is used as a streaming media transport protocol. Using the TCP congestion response function and current network conditions, TFRC adjusts its sending rate to yield the maximum TCP-friendly throughput. Since TFRC was designed for applications that would prefer to maintain a slowly-changing sending rate, it is less responsive to changes in handover between wireless heterogeneous networks such as 3G network, WLAN, and so on. This paper shows a new TFRC method for vertical handover over wireless heterogeneous network. The proposed TFRC method has features of low quality interruption and fast rate adaptation to a new target network. The simulation results show that the proposed one provides better QoS and throughput support than the traditional TFRC scheme during vertical handover.

Keywords : Heterogeneous network, Vertical handover, Streaming media, TFRC

I. 서론

인터넷과 같은 유선망에서의 멀티미디어 통신 기술은 화상 전화, 원격 화상 회의, 인터넷 실시간 방송 분야 등으로 급속한 발전을 거듭해 왔다. 이러한 멀티미

디어 스트리밍 기술은 트랜스포트 프로토콜로서 UDP를 사용한다. 그러나 현재 대부분의 인터넷 트래픽은 혼잡 제어 메커니즘을 사용하는 TCP 기반 패킷이다. TCP 트래픽은 네트워크에서 혼잡 상황일 경우, 발생되는 패킷 손실에 의해서 전송율을 반으로 줄여 혼잡상황에 잘 대처하지만 UDP 기반의 멀티미디어 스트리밍 트래픽은 혼잡제어 기능이 없기 때문에 망을 독점하는 경향을 보인다. 이러한 불공평한 네트워크 이용율을 제어하기 위해 TCP-friendly 비트율 제어(TCP-friendly Rate Control; TFRC)가 제안되었다^[1-3]. TFRC는 TCP의 윈도우 기반 전송 알고리즘과는 대조적으로 비트율

* 평생회원, 조선대학교 정보통신공학과
(Dept. of information and communication eng.,
Chosun university)

※ 이 논문은 2005년 정부(교육인적자원부)의 재원으로
한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임
(KTF-2005-041-D00516)

접수일자: 2007년12월11일, 수정완료일: 2008년2월29일

제어 방정식 기반 전송 알고리즘을 사용함으로써, TCP와 공정한 대역폭 분배가 가능하도록 한다. 이러한 TFRC는 유선망에서의 비트율 제어를 위해 제안된 것이다.

근래에 들어서는 IEEE 802.11 무선랜 (Wireless LAN; WLAN)과 같은 광대역 무선망이나 CDMA2000, EVDO, EVDV, WCDMA와 같은 고속 이동통신망의 등장으로 이동/무선망에서의 멀티미디어 전송 분야에 관심을 갖게 되었다. 따라서 유선망에서의 TCP 혼잡제어 메커니즘을 사용하여 제안된 TFRC는 무선망에서 사용할 수 있도록 많은 연구가 진행되어 몇 개의 해결책이 제안되고 있다^[7]. 그러나 대역폭, 평균 패킷 손실율, 지연율 등의 네트워크 성능 및 품질이 전혀 다른 망이 혼재되어 있는 이종망 (heterogeneous network)에서 망간의 자유스러운 vertical handover가 이루어질 경우 기존의 TFRC 서비스는 이제 새로운 논의가 필요하다^[4~7]. Vertical handover는 이종망간의 이동 단말 서비스가 끊이지 않고 지속될 수 있도록 이동성 (mobility) 보장을 위한 이동성 지원 기능과 프로토콜이 필요하다. 즉, 접속 가능한 네트워크의 검색, handover decision, mobile IP binding update 등의 과정을 통해 새로운 망과 2계층 및 3계층 연결이 완료되게 된다. 하지만, 연결 설정 및 해제 과정에서 서비스 interruption time이 발생할 수 있다. 더욱이 handover를 통해 새롭게 association을 설정한 망의 대역폭 및 지연 특성으로 인해 TFRC 서버는 새로운 망 특성에 따라서 전송율을 새롭게 적용해야하는 과제가 있다. 전통적인 TFRC는 이러한 망 특성의 갑작스러운 변화에 충분히 대응하지 못하며, 이는 TFRC 서서히 변하는 전송율을 생성하는 어플리케이션을 위하여 설계되었기 때문이다.

본 논문에서는 vertical handover가 발생할 경우에 빠른 전송율 적응 특성을 보이는 새로운 TFRC 기법을 소개한다. 제안하는 TFRC는 vertical handover가 발생하는 TFRC 클라이언트에서 explicit vertical handover notification 메시지를 피드백하며, TFRC 서버에서 피드백되는 응답 메시지에 따라서 전송율을 가변할 수 있도록 하고 있다. 본 논문은 다음과 같이 구성된다. II장에서는 TFRC와 vertical handover에 관련된 기술 동향을 기술하고 III장에서는 본 논문에서 제안하는 vertical handover에 채널 적응성있는 TFRC 기술을 설명한다. IV장에서는 제안하는 TFRC 시스템의 성능을 검증하기 위한 컴퓨터 시뮬레이션 실험과 결과에 대해서 기술하며, V장에서 결론을 맺는다.

II. Vertical Handover 동안의 TFRC

1. Vertical Handover

다양한 유/무선 통신망과 접속기술의 발달로 사용자들의 통신 접속 기술에 대한 선택의 폭이 넓어졌다. 이에 따라 사용자들이 여러 종류의 접속 기술을 사용할 때 접속 기술간 단절없는 서비스가 제공되기를 요구하고 있다. 이를 위해서는 망간의 이동성을 지원함으로써 서비스를 지속시키는 handover기술이 필요하다. Handover는 그림 1과 같이 동종망간의 handover를 의미하는 horizontal handover와 이종망간의 handover를 의미하는 vertical handover로 나눌 수 있다. Horizontal handover는 동종망간의 이동성 보장을 위한 기술로서, L2 계층에서의 연결 재설정은 고려하지 않고 있다. 반면에 vertical handover는 L3 계층뿐만 아니라, L1/ L2 계층 연결 설정까지 고려함으로써 새로운 망으로의 연결이 보장된다. 이러한 vertical handover는 연결 및 해지하고자하는 망의 대역폭/전파영역 특성에 따라 upward handover와 downward handover로 구분한다. Upward handover는 더 큰 통신영역 크기를 갖고 더 낮은 대역폭을 갖는 무선 오버레이 망으로 handover할 경우를 말하며, downward handover는 이와 반대 방향의 handover를 말한다. 본 논문에서는 upward handover의 경우를 위해 WLAN에서 3G로 handover한 경우를 예를 들고, downward handover를 위해서는 3G서 WLAN로의 예를 사용한다^[8].

이와 같은 이종망간의 handover를 위해 표준을 제정하게 될 IEEE 802.21 Working Group (WG)이 구성되었다^[9]. IEEE 802.21 WG이 제정할 표준은 사용자가 서비스 질의 저하 없이 다양한 광대역 접속 시스템들을 연동할 수 있는 표준으로서 기대를 모으고 있다. 이 표준은 매개체 무관 handover 기능 (Media Independent Handover Function; MIHF)으로 이 MIHF는 IEEE 802.3을 포함한 802 타입 계열의 망들간의 handover와 802 타입의 망과 3GPP 혹은 3GPP2와 같은 셀룰러 타

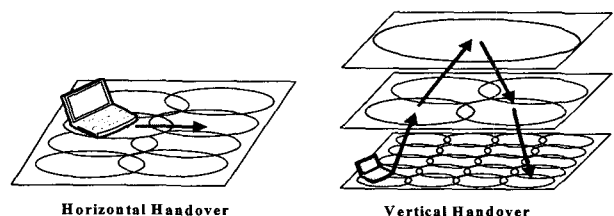


그림 1. Horizontal handover와 vertical handover
Fig. 1. Horizontal handover and vertical handover.

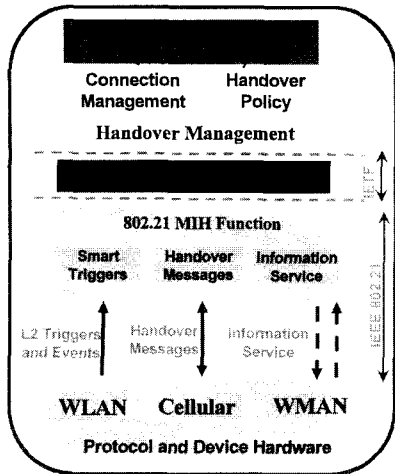


그림 2. IEEE 802.21 매개체 무관 핸드오버 (MIH) 계층
Fig. 2. IEEE 802.21 median independent handover (MIH) layer.

입의 망간의 handover에 적용 가능하다. 세가지 주요한 MIHF 서비스로는 매개체 무관 이벤트 서비스 (Media Independent Event Service, MIES), 매개체 무관 명령 서비스 (Media Independent Command Service, MICS), 그리고 매개체 무관 정보 서비스 (Media independent Information Service, MIIS)이 있다. 특히, MIES는 링크 계층으로부터 상위 계층들로 전달되는 정보로 Link Up, Link Down, Link Going Down, Link Detected, Link Parameters Change, Link Handover Imminent, Link Handover Complete 등의 이벤트 메시지로 구성된다. 이러한 링크 계층에서의 정보는 상위 계층에서 mobile IP, handover decision 등을 진행할 경우 매우 유용하게 사용할 수 있으므로, 표준화에서 규정을 정하고자 노력하고 있다. 본 논문에서는 vertical handover를 지원하기 위해 이동 단말이 3G와 WLAN 인터페이스를 모두 갖춘 dual band dual mode (DBDM)을 지원하며, IEEE802.21에서 논의중인 MIHF 특성을 갖추고 있다고 가정한다. 특히, MIHF의 MIES의 기능을 이용하여, 멀티미디어 스트리밍 클라이언트 단말기는 vertical handover의 발생이전 또는 발생후에 L1/L2 계층의 채널 정보를 상위 계층에 전달함으로써 멀티미디어 스트리밍 서버에게 vertical handover에 대한 정보를 제공할 수 있다.

2. Vertical handover 에서의 전통적인 TCP-Friendly 비트율 제어

유/무선 통신망에서 멀티미디어 스트리밍의 대역폭 운영 효율성과 TCP와의 공평성을 위해 통상적으로

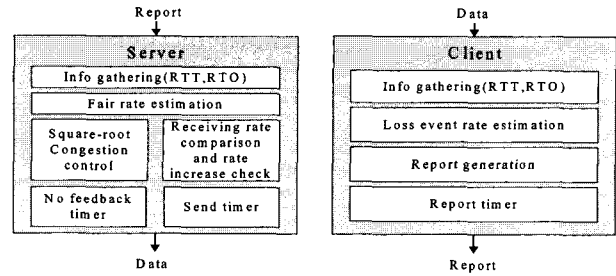


그림 3. TFRC 스트리밍 서버와 클라이언트 시스템의 주요 기능
Fig. 3. Main functions of TFRC streaming server and client system.

TFRC를 고려한다. TFRC는 RTP/UDP/IP 프로토콜을 이용하여 멀티미디어 스트리밍을 클라이언트까지 전달할 수 있으며, TFRC 헤더를 통해 RTT (Round Trip Time) 계산을 위한 timestamp, sequence number 등의 정보도 같이 제공한다^[1, 10]. 반면에, TFRC 클라이언트에서는 loss event rate, 응답 처리 시간 정보를 서버에게 피드백한다. 그림 3의 TFRC 서버와 클라이언트 블록 다이어그램에서 보는 바와 같이, 피드백 메시지를 통해 전달받아 얻은 RTT, RTO (Retransmission TimeOut), loss event rate 등을 이용하여, 서버는 TCP와 공평한 양의 트래픽을 생성한다. 이러한 TFRC는 세션 시작시에만 slow start 과정을 통해 전송율을 증가시키고, 세션 진행중 발생하는 혼잡에 대해서는 congestion avoidance 과정에 의해 전송율을 증가시킨다. slow start와 congestion avoidance 과정에서의 최대 전송율은 식 (1)과 같다^[1].

$$\begin{aligned}
 \text{slow start :} \\
 \text{sending rate} &\leq 2 \times \text{receiving rate} \quad (1) \\
 \text{congestion avoidance :} \\
 \text{sending rate}_i &\leq \text{sending rate}_{i-1} + \text{packet size} / \text{RTT}
 \end{aligned}$$

즉, TFRC 서버는 slow start 과정이후 congestion avoidance 과정으로 상태천이가 이루어진 이후부터는 전송율의 급격한 변화를 할 수 없도록 제한되어 있다. 이러한 TFRC의 이중망 성능평가 실험을 위해서 그림 4와 같은 이중망 환경의 네트워크 토폴로지를 디자인할 수 있는 ns-2를 이용하여 모델링하고, 전통적인 TFRC 기반의 스트림을 전송하였다^[11]. 그림 5는 upward와 downward handover가 각각 발생할 경우 나타난 전통적인 TFRC 스트림의 전송율 특성을 보이고 있다. 실험을 위해 3G와 WLAN의 가용 대역폭 (available bandwidth) 및 지연시간 (propagation delay time)은 각각 400 Kbps, 30 ms 그리고 80 Kbps, 300 ms로 설정

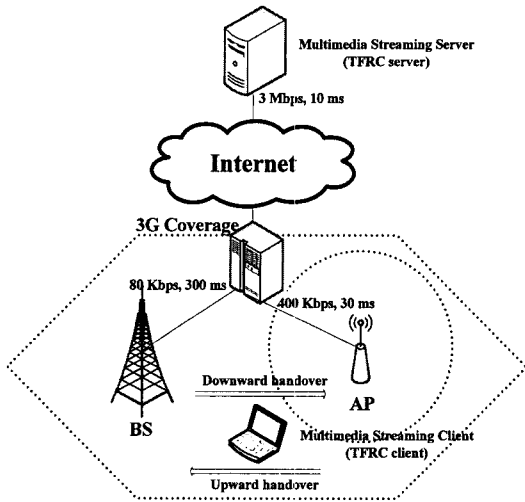


그림 4. Vertical handover 실험을 위한 이종망 환경의 네트워크 토폴로지
 Fig. 4. Heterogeneous network topology for vertical handover experiment.

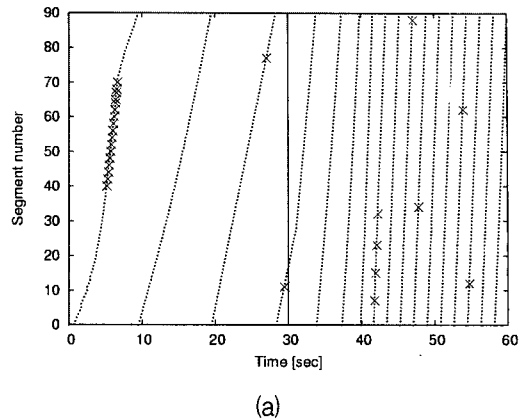
하였다. 실험은 총 70 초동안 이루어졌으며, 30 초일 때, vertical handover가 발생하도록 하였다.

위와같은 이종망 실험 결과, downward handover가 발생할 경우, 타겟 망인 WLAN의 가용대역폭이 매우 큰 상태이므로 연속적으로 전송율을 증가시키지만, congestion avoidance 과정에서 이를 행하고 있다. 따라서, WLAN의 가용대역폭을 충분히 이용하기까지는 약 10 초동안의 시간이 소요되어, WLAN으로 handover가 발생할 경우 가용대역폭을 즉각적으로 이용하지 못하는 낮은 채널 이용율을 보이고 있다. 반면에, upward handover가 발생할 경우에는 3G 망의 가용대역폭이 handover 이전망과 비교하여 상대적으로 작기 때문에 handover 직후 전송율이 가용대역폭만큼 줄어들 때까지 군집성 (bursty) 패킷 손실을 보인다. 이는 handover 상황을 인지하지 못하고 있는 TFRC 서버가 현재의 새로운 채널 상태에 맞게 전송율을 가변시키지 못하면서 발생하는 현상이다.

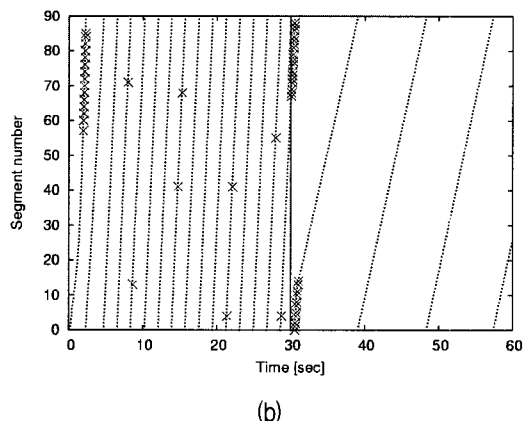
III. 제안하는 Vertical Handover 기반 TFRC 제어 기술

3.1. Vertical Handover를 위한 TFRC 스트리밍 미디어 클라이언트

본 논문에서 제안하는 TFRC 기술에서는 vertical handover가 발생할 경우 스트리밍 클라이언트가 DBDM 인터페이스 기능을 갖추고 있으며, IEEE 802.21에서 논의중인 MIHF의 MIES를 활용할 수 있다고 가



(a)



(b)

그림 5. Downward 와 upward handover 동안의 전통적인 TFRC 트래픽 발생, (a) downward handover (가용대역폭:80→400Kbps), (b) upward handover (가용대역폭:400→80Kbps) (X : 패킷 손실)

Fig. 5. Traffic generation of traditional TFRC during downward and upward handover, (a) downward handover (available bandwidth:80→400Kbps), (b) upward handover (available bandwidth:400→80Kbps) (X : packet loss).

정한다. 비디오 클라이언트 단말은 MIHF를 이용하여 단말이 현재 다른 망으로의 이동 및 접속했는지의 여부를 감지할 수 있다. 이를 위해서는 L2 계층에서 Link Detected/Link Up/Link Down/Link Going Down 이벤트 메시지를 상위 계층으로 전달해야하며, 이러한 메시지는 RSSI (Received Signal Strength Indicator), 패킷 손실율, 손실된 비콘 메시지 수 등의 정보를 활용해 결정된다. 만일, downward handover가 발생할 경우에는 MIES의 이벤트중 새로운 망에서 수신하는 L2 계층의 association response 메시지를 통해 얻게되는 Link Up 메시지를 이용한다. Link Up 메시지에 의해 어플리케이션 계층에서 handover가 발생했음을 인지할 수 있으며, 그림 6과 같이 이를 TFRC 응답 메시지를 통해 TFRC 서버에게 피드백할 수 있다. 본 논문에서는 이러한 긴

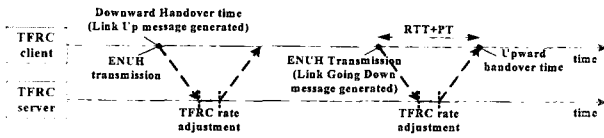


그림 6. ENDH와 ENUH 메시지를 사용하는 TFRC 클라이언트와 서버
Fig. 6. TFRC client and server using ENDH and ENUH message.

급 전달 메시지를 explicit notification for downward vertical handover (ENDH)라 명명한다. 반면에, upward handover가 발생할 경우는 handover 직전 현재 서비스를 받고 있는 망의 채널 연결 상태 (RSSI, 패킷 손실율 등)에 따라 트리거링되는 Link Going Down 이벤트 메시지를 이용하여 handover가 곧 발생할 것임을 예상할 수 있다. 이때 TFRC 서버에게 전달되는 upward handover 알림용 긴급 메시지를 explicit notification for upward vertical handover (ENUH)라 한다. 특히, ENUH는 Link Going Down 이벤트 메시지를 이용하기 때문에 handover 직전에 TFRC 서버에게 전달할 수 있으며, TFRC 서버에서는 이를 이용하여, 미리 upward handover일 때 발생하는 군집성 패킷 손실을 줄일 수 있다.

본 논문에서는 L2 계층 이벤트 정보 기반 MIES를 이용하는 이동 단말을 가정하므로, ENDH와 ENUH 전송 시간은 식 (2)와 같이 운영할 수 있다. 이때의, T_{vho} 는 vertical handover 시간을 그리고 PT 는 TFRC 서버에서의 전송율 결정 및 트래픽 전송을 위한 프로세싱 시간을 의미한다. 이러한 ENDH와 ENUH 메시지는 현재 망과 타겟으로 하는 망의 링크 용량을 포함한 채널 품질 관련 정보를 포함해야 하며, 본 논문에서는 가장 기본적인 정보인 링크 용량만을 이용한다.

$$ENDH \text{ transmission time} = T_{vho} \quad (2)$$

$$ENUH \text{ transmission time} \leq T_{vho} - RTT - PT$$

3.2 Vertical Handover를 위한 TFRC 스트리밍 비디오 서버

제안하는 vertical handover를 고려한 TFRC 서버는 ENDH와 ENUH 긴급 메시지를 수신할 경우 전송율을 적극적으로 가변함으로써, 망의 가용대역폭을 최대한 활용하도록 한다. 먼저, ENDH가 전송될 경우 TFRC 서버는 congestion avoidance 과정에서 slow start 과정으로 상태 천이를 한다. 전통적인 TFRC에서는 세션

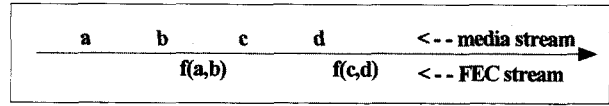


그림 7. 제안하는 TFRC의 slow start에서 활용하는 parity code 기반 FEC 스트림
Fig. 7. Parity code based FEC stream used at the proposed TFRC slow start process.

시작단계에서만 망의 가용 대역폭을 측정 및 감지하기 위해 사용한 slow start 과정을 다시 시작할 수 있도록 하는 것이다. 하지만 이러한 slow start 과정은 새로운 망의 가용 대역폭을 감지할 수 있는 실용적인 방법이 지만, 그림 5(a)에서 보는 바와 같이 6.4 초에 다량의 패킷 손실이 발생함을 알 수 있다. 1번의 세션동안 1번의 slow start는 패킷 손실과 망의 가용 대역폭 감지라는 트레이드 오프를 갖고 있는 반면, vertical handover 경우 slow start는 1번의 세션동안 handover 횟수에 따라 여러번의 slow start를 야기하는 문제점이 있다. 따라서 제안하는 TFRC 알고리즘에서는 ENDH 수신 이후 최초 패킷 손실이 발생하는 slow start 과정동안만 사용되는 한시적 forward error correction (FEC)를 활용한다^[12]. 그림 7의 RFC 2733에서 보이는 FEC 기법은 parity code를 사용함으로써 서버의 프로세싱 오버헤드를 줄일 수 있다. 반면에 RFC 2733의 FEC에서 보이는 트래픽 오버헤드는 FEC가 전송율을 2배씩 증가시키는 slow start 구간에서만 이용되기 때문에 크게 문제되지 않는다.

반면, ENUH가 전송될 경우 TFRC 서버는 congestion avoidance 과정에서 전송율을 적극적으로 감소시켜야 한다. 이를 위한 TFRC 전송율은 식 (3)과 같으며, 이때의 R 은 현재 망에서의 전송율이고, C_1 과 C_2 는 각각 현재 망과 타겟 망의 링크 용량을 의미한다.

$$sending \text{ rate} = R \frac{C_2}{C_1} \quad (\text{where, } C_1 > C_2) \quad (3)$$

이와 같은 적극적 전송율 감소는 handover 발생 이전에 도착한 ENUH 메시지에 의해서 감소되며, handover 이후에 발생하는 군집성 패킷 손실량을 크게 줄일 수 있다.

IV. 실험 결과 및 분석

제안한 TFRC 알고리즘의 성능 측정 및 평가를 위해서 그림 4와 같은 이중망 환경의 네트워크 토폴로지를

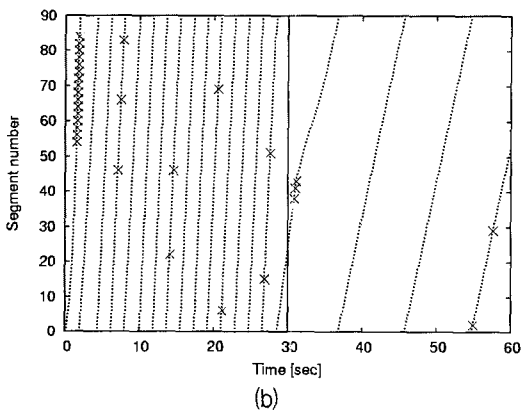
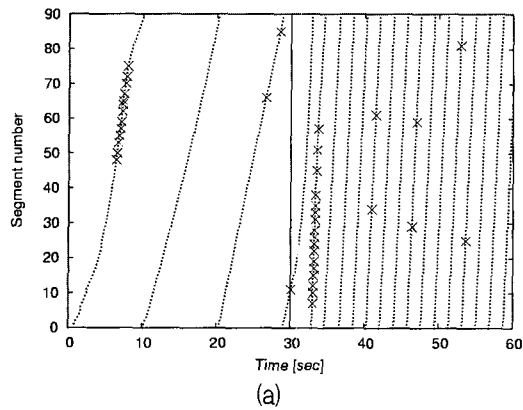


그림 8. Downward 와 upward handover 동안의 제안하는 TFRC 트래픽 발생, (a) downward handover, (b) upward handover
 Fig. 8. Traffic generation of proposed TFRC during downward and upward handover, (a) downward handover, (b) upward handover.

이용하며, ns-2 기반의 소프트웨어 시뮬레이션을 수행하였다. 이때, 그림 5에서 보이고 있는 전통적인 TFRC 트래픽과 비교 분석한다. 그림 8과 9는 제안하는 vertical handover 기반의 클라이언트가 전송하는 ENDH와 ENUH에 의해서 TFRC 서버가 전송율을 제어하고 있음을 보이고 있다.

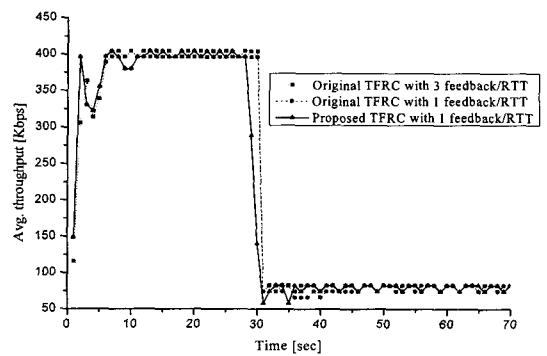
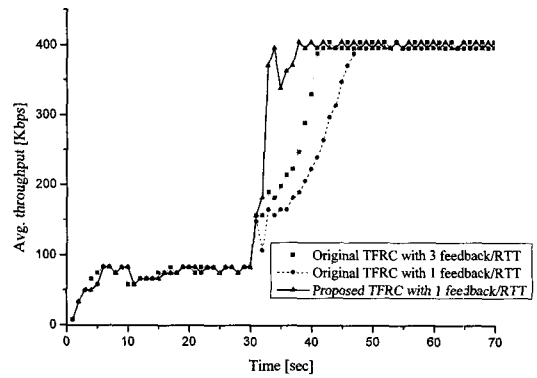


그림 9. Vertical handover 발생시에 평균 throughput
 Fig. 9. Average throughput during vertical handover.

먼저, 그림 8 (a)는 downward handover의 경우로서 handover 직후 slow start 과정으로 상태 천이되면서 채널 이용율은 증가하지만, 타켓 망의 버퍼에서 오버플로우된 패킷들이 손실됨을 보이고 있다. 그러나 손실된 패킷들은 비디오 스트림과 FEC 스트림으로 구성되었기 때문에 손실량은 줄어들게 되며, 표 1에서 보는 바와 같이 240 Kbps의 평균 데이터 throughput을 갖게 된다. 이러한 throughput 결과는 그림 9 (a)에서 보는바와 같이 전통적인 TFRC보다 전체 시뮬레이션 구간동안

표 1. Vertical handover 발생시에 TFRC 기술의 평균 throughput 비교
 Table 1. Average throughput comparison of TFRC techniques during vertical handover.

Performance evaluation (available B.W of 1st network : 80Kbps available B.W of 2nd network : 400Kbps)	Average throughput [Kbps]		data loss ratio [%]	
	Downward handover	Upward handover	Downward handover	Upward handover
original TFRC with 1 feedback/RTT	214	205	1.28	3.16
original TFRC with 3 feedbacks/RTT	229	205	1.54	2.95
Proposed TFRC with 1 feedback/RTT and no FEC in slowstart period	246	201	1.97	1.70
Proposed TFRC with 1 feedback/RTT and FEC in slowstart period	240	201	1.21	1.70

11% 향상되었다.

다음은 upward handover의 경우를 보겠다. 그림 8 (b)는 upward handover 직전에 발생된 ENUH에 의해서 미리 비트율을 감소시킨 결과를 보이고 있다. 따라서 그림 5 (b)의 경우보다 매우 적은 수의 패킷이 손실되거나, 패킷 손실을 제거할 수 있다. 그림 9 (b)는 전통적인 TFRC와 제안하는 vertical handover기반의 TFRC의 평균 throughput을 보이고 있으며, 서로 유사한 결과를 갖는다. 반면 패킷 손실율은 ENUH의 빠른 피드백과 서버의 전송율 감소로 인해 47% 가량 줄일 수 있었다.

이와 같은 TFRC 전송을 변화는 현재 서비스되고 있는 망의 가용 대역폭에 따라 제한되므로, 마치 백그라운드 트래픽이 TCP로 이루어진 상황에서 채널 이용률의 공평성을 만족하는 TFRC의 TCP-friendliness를 거스르지 않는다. 따라서 본 논문에서는 TCP와의 fairness는 특별히 논하지 않는다.

V. 결 론

본 논문에서는 vertical handover에 의해 기존의 TFRC 스트림이 보이는 대역폭의 효율성 저하와 군집성 패킷 손실을 줄이고자 제안되었다. 제안하는 TFRC 알고리즘은 vertical handover를 인지한 클라이언트에서 ENUH와 ENUH를 생성하고 이를 전달받은 TFRC 서버에서 전송율을 제어하도록 하고 있다. 이를 위해서는 IETF의 mobile IP와 연동될 IEEE 802.21의 MIHF 계층이 필요하며, TFRC 서버와 클라이언트에서 ENUH와 ENUH 긴급 메시지를 처리하기 위한 기능이 부여되어야 한다. 실험 결과 이중망에서도 vertical handover로 인해 발생하는 평균 throughput 효율성 저하와 패킷 손실을 증가를 개선할 수 있음을 보인다. 이러한 vertical handover에서의 스트리밍 QoS 개선 연구는 MIHF, mobile IP, session initiation protocol (SIP), TCP-friendly 혼잡 제어 알고리즘 등의 구성에 따라 매우 다양한 결과를 보일 것이므로 향후 최적화를 위한 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] M. Handley, S. Floyd, J. Padhye, and J. Widmer, "TCP friendly rate control (TFRC): protocol specification," RFC 3448, Jan. 2003.
- [2] J.-Y. Pyun, Y. Kim, K. H. Jang, J. A. Park, and S.-J. Ko, "Wireless measurement based resource allocation for QoS provisioning over IEEE 802.11 wireless LAN," IEEE Trans. Consumer Electronics, vol. 49, no. 3, pp. 614-620, Aug. 2003.
- [3] S. Floyd, M. Handley, J. Padhye, and J. Widmer, "Equation-based congestion control for unicast applications," in Proc. SIGCOMM, 2000.
- [4] J. McNair and F. Zhu, "Vertical Handoffs in Fourth-Generation Multinetwork Environments," IEEE Wireless Commun., pp. 8-15, vol. 11, no. 3, Jun. 2004.
- [5] A. Gurtov and J. Korhonen, "Effect of Vertical Handovers on Performance of TCP-Friendly Rate Control," ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review, vol. 8, no. 3, pp. 73-87, 2004.
- [6] M. Stemm and R. H. Katz, "Vertical Handoffs in Wireless Overlay Networks," ACM Mobile Networks and Applications, vol. 3, no. 4, pp. 335-350, Dec., 1998.
- [7] J. K. Song and W. Wang, "A simulation study of IP-based vertical handoff in wireless convergent networks," Wirel. Commun. Mob. Comput., vol. 6, pp. 629-650, 2006.
- [8] M. M. Buddhikot, G. Chandranmenon, S. Han, Y. Lee, S. Miller, and L. Salgarelli, "Design and Implementation of a WLAN/CDMA 2000 Interworking Architecture," IEEE Commun. Mag., pp. 90-100, vol. 41, no. 11, Nov. 2003.
- [9] IEEE P802.21/D05.00, Draft Standard for Local and Metropolitan Area Networks: Media Independent Handover Services, Apr. 2007.
- [10] H. Schulzrinne, S. Casner, R. Frederick, V. Jacobson, "RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications," RFC 3550, 2003.
- [11] Network simulator (ns-2), <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>.
- [12] J. Rosenberg and H. Schulzrinne, "An RTP Payload Format for Generic Forward Error Correction," RFC 2733, 1999.

— 저 자 소 개 —



변 재 영(평생회원)

1997년 조선대학교 전자공학과 학사 졸업

1999년 전남대학교 전자공학과 석사 졸업

2003년 고려대학교 전자공학과 박사 졸업

2003년~2004년 (주) 삼성전자 TN총괄 무선사업부 선임연구원

2004년~2005년 조선대학교 정보통신공학과 전임강사

2006년~현재 조선대학교 정보통신공학과 조교수

<주관심분야 : Mobile QoS, IP QoS, Video communication, Video compression, Wireless communication, Sensor network>