# 끊김 없는 멀티미디어 전송을 위한 적응적인 스트리밍 시스템의 설계 및 구현

김형준[O1], 이성희[1], 구자헌[1], 오승준[2], 정광수[1]
[1]광운대학교 전자통신공학과, [2]광운대학교 전자공학과
{[O]hjkim, shlee, jhkoo}@cclab.kw.ac.kr, sjoh@media.kw.ac.kr, kchung@kw.ac.kr

# Design and Implementation of Adaptive Streaming System for Seamless Multimedia Transmission

Hyungjun Kim[O1], Sunghee Lee[1], Jahon Koo[1], Seoungjun Oh[2], Kwangsu Jung[1]
[1,2]School of Electronics Engineering, Kwangwoon University

**요 약**

최근 무선 네트워크 서비스의 수요가 증가함에 따라 낮은 비용, 간편한 설치 그리고 높은 대역폭 특성을 가지는 무선랜 (WLAN)을 기반으로 한 사내 네트워크 구성이 학교 및 기업을 중심으로 증가하고 있다. 이로 인해 사내 네트워크를 통한 랩탑 (Laptop), 넷북 (Notebook), 스마트 폰 (Smart Phone), 그리고 UMPC (Ultra Mobile Personal Computer)등 휴대용 단말을 이용한 스트리밍 서비스의 수요가 증가하고 있다. 하지만 무선랜 환경은 사용자 이동에 의해 핸드오버가 발생할 경우, 이동할 대상 네트워크의 혼잡 상태를 고려하지 않는다. 따라서 이동할 네트워크에 빠르게 적응하지 못함으로써 패킷 손실에 의한 서비스의 불연속성 문제가 발생할 수 있다.

본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 핸드오버 이전에 이동 대상 네트워크의 혼잡 상태를 인지하여 전송률을 조절함으로써, 스트리밍 서비스의 불연속성 문제를 해결하는 적응적인 스트리밍 시스템을 설계 및 구현하였다. 제안하는 시스템은 핸드오버 이전에 이동 대상 네트워크의 가용대역폭을 측정하여 혼잡 상태를 인지하고, 측정한 가용대역폭 값을 기반으로 전송하는 프레임의 수를 우선순위에 따라 차등적으로 조절하여 전송률을 조절하였다.

## 1. 서 론

최근 무선 네트워크 서비스 수요가 증가함에 따라 무선랜을 기반으로 한 사내 네트워크 구성이 학교 및 기업을 중심으로 증가하고 있다. 이로 인해 사내 네트워크를 통한 랩탑, 넷북, 스마트 폰, 그리고 UMPC등 휴대용 단말을 이용한 스트리밍 서비스에 상당한 관심과 수요를 보이고 있다 [1]. 그러나 무선랜 환경은 사용자의 이동으로 인한 핸드오버가 발생할 경우, 스트리밍 서비스의 품질 보장이 어렵다. 무선랜 환경에서 스트리밍 서비스 품질을 보장하기 위해 프레임 조절, 미디어 스케일링, 실시간 트랜스코딩 등을 이용하여 네트워크에 적응적으로 전송률을 조절하는 시스템이 연구되어 왔다. 그러나 기존 시스템들은 무선랜 환경에서 스트리밍 서비스를 이용하는 사용자의 이동으로 인해 핸드오버가 발생할 경우 이동 대상 네트워크의 혼잡 상태를 고려하지 않는다. 따라서 이동 대상 네트워크의 상태가 혼잡할 경우, 대상 네트워크의 상태에 빠르게 적응하지 못하여 패킷 손실에 의한 스트리밍 서비스의 불연속성 문제가 발생할 수 있다.

* 본 연구는 지식경제부와 한국산업기술진흥원의 전략기술인력양성사업으로 수행된 결과임.

본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 핸드오버 이전에 이동 대상 네트워크의 혼잡 상태를 인지하여 전송률을 조절함으로써 패킷 손실로 인한 스트리밍 서비스의 불연속성 문제를 해결하는 적응적인 스트리밍 시스템을 설계 및 구현하였다. 제안한 시스템은 이동 대상 네트워크의 혼잡 상태를 판단하기 위해 인접 네트워크들의 가용대역폭을 측정하고, 측정한 가용대역폭 값을 기반으로 전송되는 영상의 프레임 수를 우선순위에 따라 차등적으로 조절함으로써 전송률을 조절하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련 연구들을 기술하고, 3장에서는 본 논문에서 제안한 시스템의 구조와 알고리즘에 대해 상세히 기술한다. 4장에서는 구현한 시스템을 이용하여 실험 결과에 대해 기술하고, 마지막 5장에서는 결론을 맺는다.

## 2. 관련연구

### 2.1. 전송률 조절 기법

스트리밍 서비스의 QoS를 향상시키기 위한 네트워크 적응적인 전송률 조절 방법은 스트림의 품질을 조절하는 방법에 따라 구분할 수 있다.

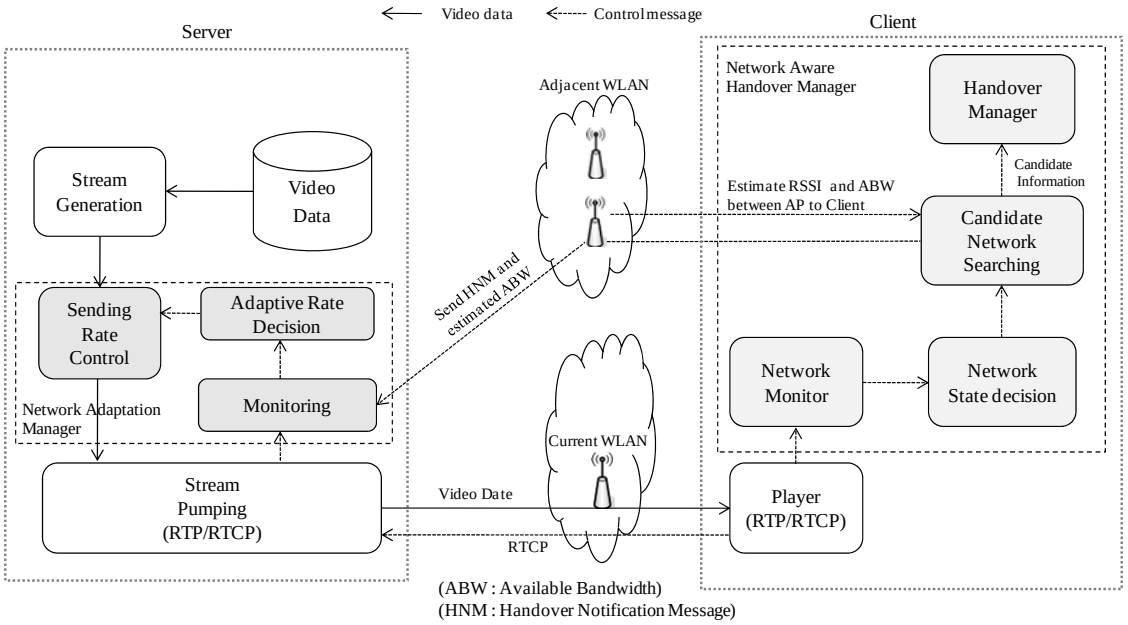



그림 1. 이동 대상 네트워크에 적응적인 스트리밍 시스템의 전체적인 구조

첫 번째는 네트워크에 적합한 전송률을 가지는 데이터 전송을 위해 미리 인코딩된 비디오 스트림을 디코딩 후, 양자화 파라미터를 수정하고 다시 인코딩하여 전송하는 방법으로 인코딩과 디코딩 과정에서 CPU 부하가 발생할 수 있다 [2]. 두 번째 방법은 여러 버전으로 인코딩된 스트림들을 준비한 상태에서, 네트워크 가용대역폭의 변화에 따라 적절한 데이터율을 가지는 스트림을 선택하여 전송하는 방법으로 콘텐츠 관리의 어려움이 있다. 세 번째 방법으로 프레임 (I,P,B) 기반으로 패킷의 우선순위화를 적용한 네트워크 적응적인 스트림 품질 조절 방법이 있다 [3].

본 논문에서는 트랜스코딩에 의한 CPU 부하를 주지 않고 콘텐츠 관리에 어려움 없이 네트워크에 적응적인 전송률 조절을 할 수 있는 프레임 기반의 우선순위를 적용한 스트림 조절 방법 전송률을 조절하는 적응적인 스트리밍 시스템을 설계 및 구현하였다.

### 2.2. 핸드오버 기법

핸드오버 상황에서 스트리밍 서비스의 품질을 향상시키기 위한 스트리밍 기법에 대한 연구들이 진행되고 있다.

[4]에서는 무선 채널 상태를 인지하여 비디오의 전송률과 품질을 조절하는 네트워크 기반의 품질 적응 스트리밍 기법을 제안하였다. 이 기법은 무선 채널 상태를 인지하여 현재 무선 채널 및 단말 위치에 적합한 스트리밍 비디오를 전송하여 무선 네트워크에서 비디오 재생의 불연속성을 해결하였다. 그리고 Cross Layer 기반의 채널 모니터링을 이용한 네트워크 적응형 비디오 스트리밍 시스템을 제안한 [5]에서는 무선 채널 모니터링을 위해 AP는 MAC (Medium Access Control)계층의 전송 상태를 주기적으로 측정하고 응용 계층의 스트리밍 서버로 전달함으로써 가변적인 무선 채널 상태에 빠르고 효과적으로 적응할 수 있다. 또한 스트리밍 서버에서 측정된 무선 채널 상태에 따라 우선순위 기반의 프레임 폐기를 수행하여 네트워크에 적응적인 전송을 하였다. 그러나 이 연구들은 핸드오버 이전에 대상 네트워크의 혼잡 상태를 인지하지 못하여 스트리밍 서비스의 불연속성 문제가 발생할 수 있다. 이와 같은 문제를 해결하기 위해 사전 능동 탐색 기법을 적용한 [6]에서는 핸드오버 실행 시 이용하는 서비스의 종류와 버퍼 상태를 인지하여 채널 탐색을 위한 오버헤드를 줄임과 동시에 서비스 품질의 저하를 방지하는 응용인지 기반 고속 핸드오버를 제안하였다. 그러나 이 연구에서는 대상 네트워크에 대한 혼잡 상태를 고려하지 못하여 스트리밍 서비스의 불연속성 문제가 발생할 수 있다.

## 3. 적응적인 스트리밍 시스템 구조

본 논문에서 제안하는 이동 대상 네트워크에 적응적인 스트리밍 시스템의 전체적인 구조는 그림 1과 같다. 서버는 핸드오버 상황에서 미리 이동 대상 네트워크의 가용대역폭을 수신하고 그에 따른 전송률 조절을 한다. 클라이언트는 RSSI 정보를 기반으로 핸드오버 여부를 결정하고 주변 네트워크의 가용대역폭을 측정하여 서버로 피드백하는 역할을 한다. 제안하는 시스템은 네트워크 적응 매니저와 네트워크 인지 핸드오버 매니저로 구성된다.

### 3.1. 네트워크 적응 매니저

서버는 이동 대상 네트워크에 적응적인 전송률 조절을 하기 위해서 모니터링 (Monitoring) 모듈, 적응적인 전송률 결정 (Adaptive Rate Decision) 모듈, 전송률 조절

제어 (Sending Rate Control) 모듈을 가진다. 스트림 생성 (Stream Generation) 모듈에서 스트림을 생성하고 스트림 펌핑 (Stream Pumping) 모듈을 통해 스트리밍을 한다. 모니터링 모듈은 RTCP (Real-Time Transport Control Protocol) 기반의 피드백을 주기적으로 수신하고, 클라이언트에서 핸드오버 결정 시 핸드오버 알림 메시지 (Handover Notification Message: HNM)와 가용대역폭 정보를 수신을 하여 적응적인 전송률 결정 모듈에게 알린다. 적응적인 전송률 결정 모듈에서는 이 정보를 기반으로 전송률을 결정하고 전송률 조절 제어 모듈에서 전송하는 프레임의 수를 차등적으로 조절함으로써 전송률을 조절한다.

### 3.2. 네트워크 인지 핸드오버 매니저

클라이언트의 네트워크 모니터 (Network Monitor) 모듈은 주기적으로 RSSI와 패킷 손실을 측정하여 네트워크 상태 판단 (Network State Decision) 모듈로 전달한다. 네트워크 상태 판단 모듈은 이 측정된 값을 기반으로 현재 네트워크의 상태를 판단한다. 후보 네트워크 탐색 (Candidate Network Searching) 모듈은 인접한 네트워크들 중에서 RSSI의 임계 값 ($RSSI_{th}$)보다 높은 RSSI값을 가지는 네트워크의 목록을 작성한다. 이후 작성된 목록에서 가장 높은 가용대역폭 ($ABW_{high}$)을 갖는 네트워크를 이동 대상 네트워크로 선택하여 핸드오버 매니저 (Handover Manager) 모듈로 전달한다. 또한 후보 네트워크 탐색 모듈은 HNM과 함께 측정한 가용대역폭을 서버로 피드백한다.

### 3.3. 핸드오버 알고리즘

클라이언트에서의 핸드오버 알고리즘은 그림 2와 같다.

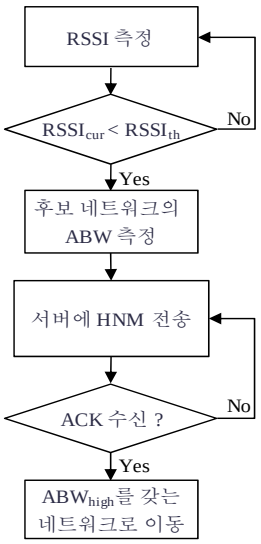



그림 2. 핸드오버 알고리즘

클라이언트는 스트리밍 데이터를 수신하면서 주기적으로 현재 네트워크에서의 RSSI ($RSSI_{cur}$)를 측정한다. 측정된 RSSI가 임계값 보다 작게 되면 핸드오버 상황으로 판단하여 이동할 후보 네트워크의 목록을 작성한다. 후보 네트워크는 인접한 네트워크들 중에서 $RSSI_{th}$ 이상의 RSSI값을 가지는 네트워크를 의미한다. 후보 네트워크 목록작성이 완료되면 후보 네트워크들의 가용대역폭을 측정하고 측정된 값들 중에서 가장 큰 가용대역폭 값을 HNM과 함께 서버로 전송을 하고 서버로부터 ACK를 수신할 때까지 대기하고, ACK를 수신하면 핸드오버를 실행한다.

### 3.4. 전송률 조절 알고리즘

핸드오버 시 서버에서 이동 대상 네트워크의 가용대역폭에 적응적인 전송률 조절을 하는 알고리즘은 그림 3과 같다. 서버는 클라이언트로부터 HNM을 수신하게 되면 함께 전송된 이동 대상 네트워크의 가용대역폭을 기반으로 전송률을 조절한다. 전송률 조절은 프레임 수를 우선순위에 따라 차등적으로 전송하여 조절한다. 전송률을 조절한 후 서버는 클라이언트에게 ACK를 전송하여 핸드오버가 수행될 수 있도록 한다.

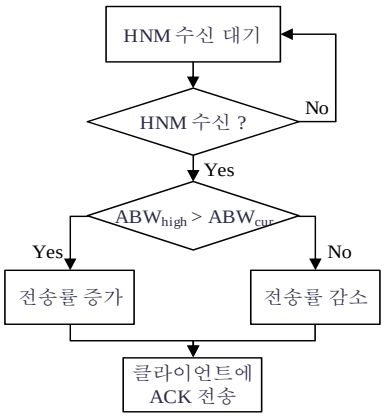



그림 3. 핸드오버 시 전송률 조절 알고리즘

핸드오버 상황이 아닌 스트리밍 상황에서 패킷 손실 정보를 이용하여 전송률을 조절하는 알고리즘은 그림 4와 같다. 현재의 패킷 손실 ($Loss_{cur}$)과 패킷 손실 임계값 ($Loss_{th}$)을 비교하여 프레임 수를 우선순위에 기반한 차등적인 조절로 전송률을 조절하는 기능을 수행한다.

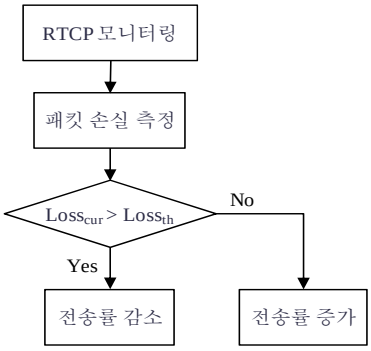



그림 4. 전송률 조절 알고리즘

## 4. 실험 및 결과

본 논문에서 제안한 이동 대상 네트워크의 가용대역폭에 적응적인 스트리밍 시스템은 Live555 스트리밍 미디어 라이브러리를 기반으로 구현하였다 [7]. 스트림 재생을 위해 VideoLAN Project의 VLC (Video LAN Client) Player가 사용되었다 [8]. 구현한 시스템 환경은 표 1과 같다.

표 1. 시스템 구현 환경

| | | |
|---|---|---|
| Devices | APs | NETGEAR WG602 |
| | Server | Pentium 4 dual core E2180 |
| | Client | Lenovo ThinkPad x61s |
| Network Aware Handover Manager | OS | Windows 7 Ultra Edition |
| | SDK | MFC |
| | Complier | Microsoft Visual Studio 2008 |
| Network Adaptation Manager | OS | Ubuntu 8.10 |
| | Complier | GCC Complier |
| Streaming Server | Live555 Streaming Media Library | |
| Stream Player | VLC Player 8.06i | |

### 4.1. 실험 환경

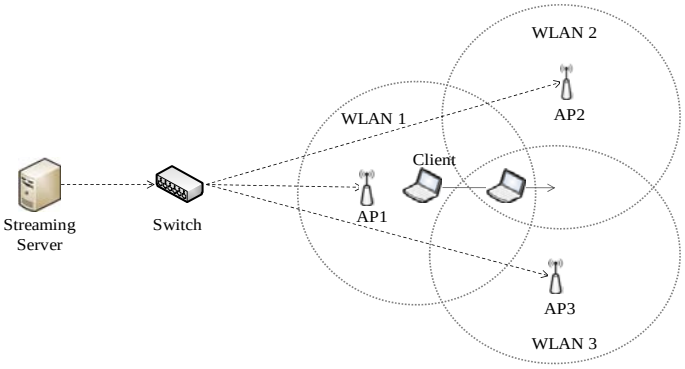



그림 5. 실험 환경

제안한 시스템이 핸드오버 시 발생할 수 있는 끊김 현상을 해결하는 것을 보이기 위해 그림 5와 같은 실험 환경을 구성하였다. 본 실험에서 클라이언트는 WLAN 1에서 5Mbps의 데이터율을 가지는 영상의 스트림을 제공받는다. 클라이언트가 WLAN 1 서비스 영역에서 WLAN 2와 WLAN 3이 중첩되는 영역으로 이동을 하면 WLAN 2와 WLAN 3의 가용대역폭을 측정하고 비교한다. WLAN 2는 WLAN 3보다 가용대역폭이 크다. 그래서 클라이언트는 WLAN 2로 핸드오버를 한다. 그러나 WLAN 2의 가용대역폭은 WLAN 1보다 작다. 따라서 핸드오버 시 WLAN 2의 가용대역폭에 적응적인 전송률 조절이 수행된다. WLAN 2와 WLAN 3은 임계 값 이상의 RSSI 값을 갖는다.

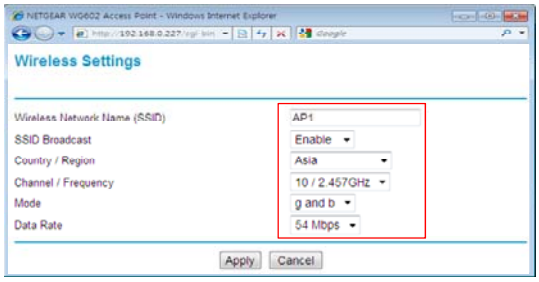
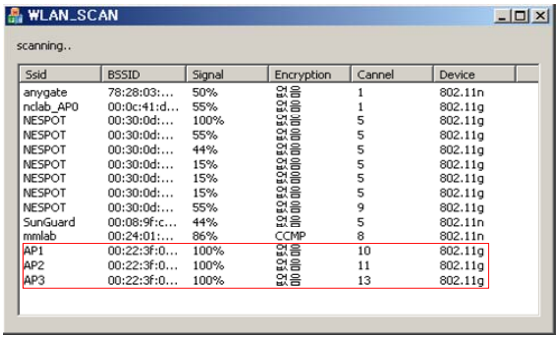



그림 6. AP (NETGEAR WG602)의 대역폭 설정

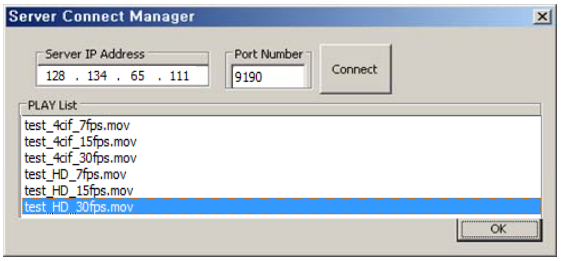
그림 6은 실험에서 사용되는 AP의 설정 화면을 나타낸다. 이를 통해 AP1의 대역폭을 54Mpbs, AP2의 대역폭을 5.5Mbps, AP3의 대역폭을 2Mbps로 설정하였다.

### 4.2. 실험 결과

그림 7의 (a)는 주변 네트워크를 탐색하고 표시하는 인터페이스를 보여주며, 그림 7의 (b)는 서버에 연결하여 스트리밍을 요청하는 연결 관리자의 인터페이스를 보여준다.




(a) 주변 네트워크 탐색 인터페이스




(b) 서버 연결 관리자

그림 7. 클라이언트 사용자 인터페이스

그림 8에서 핸드오버 시 WLAN 2의 가용대역폭을 고려한 전송률 조절을 하지 않는 기존 시스템 [1]과 핸드오버 이전에 가용대역폭에 따라 프레임의 수를 조절하는 제안한 시스템을 전송 프레임 수와 패킷 손실을 통해 비교한다. 실험에서 9초에 핸드오버가 실행되도록 설정하였다. 제안한 시스템의 경우 핸드오버 이전에 프레임의 수를 줄임으로써 과도한 패킷 손실이 발생하지 않았다. 그러나 기존 시스템은 핸드오버 이후 제안한 시스템에 비해 많은 패킷 손실이 발생하였고, 이에 따라 전송 프레임의 수가 조절되는 것을 확인할 수 있다. 그림

9에서 핸드오버 시 제안한 시스템과 기존 시스템의 영상 품질의 비교한다.

그림 9의 (a)는 기존 시스템의 영상으로 다수의 패킷 손실에 의한 끊김 현상이 나타나는 것을 확인할 수 있다. 반면에 (b)는 제안한 시스템으로 기존 시스템의 비해 적은 패킷 손실로 인해 끊김 현상이 발생하지 않는 것을 확인할 수 있다. 이를 통해 제안한 시스템이 핸드오버 시 대상 네트워크의 혼잡 상태에 적응적인 스트리밍을 통해 멀티미디어 전송의 불연속성 문제를 해결하는 것을 확인할 수 있다.

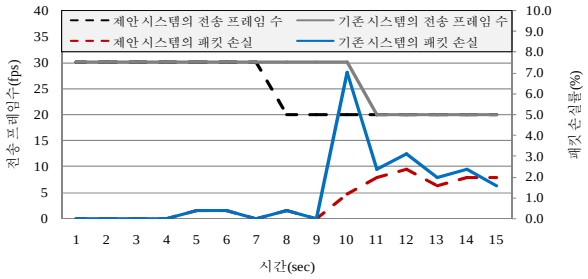
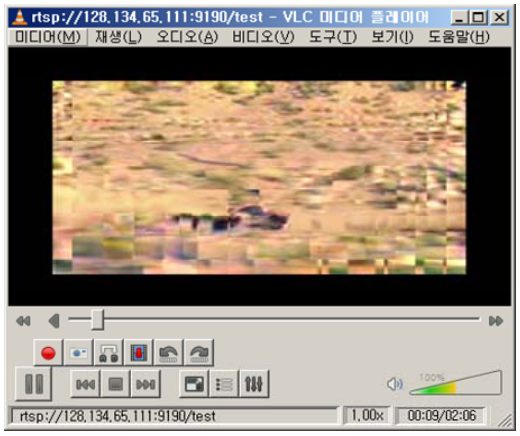



그림 8. 전송률 비교




(a) 기존 시스템

(b) 제안한 시스템

그림 9. 핸드오버 시 영상 비교

## 5. 결 론

무선랜 환경에서 스트리밍 서비스의 QoS를 향상시키기 위한 전송률 제어 시스템들이 제안되었다. 그러나 기존의 네트워크에 적응적인 전송률 제어 시스템은 핸드오버가 발생할 경우, 이동 대상 네트워크의 혼잡 상태에 대한 고려가 없었다. 따라서 이동 대상 네트워크에 빠르게 적응하지 못하여 패킷 손실에 의한 스트리밍 서비스의 불연속성 문제가 발생할 수 있었다.

본 논문에서는 핸드오버 시 발생할 수 있는 스트리밍 서비스의 불연속성 문제를 해결하는 이동 대상 네트워크의 혼잡 상태에 적응적인 스트리밍 시스템을 설계 및 구현하였다. 제안한 시스템은 핸드오버 이전에 이동 대상 네트워크의 가용대역폭을 측정함으로써 혼잡 상태를 인지하고, 측정된 가용대역폭 값을 기반으로 프레임의 수를 우선순위에 따라 차등적으로 조절함으로써 전송률을 조절한다. 그리고 실험을 통하여 제안한 시스템이 핸드오버 시 발생할 수 있는 스트림의 불연속성 문제를 해결하는 것을 확인하였다.

## 참 고 문 헌

[1] H. Kim, K. Ju, S. Kim, Y. Kim, S. Lee, S. Oh, and K. Chung, “Network Aware Handover Scheme to Improve QoE of Streaming Service in the Wireless LAN,” *Proc. of the 36th KIISE Fall Conference*, vol.36, no.2(D), pp.342-345, Nov. 2009. (in Korean)

[2] W. Tan and A. Zakhor, “Resilient Compression of Video for Transmission over the Internet,” *Proc. of the IEEE Image Processing*, vol.3, pp.243-247, Nov. 1998.

[3] S. Park, S. Lee, J. Kim, and W. Kim, “Design and Implementation of Network-Adaptive High Definition MPEG-2 Streaming employing Frame-based Prioritized Packetization,” *Journal of KICS*, vol.30, no.10(A), pp.886-895, Oct. 2005. (in Korean)

[4] J. Koo and K. Chung, “Adaptive Rate Control for Improving the QoE of Streaming Service in Broadband Wireless Network,” *Journal of KICS:Networks and Convergence Services*, vol.35, no.2, pp.334-344, Feb. 2010. (in Korean)

[5] S. Park, H. Yoon, J. Kim, and C. Cho, “Network-Adaptive HD Video Streaming with Cross-Layered WLAN Channel Monitoring,” *Journal of KICS*, vol.31, no.4(A), pp.421-430, Apr. 2006. (in Korean)

[6] J. Park, J. Nah, S. Yun, and K. Oh, “Application-Aware Fast Handover for Multimedia Streaming Service in Wireless LAN,” *Journal of KICS:Networks and Services*, vol.33, no.11, pp.968-980, Nov. 2008. (in Korean)

[7] Live555 Streaming Media Library, http://www.live555.com

[8] VideoLAN, http://www.videolan.org