

이종망 환경에서 오류 은닉에 기반한 효과적인 비디오 전송 기술

전선영, 김재원, 김혜수, 윤재웅, 고성제
고려대학교 전자컴퓨터공학과

Effective Video Transmission Technique Supporting Error Concealment for Heterogeneous Network

Sun-Young Jeon, Jae-Won Kim, Hye-Soo Kim,
Jae-Woong Yun, and Sung-Jea Ko
Department of Electronic and Computer Engineering
Korea University
E-mail : sy803@dali.korea.ac.kr

Abstract

Vertical handoff is the process of maintaining a mobile user's active connections in the heterogeneous network. In vertical handoff, many frames can be lost since the connection between a server and a client is broken off during handoff latency. To solve this problem, in this paper, we propose an effective video streaming method for video on demand (VOD) services that provides seamless playout at the client in vertical handoff. Performance evaluations are presented to demonstrate the effectiveness of the proposed method.

I. 서론

네트워크를 통해 비디오 등의 서비스를 받고 있는 사용자가 이동하여 다른 종류의 네트워크를 사용해야 할 때 계층간 혹은 수직적인 이동성이 요구된다[1]. 끊김이 없는 계층적 이동성을 위한 가장 중요한 난제는 계층적 핸드오프 (vertical handoff)이다. 계층적 핸드

오프란 이종망 사이에서 이용자가 다른 네트워크를 이동할 때 발생하는 끊김 현상을 말한다. 차세대 네트워크에서 이종망간에, 예를 들어 UMTS (Universal Mobile Telecommunications System)과 WLAN (Wireless LAN)의 경우, 이동성을 보장하고 비디오 서비스를 끊김없이 이용하도록 하기 위해서는 계층적 핸드오프가 필요하다[2]. 계층적 핸드오프 시에는 핸드오프가 진행되는 시간 동안에 서버와 클라이언트의 연결이 끊기게 되고 그 결과 비디오 전송 시에 한번에 연속적으로 많은 프레임들을 잃어버리게 된다. 기존의 핸드오프 연구에서는 비디오 전송시의 이러한 문제점들에 대해서는 다루지 않고 있다[3]-[5]. 본 논문에서는 계층적 핸드오프가 발생한 경우에도 사용자는 끊김없이 비디오 서비스를 받을 수 있도록 하는 오류 은닉 (Error Concealment)을 지원하는 비디오 스트리밍 기술을 제안한다. 프레임 스킵을 이용하여 핸드오프가 실행되기 이전에 선택적으로 프레임들을 미리 보내어 연속적인 다량의 프레임 손실을 막고 스킵된 프레임들에 대해서는 은닉과정을 통해 다시 만드는 방법이다. 핸드오프가 종료된 후에 사용자는 새로운 망에 연결되어 계속해서 끊김이 없는 비디오 서비스를 받을 수 있다. 본 논문에서 제안된 방법은 WLAN과 3G사이의 계층적 핸드오프 내에서 실험하였으며 실험 결과들은 기존 핸드오프 경우보다 향상된 비디오 전송 결과를

보여준다.

II. 제안하는 전송기술

2.1 계층적 핸드오프 시나리오

그림 1은 본 논문에서의 계층적 핸드오프 시나리오를 보여주고 있다. 모바일 사용자 즉 그림에서 Mobile Station (MS)는 Multimedia Streaming Server로부터 비디오 서비스를 받고 있다. MS는 우선 WLAN (혹은 CDMA)를 이용하고 있다가 CDMA (혹은 WLAN) 범주내로 이동하게 되고 두 가지 네트워크에서 신호의 강도를 측정하여 더 효과적인 네트워크 통신이 가능한 망을 사용하고자 한다. 새로운 망으로 바뀌어야 할 경우, 계층적 핸드오프를 통하여 MS는 새로운 네트워크, 여기서는 CDMA, 에 연결된다.

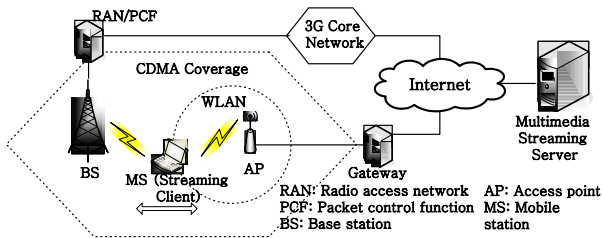


그림 1. 핸드오프 시나리오

2.2 단계별 계층적 핸드오프

그림 2는 모바일 사용자가 WLAN과 CDMA사이에서 이동할 때 발생하는 핸드오프 단계를 보여주고 있다. 우선, CDMA를 통해 서버로부터 비디오 서비스를 받고 있던 사용자가 WLAN 방향으로 이동한다. 핸드오프를 해야 하는 상황으로 판단되면, 클라이언트는 S 서버에 핸드오프 초기화를 요청하는 트리거 메시지를 보낸다. 그 메시지로 이후에 곧 핸드오프가 진행될 것임을 알 수가 있다. 핸드오프 초기화가 끝나고 실제 계층적 핸드오프가 실행되면 그때부터 새로운 네트워크로 연결되는 과정이 끝날 때까지가 핸드오프 지연 구간이다. 마지막으로 핸드오프의 모든 과정이 다 끝나고 나면 클라이언트는 새 네트워크를 통해 서버로부터의 비디오 서비스를 계속 받을 수 있다.

2.3 핸드오프에서의 비디오 전송

제안된 방법에서는 핸드오프 초기화가 시작되면 서버는 클라이언트로부터 RTCP 패킷을 받아서 분석하여 클라이언트의 버퍼 상태를 예측한다. 그리고 채널 모델을 이용하여 채널의 비트율을 예측한다. 서버는 클라이언트 버퍼와 채널의 상태를 예측하여 핸드오프

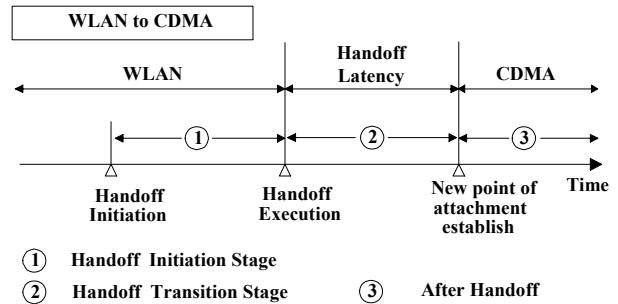


그림 2. WLAN과 CDMA간의 핸드오프 과정

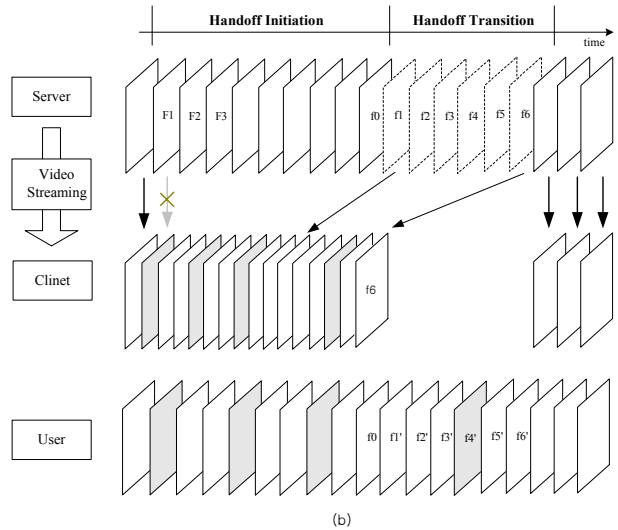
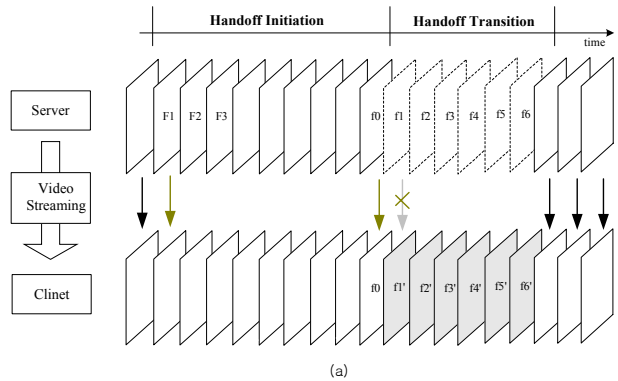


그림 3. 계층적 핸드오프 시 비디오 전송의 예 (a)일반 핸드오프 시 (b)제안된 전송기술을 이용한 핸드오프 시

시 손실될 프레임들을 핸드오프가 시작되기 전에 미리 전송하게 된다. 그러나 제한된 버퍼 사이즈와 채널 상태로 인해 모든 프레임들을 다 미리 보낼 수는 없기 때문에 선택적으로 프레임들을 스킵하여 가능한 버퍼와 채널 용량 내에서 스킵될 프레임 수를 최소화하여 클라이언트에 최대한 많은 프레임을 전송하도록 한다. 그림 3은 일반적인 핸드오프에서의 비디오 전송과 제

안된 전송 기술을 비교하고 있다. 그림 3의 (a)는 이전의 핸드오프 경우이고 (b)는 제안된 방법을 보여준다. 그림에서 색이 진한 프레임들은 스킵된 프레임들로, 이들은 디코더에서 오류은닉을 통해 다시 만들어진다.

프레임이 스킵되고 난 후 전송되었을 때의 영상에서 시각적으로 질적 수준이 격하되는 것을 최소화하기 위해서는 각 프레임들의 움직임 활동량을 계산하여 그 값이 작은 프레임들부터 우선순위를 주어 스킵한다. 따라서 이러한 관계는 Lagrangian Rate-Distortion (R-D) 모델을 이용하여 표현할 수 있다. 그리고 스킵된 프레임들의 움직임 벡터도 미리 전송하여, 클라이언트에서 손실된 프레임들에 대해서 은닉과정을 통해 다시 만들어낸다. 이러한 과정을 통해 사용자는 더욱 끊김없는 비디오 서비스를 받을 수 있다.

핸드오프가 초기화를 시작한 후, 실제로 실행이 시작되기 전까지의 시간을 T_p 라 하고, 핸드오프가 실행되어 프레임이 손실되는 구간 동안의 시간을 T_L 라 한다. S 를 일반 핸드오프에서 $T_p + T_L$ 동안 보내야 할 총 프레임의 수라고 할 때 S_p 는 T_p 동안 미리 보내야 할 프레임 수로 다음과 같이 계산된다.

$$S_p = \arg \min_{S_i \subset S} \{D(S_i) + \lambda \cdot (\sum_{i \in S_i} B_i + \sum_{i \in S - S_i} B_i^{MV})\}$$

여기서, B_i 와 B_i^{MV} 는 각각 T_p 동안 보내야 할 프레임들의 비트 수와 스킵될 프레임들의 움직임 벡터에 해당하는 비트 수이다. $D(S_i)$ 는 프레임을 스킵함으로써 야기되는 왜곡으로 스킵된 프레임들의 움직임 활동성, A_i 의 합으로 표시된다.

$$D(S_i) = \sum_{i \in S - S_i} A_i$$

클라이언트 버퍼와 채널 상태는 다음과 같이 고려된다. 먼저, 미리 보내는 프레임의 비트 합과 움직임 벡터에 해당하는 비트들의 총 합이 허용 가능한 채널의 비트율 이하여야 한다. 허용 가능한 채널 비트율이 B 일 때, 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$\sum_{i \in S_i} B_i + \sum_{i \in S - S_i} B_i^{MV} \leq B$$

그리고 클라이언트 버퍼의 허용가능한 최대 레벨을 B_C^{MAX} , 버퍼가 차는 레벨을 B_c 라 할 때 다음과 같은 관계가 성립한다.

$$B_c + \sum_{i \in S_i} B_i + \sum_{i \in S - S_i} B_i^{MV} - \sum_{i \in S_p} L_i \leq B_C^{MAX}$$

여기서 L_i 는 i 번째 패킷의 크기이다. 버퍼 레벨은 스트리밍 서버가 RTCP RR (Receiver Report)과 APP (Application-defined Packet)를 분석하여 알아낼 수 있다[6]-[8].

III. 실험 결과

본 논문에서 제안된 방법을 입증하기 위해 계층적 핸드오프 시나리오에 따른 비디오 전송을 시뮬레이션 하였다. 실험에는 300프레임, QCIF (176x144) 포맷의 "Foreman"영상이 사용되었다. 테스트 시퀀스는 128kbps의 MPEG-2로 인코딩 되었으며 프레임율은 30렌이다. M 과 N 값은 각각 3과 6이다. 버퍼링 시뮬레이션을 위해서는 클라이언트 버퍼 크기는 35KB로 가정하고 영상이 플레이될 때 1.25초의 버퍼링 초기화 지연을 설정하였다. 그림 4는 계층적 핸드오프 시뮬레이션에서의 채널율의 변화를 보여주고 있다. 시뮬레이션에서 T_p 와 T_L 은 각각 1sec로 실험되었다.

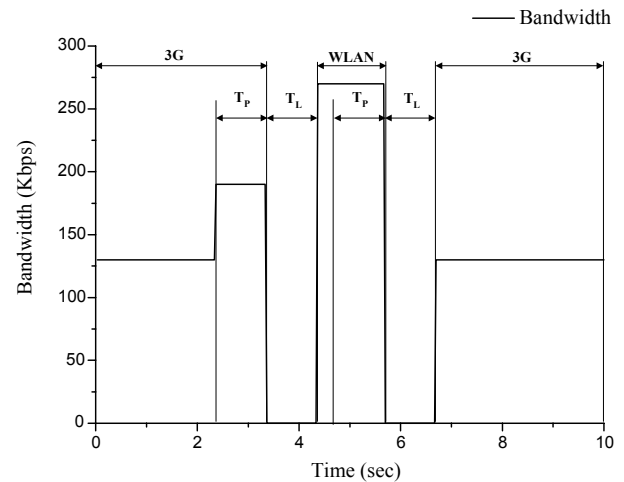


그림 4. 시뮬레이션에서의 채널율의 변화

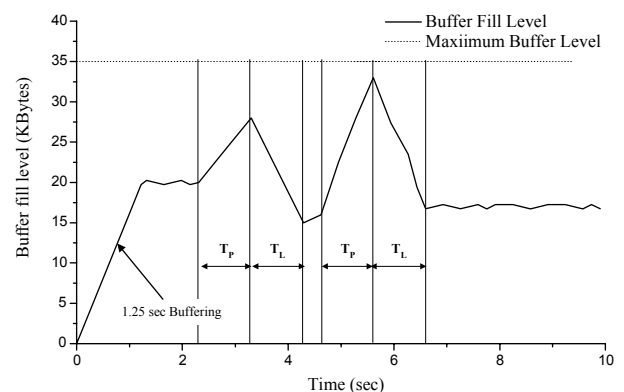


그림 5. 클라이언트 버퍼의 버퍼 레벨 변화

그림 4에서 보는 바와 같이, 시뮬레이션 상에서 3G에서 WLAN으로 1차 핸드오프를 실행한다. 시간으로는 2.3초에서 4.3초 사이구간으로 시퀀스의 70프레임부터 130프레임사이에 해당한다. 두 번째로 WLAN에서

다시 3G로 넘어가는 구간은 시간상으로는 4.6초에서 6.6초에 해당하고 테스트 영상의 140번째 프레임에서 200번째 프레임까지가 해당된다. 그림 5는 제안된 알고리즘의 클라이언트 버퍼의 버퍼 레벨을 보여준다. 여기서 갑작스런 전송으로 인한 버퍼 과잉을 방지하기 위한 충분한 여유분의 공간을 보유해놓기 위해서 버퍼의 최대 레벨, B_C^{MAX} 는 버퍼 사이즈의 95%로 하였다. 버퍼 레벨은 핸드오프 초기화 단계에서 선택적인 스킵 과정을 거치고 남은 프레임들을 미리 보내면서 야기되는 Over Transmission에 따른 overflow와 핸드오프가 실행될 때 야기되는 버퍼의 underflow를 방지하면서 안정성을 유지한다.

아래 표 1은 제안된 알고리즘과 핸드오프 시 아무 처리도 하지 않은 일반적인 경우, 핸드오프 없이 전송한 손실 없는 경우와 PSNR을 비교한 결과이다. 오류 은닉과 함께 제안된 알고리즘의 실험 결과는 그렇지 못한 경우보다 크게 향상된 PSNR을 보여주고 있다.

표 1. 제안된 알고리즘에 대한 PSNR 비교

Transition	Average PSNR [dB]			
	No adaptive	Proposed without EC	Proposed with EC	No Handoff
3G→WLAN	25.10	26.83	28.07	28.13
WLAN→3G	20.53	26.17	26.99	27.15

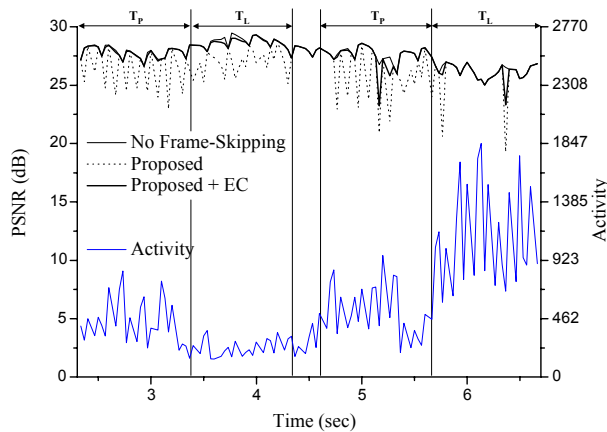


그림 6. 제안된 알고리즘의 PSNR 비교

그림 6은 제안된 알고리즘을 사용한 핸드오프 실행 결과를 핸드오프 경우의 전송 결과와 비교하여 그래프로 나타낸 것이다. 그래프에서 확인할 수 있듯이, 오류 은닉까지 한 제안된 알고리즘을 이용하여 계층적 핸드오프를 실행하면 프레임 손실이 없는 경우에 상당히 근접한 결과를 얻을 수 있다.

IV. 결론

본 논문에서는 비디오 전송 시 계층적 핸드오프가 일어날 때 연속적인 프레임들의 손실로 인한 비디오의 시각적인 수준의 격하를 방지하기 위한 알고리즘을 제안하였다. 핸드오프가 일어나기 전에 채널과 클라이언트 버퍼의 상태를 예측하여 허용 가능한 버퍼 용량 내에서 이후 핸드오프 과정에서 손실될 프레임들을 미리 보내며, 이 때 움직임 활동성을 고려한 선택적인 프레임 스킵으로 최적의 버퍼 사용을 추구하였다. 또, 스킵된 프레임들의 움직임 벡터를 미리 클라이언트에 보내 주어 디코더에서 오류 은닉을 통해 다시 만들어 결과적으로 좋은 성능을 보여주었다.

참고문헌

- [1] J. McNair and F. Zhu, "Vertical handoffs in fourth-generation multinet network environment," *IEEE Wireless Communications*, pp. 8-15, Jun. 2002.
- [2] M. M. Buddhikot, G. Chandranmenon, S. Han, Y. W. Lee, S. Miller, and L. Salgarelli, "Design and implementation of a WLAN/CDMA2000 interworking architecture," *IEEE Communications Magazine*, pp. 90-100, Nov. 2003.
- [3] G. G. Savo, "Advanced wireless communications 4G technologies," *WILEY*, pp. 3-3, 2004.
- [4] M. Stemm and R.-H. Katz, "Vertical handoffs in wireless overlay networks," *ACM Trans. Networking and Applications*, vol. 3, pp. 335-350, 1998.
- [5] U. Varshney and R. Jain, "Issues in emerging 4G wireless networks," *IEEE Computer*, vol. 3, pp. 94-96, 2001.
- [6] M. Salamah, F. Tansu, and N. Khalil, "Buffering requirements for lossless vertical handoffs in wireless overlay networks," *The 57th IEEE Semiannual Vehicular Technology Conference*, vol. 3, pp. 1984-1987, 2003.
- [7] N. Baldo, U. Horn, M. Kampmann, and F. Hartung, "RTCP feedback based transmission rate control for 3G wireless multimedia streaming," *15th IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, PIMRC 2004*, vol. 3, pp. 1817-1821, 2004.
- [8] 3GPP TS 26.234 Rel. 6, "Transparent end-to-end packet-switched streaming service (PSS): protocols and codecs".