일반논문-08-13-5-14

IEEE802.11e의 MAC 파라미터를 이용한 적응적인 HD급 비디오 스트리밍 제어

박 춘 배[a], 이 용 헌[a], 박 광 훈[a], 김 규 헌[a], 정 영 식[b], 허 재 두[b], 서 덕 영[a]‡

Control of HD Video Streaming Using IEEE802.11e MAC Parameters

Chunbae Park[a], Yonghyun Lee[a], Gwang-Hoon Park[a], Kyuheon Kim[a], Youngsik Chung[b], Jaedoo Huh[b] and Doug Young Suh[a]‡

요 약

본 논문에서는 IEEE 802.11e MAC의 모니터링과 제어가 가능하도록 제작된 QWLAN(Quality Wireless LAN) 보드를 장착한 네트워크에서 적응적인 고선명 스케일러블 비디오(Scalable Video Coding: SVC) 스트리밍 시스템의 성능을 보여준다. 제작된 MAC 보드에서 실시간으로 측정된 MAC 파라미터들을 이용하여 예측한 가용 대역폭에 적응적으로 추출할 비디오 데이터를 결정한다. 이를 위하여, 기존 SVC 비디오 패킷 추출방식보다 R-D(Rate-Distortion) 곡선 관점에서 우수한 추출방식을 제안한다. 제안하는 방법을 적용한 실험을 통하여, 무선 채널 상황에 빠르게 적응하여 비디오 스트리밍의 품질을 향상시킬 수 있음을 보여준다.

Abstract

In this paper we show the performance of the network-adaptive high-definition scalable video streaming using QWLAN board with IEEE 802.11e MAC monitoring and control. Realtime collected MAC parameters are used to determine which video data is extracted for the predicted available bandwidth. To achieve performance, extraction through R-D is proposed instead of the standard video packet extraction. It is shown through experiments that streaming video quality can be enhanced by fast adaptation to network conditions by using the proposed method.

Keyword : SVC, CLO, QoS, WLAN

Ⅰ. 서 론

홈 네트워크는 단순한 가전기기의 제어에서 오디오/비디오 서비스를 자유자재로 제공하는 고속 홈 네트워크로 진화하고 있다. 무선 홈 네트워크는 멀티미디어 단말기의 이동성을 보장하고 네트워크 구성의 편의성 면에서 우수하다. 그러나 무선 채널은 보안과 서비스품질(QoS, Quality of Service) 제공측면에서 극복해야 할 과제가 많이 있다.

무선 환경의 홈 네트워크는 유선 환경과는 달리 고려해야 할 사항들이 많다. 페이딩(fading)과 다중경로(multi-path)에 따른 성능 저하뿐만 아니라 무선 채널간의 간섭현상 및 사용자 증가로 인한 혼잡상황 역시 고려해 주어야 한다. 그러나 IEEE 802.11은 파일 전송 서비스에 맞추어져

a) 경희대학교 전자정보대학
College of Electronics and Information, Kyung Hee University
b)한국전자통신연구원 디지털홈연구단
Digital Home Research Division, ETRI
‡ 교신저자 : 서덕영(suh@khu.ac.kr)
※ 이 논문은 2008년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. R0A-2005-000-10061-0)

있기 때문에 실시간 비디오 서비스에 적용하기 위해서는 과거 BE(Best Effort) 프로토콜의 개선이 필요하다.

서비스 품질을 만족시키기 위해서는 현재 채널 상태정보를 얻는 것이 필요하다. 채널의 정보는 대부분 RTCP(Real Time Control Protocol)과 같은 트랜스포트 계층 피드백 정보를 통해 얻어왔다. 그러나 피드백 정보는 RTT(Round Trip Time) 지연이 발생할 뿐 아니라 채널 상태가 좋지 않을 경우 손실될 수 있으므로 채널 상태 정보를 얻는데 어려움이 있다.

본 논문에서는 계층교차(CLO, Cross-Layer Optimization)를 이용하는 서비스 품질 향상 기법을 제안한다. MAC 계층과 PHY(Physical) 계층의 정보를 이용함으로써 채널 상태를 예측하고 응용 계층에서는 채널 상태에 적응적으로 전송을 수행함으로써 서비스 품질을 향상 시키는 기법이다.

현재 이슈화되고 있는 무선 환경에서의 이슈들에 대해서 정리하고 해결책으로써 계층교차(Cross Layer)관점에서 접근하는 방법과 현재 IEEE 802.11e의 표준을 이용한 방법을 [1]에서 제시하였다. 계층교차에서의 성능과 비용의 절충관계[2], 각 계층에서 사용할 수 있는 파라미터[3]에 대한 연구가 있었으며 응용계층과 MAC 계층 사이에 계층교차 시그널링을 통한 실시간 비디오 스트리밍 제어[4]에 대한 연구가 있었다. MADWIFI 무선 이더넷 카드 드라이버[5]을 이용하여 무선랜의 대역폭을 예측하고 단일 계층의 고화질 HD 시퀀스를 시간적 우선순위에 따라 폐기하는 방식의 계층교차 방식[6]에 대한 연구가 수행 되었었다.

본 논문에서는 MAC 계층 정보를 얻기 위하여 QWLAN을 이용하였다. 그림 1은 QWLAN을 보여준다. QWLAN은 무선랜(WLAN)의 QoS 향상 방법을 연구하기위해 한국전자통신연구원(ETRI, Electronics and Telecommunications Research Institute)에서 제작한 IEEE802.11e[7] 카드로써 MAC과 PHY 계층의 정보를 모니터링 할 수 있게 해준다. 본 논문에서는 QWLAN의 누적 MAC 파라미터 값을 이용하여 채널 상태를 예측한다. 코덱은 계층화 비디오 코덱(Scalable Video Coding: SVC)[8][9]을 채택하였다. 계층화 코덱의 인코딩 된 비트스트림은 기본(Base)계층부터 상위(Enhancement)계층까지 포함이 되어 있는데 계층을 달리 추출(extraction)함으로써 여러 상황에 적응 할 수 있다. 본 논문에서는 기존 계층화 비디오 코덱에서 제공하는 계층 추출 방법이 아닌 실험을 통해 R-D (Rate-Distortion)상 우수한 추출방식을 제시한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서 배경이 되는 QWLAN MAC 파라미터 및 계층화 비디오 코덱에 대해서 설명하고 3절에서는 실험 모델에 대해서 설명하고 실험과 관련된 시스템 구성 및 채널 예측 방법에 대해서 설명한다. 4절에서는 실험 결과를 분석하고 5절에서는 결론을 내린다.

II. QWLAN : IEEE 802.11e 보드

그림 2는 QWLAN에서 설계된 MAC/PHY 프로토콜의

그림 1. ETRI QWLAN
Fig. 1. ETRI QWLAN

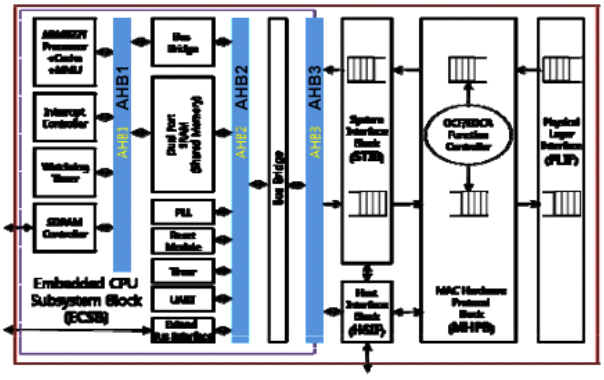

그림 2. 802.11e-MAC의 SoC 구조
Fig. 2. SoC structure of 802.11e-MAC

기능적 블록도를 나타낸다. QWLAN MAC 칩은 ECSB (Embedded CPU Subsystem Block), HSIF (Host Interface Block), STIB (System Interface Block), MHPB (MAC Hardware Protocol Block), PLIF (Physical Layer Interface) 등과 같은 4개의 블록으로 구성된다. MAC 프로토콜은 일반적으로 임베디드 프로세서에서 구현이 되었으나 메모리 사용요구, 설계 유연성, 반복 및 규칙적인 기능, 정확성, 실시간성 등처럼 정확한 실시간성이 요구되거나 규칙적이고 반복적인 성격을 갖는 블록은 하드웨어로 설계되었다.

1. IEEE 802.11e ETRI QWLAN 파라미터

한국전자통신연구원에서 개발한 QWLAN은 기존의 상용 WLAN과 다르게 서비스 품질 향상을 위한 기능을 제공한다. MAC/PHY 계층의 정보를 상위 계층에 전달 할 수 있도록 설계함으로써 교차계층 최적화 방법을 가능하게 하였다. IEEE 802.11e 파라미터 및 QoS 적용을 위해 정보를 얻거나 제어할 수 있는 MAC 파라미터는 <표 1>과 같다.

표 1. QWLAN 파라미터
Table 1. QWLAN Parameters

MAC 파라미터	변수	설 명
RetryLimit	N_L	최대 Retry 횟수
tx_frame_count	N_C	전송 성공한 MSDU (MAC Service Data Unit) 수
tx_failed_count	N_{rf}	Retry제한 초과로 인하여 전송 실패한 MSDU 수
tx_retry_count	N_{rs}	한번 이상의 retry로 전송 성공한 MSDU 수
tx_multiple_retry_count	N_{ms}	2번 이상의 retry로 전송 성공한 MSDU 수
tx_nobuf	N_o	모든 AC(1~4) 오버플로우 발생 한 패킷 수의 합
q1(~4)_buf_overflow	Q1 (~4)	EDCA 큐(1~4)에서 버퍼부족으로 오버플로우가 발생한 패킷 수

프레임 크기에 따라 패킷의 재전송 횟수를 나타내는 Short_Retry 및 Long_Retry를 정할 수 있으며 MAC으로부터 정보를 얻어 올 수 있다. 또한 4개로 나누어진 AC (Access Category)별로 큐의 크기, 버퍼 부족으로 발생하는 오버플로우 발생 패킷의 수 및 큐 안에 들어 있는 패킷의 수 등의 정보를 얻어 올 수 있다.

QWLAN 파라미터를 이용한 가용 대역폭이나 손실율의 계산은 얼마나 자주 MAC 정보를 모니터링 하여 계산하는지와 계산 방법에 따라서 정확도가 달라진다. 짧은 시간 간격으로 모니터링을 수행하면 모니터링 및 계산을 위한 연산량이 많아지게 되며 이는 전체 시스템에서 오버헤드로 작용하게 된다. 그러나 긴 시간 간격으로 모니터링을 수행하면 변화하는 네트워크 상황에 잘 적응하지 못할 수 있으므로 적절한 시간 간격을 정하는 것이 필요하다. 본 스트리밍 시스템에서는 한 GOP시간(약 0.5sec)동안의 MAC 파라미터 누적 변화량을 통하여 채널에서의 전송 시도 횟수를 계산하고 이를 통해 가용 대역폭을 예측한다. 여기서 GOP (Group of Pictures)란 비디오가 부호화되는 단위를 나타내며, 본 논문에서는 영상 16프레임이며, 그림 3에 그 구조가 있다.

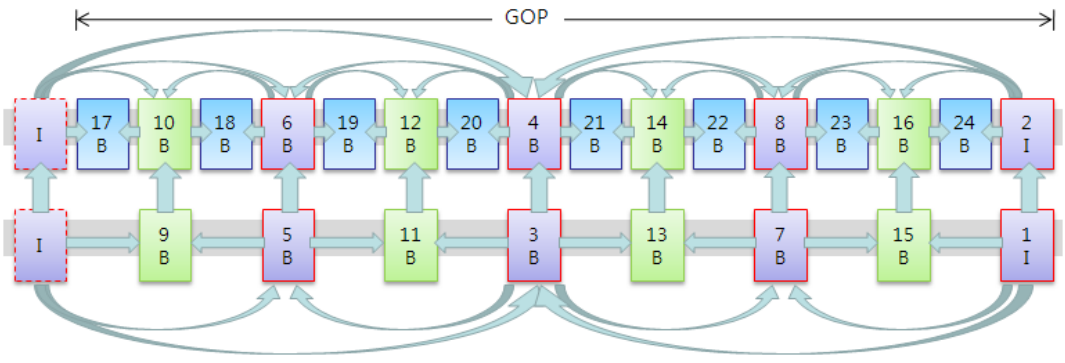

그림 3. 5계층 SVC의 GOP (Group of Pictures) 구조
Fig. 3. SVC GOP structure of a 5 layer configuration

III. 계층화 비디오 코딩과 전송 프레임 추출 방식

계층화 비디오 코딩은 하나의 콘텐츠를 나누어질 수 있는 여러 계층(공간, 시간, 화질)으로 코딩하는 것을 말한다. 각각의 화질은 계층(layer)의 수준(level)을 의미하며 상위 계층(고화질)은 하위 계층(저화질)을 참조하여 만들어진다. 이 구조를 이용하면 단순히 인코딩된 비트스트림을 자르는 간단한 작업만으로 전송 비트율이 다른 여러 상황에 적응할 수 있다. 이는 기존 코덱이 가지는 수신 단말기의 해상도나 네트워크 대역 등의 여러 상황에 대해 각기 다르게 인코딩이 수행되고 상황에 따라 인코딩 된 여러 개의 비트스트림에서 한 개가 선택되어 전송 또는 재생되게 되어야 하는 단점을 극복한 것이라고 할 수 있다.

본 논문에서는 가용 비트율이 보장되지 않는 무선 채널 환경에 적응하기 위해 5계층 SVC를 이용한다. 그림 3은 스

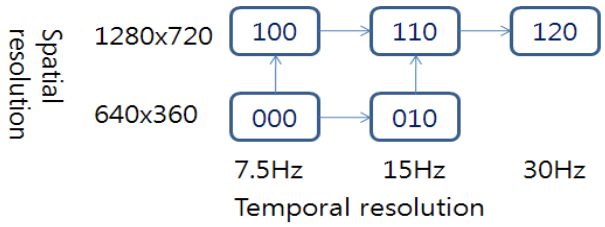

그림 4. 계층 간 참조관계
Fig. 4. Relationship of 5 layers

트리밍 시스템에 사용된 스케일러블 코딩을 적용한 한 GOP에 대한 비트스트림의 구성 및 각 프레임의 참조관계이다. 그림 4는 참조관계를 간략히 도식한 각 레이어 간의 참조관계를 나타낸다. 5계층의 DTQ (dependency_id, temporal level, quality level)에서 D=0과 D=1은 각 각 640 x360와 1280x720의 크기를 나타내며 T=0, 1 그리고 2 는 프레임 레이트가 7.5Hz, 15Hz 그리고 30Hz임을 나타낸다. 그림 3에서 1, 3, 5, 7번 프레임의 DTQ값은 000이며 9, 11, 13, 15번 프레임의 DTQ값은 010이며, 2, 4, 6, 8번 프레임의 DTQ값은 100이다.

그림 5에서 오른쪽 끝은 8Mbps정도의 전송이 가능하여 모든 데이터가 전송되었을 때 품질을 나타낸다. 채널의 품질이 나빠져서 가용 전송율이 떨어지면 일부 비디오 데이터만 추출하여 전송한다. 추출된 비디오의 품질은 원영상과 비교하여 계산한 PSNR(Peak Signal-to-Noise Ratio) 값으로 나타낸다. SVC의 비트스트림 추출기는 계층별 비트스트림 추출 방법을 제공하고 있다. 공간적 또는 시간적으로 계층을 구분하여 추출 할 수 있으며 선택한 계층의 하위계층까지 포함이 되어 추출이 되게 된다. 그림 5에서 존재하는 하나하나의 점들은 해당하는 계층의 비디오 품질을 보장하기 위하여 필요한 대역폭을 나타낸다.

실선은 기존의 계층별 비트스트림 추출기를 이용하여 계층을 추출하였을 때의 R-D 커브이다. 부호화 계층에 따라

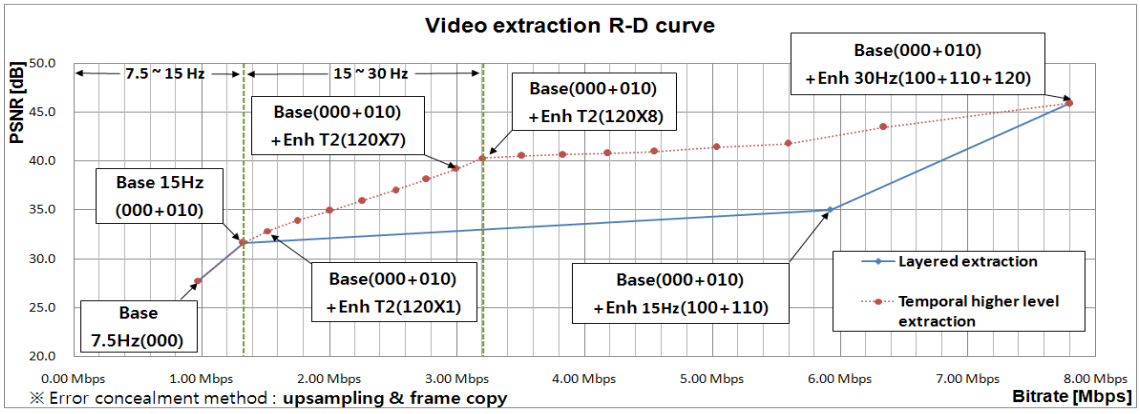

그림 5. 전송할 계층 선택 방법의 비교
Fig. 5. Comparison of the conventional layer-wise and proposed frame-wise extraction methods

구분하여, 4개의 단계로 전송하는 계층의 집합과 비디오 품질이 정해진다. 그림 4에서 정의된 계층번호로 표시하면 (000), (000, 010), (000, 010, 100, 110), (000, 010, 100, 110, 120)과 같이 4개의 단계이다.

본 논문에서는 프레임별로 중요도와 참조관계를 고려하여 기존 방식과 다른 추출방식을 제안한다. 기존 방식에서는 공간계층이 0인 프레임을 모두 포함하고 나서 공간계층이 1이고 시간계층이 낮은 순서대로 추출하는 방식이다. 그러나 제안하는 방식은 공간계층이 0인 프레임을 모두 포함하고 나서 공간계층이 1이고 시간계층이 높은 순서대로 추출하는 방식이다. 즉, 공간계층이 0인 프레임을 추출하는 방식은 같으나 공간계층이 1인 프레임을 추출할 경우 시간계층이 높은 순서대로 추출하는 점이 다르다. 그림 5에서처럼 대역폭이 약 1.4Mbps 까지는 기존 방식과 같이 공간계층(dependency-id)이 0인 계층을 추출한다. 기존방식에서는 대역폭이 약 6Mbps가 넘어섰을 때 공간계층이 1 이고 시간계층이 1인 프레임들을 모두 추출한다. 즉 1.4Mbps에서 6Mbps사이까지 대역폭의 변화하더라도 추출하는 프레임은 1.4Mbps일 때 추출하는 프레임과 동일하다는 것이다. 그러나 제안하는 방식에서는 대역폭이 변화할 때마다 추출되는 프레임을 추가하는 방식이다. 그림 5의 약 1.5Mbps 대역에서의 “Base(000+010)+Enh T2 (120X1)”의 의미는 공간계층이 0인 기본계층을 모두 추가하고 공간계층이 1이고 시간계층이 2인 프레임이 하나 추가되어 추출된 것을 나타낸다. 같은 의미로 3.2Mbps 대역에서의 “Base(000+ 010)+Enh T2(120X8)"의 의미는 공간계층이 0인 기본계층을 모두 추가하고 공간계층이 1이고 시간계층이 2인 프레임을 8개 추가하여 추출한 것을 나타낸다. 프레임별로 추출함으로써, 기존의 방법에서는 4개의 단계이나, 제안 하는 방법에서는 총 18개 단계로 추출할 수 있는 단계가 많아 졌으며, 이는 변화하는 가용 대역폭에 더욱 유연하게 (graceful degradation) 적응 할 수 있음을 나타낸다. 또한 R-D(Rate-Distortion)을 고려하여 추출하는 비디오 프레임의 순서를 지정함으로써, 사용 비트율의 전 구간에서 우수한 R-D 커브를 나타내고 있다. 제안하는 추출기법을 활용할 수 있는 이유는 SVC 코덱에서 에러은닉(EC, Error Concealment) 기능이 제공되기 때문이다.

시간계층이 2인 프레임을 복호화 하기 위해서는 시간계층이 낮은 프레임을 참조하여 복호화를 수행한다. 그러나 제안하는 방식에서는 시간계층이 높은 프레임 먼저 추출을 하게 되므로 특정 대역(약 1.4Mbps~3.2Mbps)에서 추출한 비트스트림에는 공간계층이 1이면서 시간계층이 낮은 프레임이 존재하지 않는다. 공간계층이 1이고 시간계층이 낮은 프레임(100, 110)이 존재하지 않으므로 이 경우 동일 시간에 있는 공간 계층이 0인 프레임(000, 010)을 복사해서 가져온다. 가져온 프레임은 시간계층은 동일하나 공간계층이 다르므로 해상도를 동일하게 하기 위하여 업 샘플링을 수행하고 복호화에 사용하는 것이다. 이러한 에러 은닉 방법을 프레임 복사 및 업 샘플링이라고 한다[10].

Ⅳ. QWLAN을 이용한 무선랜에 적응적인 SVC 스트리밍 시스템

1. 전체 프레임 워크

그림 6은 QWLAN을 이용한 무선랜에 적응적인 SVC 스트리밍 프레임 워크를 보여준다. 한 프레임이 하나의 NAL로 인코딩된 SVC 비트스트림을 실시간 파싱 하여 각 프레임의 NAL 종류, NAL 크기 및 부호화 방식(picture type) 에 대한 정보를 추출한다. NAL 크기로부터 데이터의 크기를 알 수 있으며 이는 대역폭에 맞게 추출을 할 때 필요한 정보가 된다. NAL 종류 및 부호화 방식을 통해 인코딩 된 NAL의 계층 및 I, B, P 등 부호화 방식에 대한 구분을 할 수 있으며 이 정보를 통해 패킷별 우선순위를 정할 수 있다.

계층교차관리자(Cross-layer Manager)는 QWLAN으로부터 정보를 받아 가용 전송 대역폭을 계산한다. 시스템은 계산한 대역폭만큼의 비디오 데이터를 추출하여 전송하게 된다.

클라이언트는 수신한 패킷을 순서대로 정렬하고 SVC 디코딩을 수행한 후 화질평가를 한다.

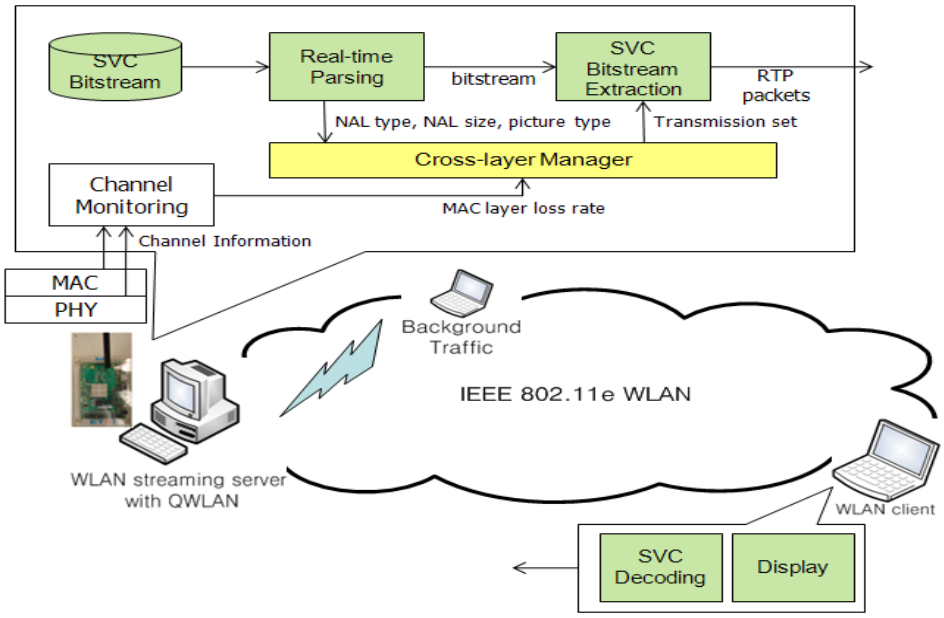

그림 6. QWLAN을 이용한 무선랜에 적응적인 SVC 스트리밍 프레임 워크
Fig. 6. Adaptive SVC Streaming Framework for WLAN using QWLAN

2. MAC 정보를 이용한 무선 채널 모니터링

표 1의 정의를 참고하여 무선 채널에서 특정 시간동안 (T_{period}) 전송 시도 횟수(N_{MAX})를 측정함으로써 무선 채널을 예측하였다. 단위 측정 시간(T_{period}) 동안 오버플로우가 발생하지 않을 때 전송 한 패킷(N_t)은 전송 성공(N_c)되거나 재전송 제한 초과로 인해 전송 실패(N_{rf})되게 된다. 즉,

$$\begin{aligned} N_t &= N_c + N_{rf} \\ &= (N_{0s} + N_{1s} + N_{ms}) + N_{rf} \quad (\text{if}, N_o = 0) \\ &= \sum_{i=0}^{N_L - 1} P_r^i (1 - P_r) N_t + P_r^{N_L} \times N_t \end{aligned} \tag{1}$$

(1)식에서 N_o는 오버플로우가 발생한 패킷 수를 나타내면 P_r은 채널에서의 재전송할 확률, N_L은 재전송 제한 횟수를 나타낸다. 전송 성공(N_c)은 재전송 없이 전송 성공한 패킷 수(N_{0s}), 1번 재전송으로 전송 성공한 패킷 수(N_{1s}) 그리고 2번 이상부터 재전송 제한 횟수까지의 재전송을 통한 전송 성공한 패킷 수(N_{ms})로 이루어진다. 채널에서의 재전송할 확률(P_r)은 전송 성공한 패킷 수(N_c), 한번 이상의 재전송에 의해 전송 성공한 패킷 수(N_{rs}), 한번 재전송에 의해 전송 성공한 패킷 수(N_{1s}), 2번 이상의 재전송에 의해 전송 성공한 패킷 수(N_{ms})를 측정하여 계산할 수 있다. QWLAN은 모든 재전송에 의해 전송 성공한 패킷 수(N_{rs}) 및 2번 이상의 재전송에 의해 전송 성공한 패킷 수(N_{ms})를 측정하고 있으며 이 값을 이용하여 한번 재전송에 의한 전송 성공한 패킷 수(N_{1s})를 계산할 수 있다.

$$N_{1s} = N_{rs} - N_{ms} \tag{2}$$

$$N_{0s} = N_c - (N_{1s} + N_{ms}) = (1 - P_r) N_t \tag{3}$$

$$N_{1s} = P_r (1 - P_r) N_t \tag{4}$$

$$P_r = N_{1s} / N_{0s} \tag{5}$$

전송제한 횟수 초과에 의해 전송 실패한 패킷 수(N_{rf})를 고려하여 MAC에서 전송 시도 하는 횟수(N_{MAX})를 구하며 이 값은 항상 동일하거나 비슷할 것이라는 가정한다.

$$N_{MAX} = \sum_{i=0}^{N_L-1}(i+1)P_r^i(1-P_r)N_t + N_L \times P_r^{N_L} \times N_t \quad (6)$$

실험에서는 QWLAN AP의 전송률을 36Mbps로 고정하였다. 이때 실제로 애플리케이션에서 사용 가능한 대역폭을 측정한 결과, 약 16Mbps가 된다. 패킷의 크기(L)를 1024Byte로 고정하였을 때 한 GOP의 지속 시간 즉 채널 모니터링 반영 주기시간($T_{period} = 0.5s$) 동안 오버플로우가 발생하지 않고 재전송이 발생하지 않는 깨끗한 채널($P_r = 0$)에서 전송 시도 횟수는 전송하는 패킷 수가 되며 다음과 같다.

$$8Mbit = L \times N_t(0.5\sec) \quad (7)$$

$N_{MAX} = N_t \approx 1000$이 된다. 항상 전송 시도 횟수($N_{MAX} = 1000$)는 고정될 것이라는 가정 아래 재전송 시도 확률(P_r)에 따라 전송할 수 있는 패킷 수(N_t)의 값을 계산한다.

백트래픽은 약 5Mbps($N_{tB} \approx 300$) 내에서 임의의 크기로 전송하였다.

비디오(N_{tV})와 백트래픽(N_{tB}) 패킷 수의 합이 전송 할 수 있는 패킷 수(N_t)보다 작을 경우에는 처리가 가능하므로 오버플로우($N_o = 0$)가 발생하지 않는다. 그러나 클 경우 오버플로우가 발생하게 되며 백트래픽의 양에 따라 전송할 비디오 패킷 수를 조절하는 것이다.

먼저 n번째 채널 모니터링 시간에서의 백트래픽의 양($N_{tB}[n]$)은 n-1번째 채널 모니터링 시간에서의 $N_t[n-1]$, $N_o[n-1]$,$N_{tV}[n-1]$ 값을 이용하여 예측한다. n번째 백트래픽의 양은 n-1번째 백트래픽의 양과 같다고 가정한다.

$$N_{tB}[n] = N_t[n-1] + N_o[n-1] - N_{tV}[n-1] \quad (8)$$

앞서 구한 $N_t[n]$와 $N_{tB}[n]$을 통해 전송할 비디오 패킷 수($N_{tV}[n]$)를 계산한다.

$$N_{tV}[n] = N_t[n] - N_{tB}[n] \quad (9)$$

$N_{tV}[n]$를 이용하여 애플리케이션에서 비디오에 사용할 수 있는 가용대역폭(R_a)를 계산할 수 있다.

$$R_a = N_{tV}[n] \times L / T_{period}[bps] \quad (10)$$

L은 패킷의 크기를 나타내며 패킷의 크기에 다를 경우 전송되는 시간이 달라질 수 있으므로 L=1024로 동일하게 하였다.

마지막으로 계산한 가용대역폭(R_a)을 넘지 않는 최대한의 대역폭을 가지는 추출 포인트의 비트스트림을 추출하여 전송하는 것이다.

Ⅴ. 실험 및 결과 분석

시스템은 QWLAN을 AP로 이용하여 무선 채널 상태를 모니터링 하는 시스템을 갖춘 서버와 클라이언트 및 백트래픽을 발생시키는 클라이언트로 구성된다. 180초 동안 전송을 수행하였으며 약 60~120초 사이에 백트래픽을 발생시켰다. 서버와 클라이언트의 거리는 1m와 15m인 상황에서 실험 하였으며 테스트베드는 같아도 매 시간마다 무선 채널의 상태는 변화하므로 반복적인 실험을 통해 검증 하였다. 서버에서 예측한 대역폭 및 적응적인 비디오 추출 기법을 활용했을 때와 하지 않았을 때의 화질 비교를 통해 성능검증을 하였다.

1. MAC 변수를 이용한 무선망 예측

그림 7은 QWLAN MAC 파라미터를 이용하여 측정한 비디오 전송에 사용할 수 있는 대역폭이다. 백트래픽이 주어지는 60~120초 구간을 제외하고는 대부분 약 16-17Mbps의 대역폭을 보인다. 그러나 백트래픽이 주어지는 구간에서는 약 5Mbps의 백트래픽의 양만큼 비디오 데이터를 전송할 수 없으므로 약 11-12Mbps의 대역폭이 측정되는 것을 확인 할 수 있다. 그 외에 변화된 값은 무선 채널의 다른 원인으로 인해 발생한 것이라고 할 수 있을 것이다.

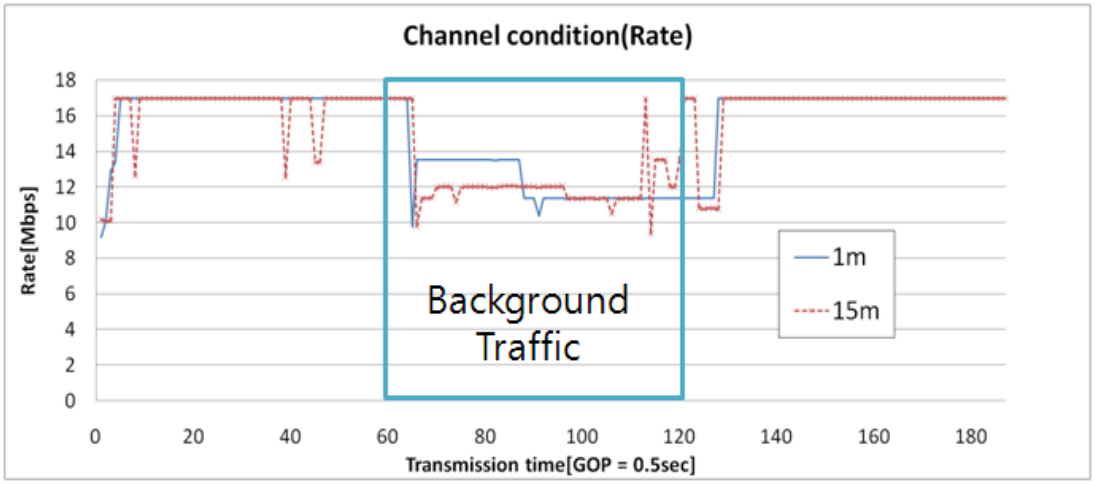

그림 7. MAC 파라미터를 이용한 채널 예측
Fig. 7. Channel monitoring using MAC parameters

2. CLO 스트리밍 시스템의 서비스 품질

그림 8, 9는 CLO를 통해 전송할 수 있는 비디오의 대역폭을 예측하고 제안하는 추출기법을 적용했을 때와 그렇지 않았을 때의 화질이다. 손실이 발생하지 않는 원본 비트스트림을 디코딩 했을 때 화질을 1이라고 하고, 손실이 발생한 프레임의 에러은닉 방법을 사용하여 디코딩 했을 때 화질을 비율적으로 나타낸 것이다. 그림 8은 기존의 추출방법을 사용하였을 때의 화질을 나타낸다. MAC 파라미터를 이용하여 비디오의 전송에 사용할 수 있는 대역폭에 맞게 비트스트림을 추출하고 전송을 하게 된다. 이때 비트스트림 안에서 매 GOP의 크기가 가변적이므로 채널상황이 동일하더라도 GOP의 크기에 따라 비트스트림의 추출 시점이 달라 질 수 있다. 또한 GOP의 크기가 비슷할 경우에는 채널

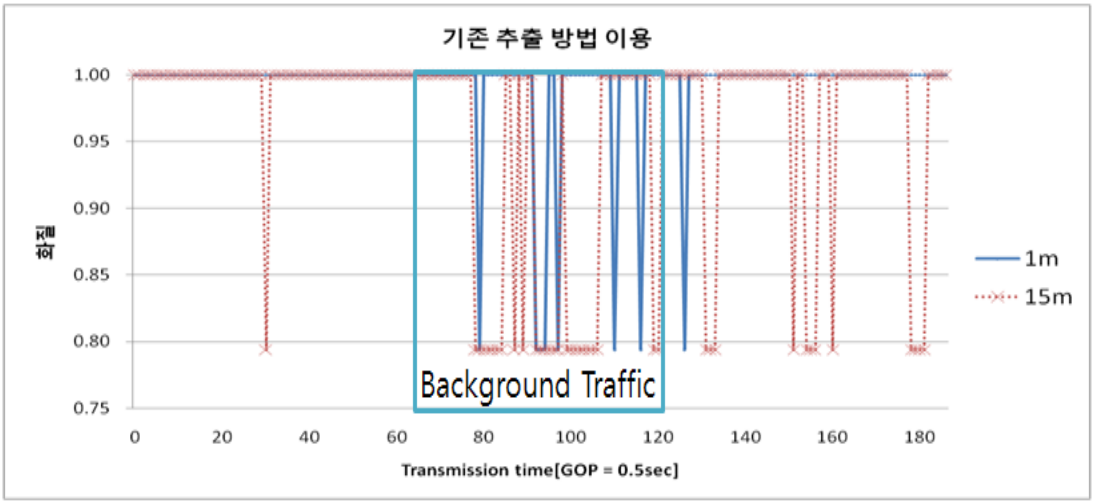

그림 8. 기본 추출 방법을 이용하였을 때의 비디오 품질
Fig. 8. Video quality with the standard extraction method

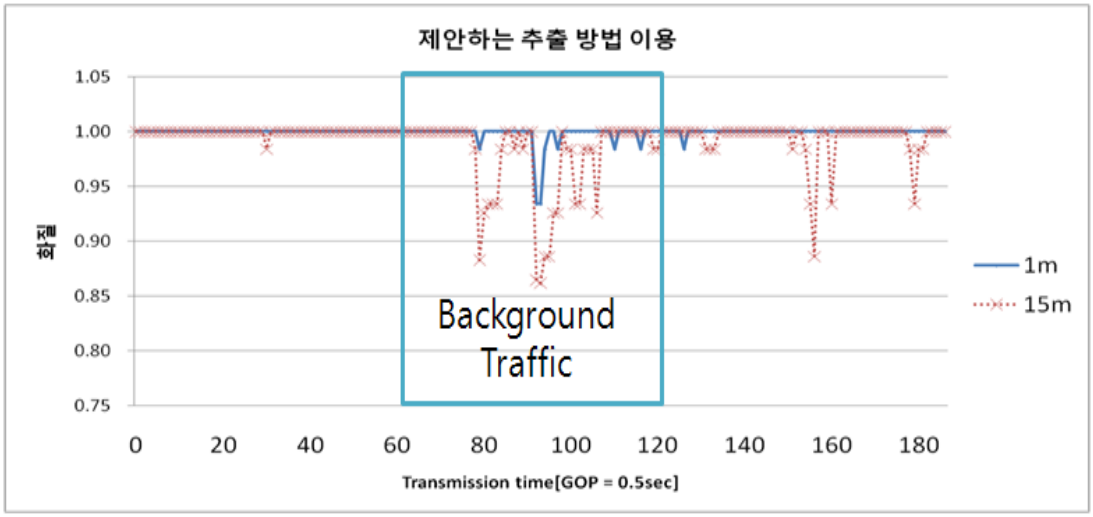

그림 9. 제안하는 추출 방법을 이용하였을 때의 비디오 품질
Fig. 9. Video quality with the proposed extraction method

상황에 따라 비트스트림의 추출 시점이 달라 질 수 있다. 결과에서는 2개의 추출시점을 확인 할 수 있는데 비디오 전송을 위한 대역폭이 충분하여 한 GOP의 모든 데이터를 다 보내는 경우와 대역폭이 부족하여 5.9Mbps에서 추출하는 경우이다. 5.9Mbps와 전체를 다 보낼 때 필요한 대역폭 사이에는 많은 대역폭 차이가 있으나 기존 추출기법은 한정적인 추출시점만을 제공하고 있으므로 이와 같은 결과가 발생한 것이다.

그림 9는 제안하는 추출기법을 사용했을 때의 결과이다. 제안하는 추출기법에서는 추출 시점이 많이 존재 하므로 전체를 다 보내는 경우와 5.9Mbps의 추출기법 2가지로 나눠지지 않고 더 많은 경우에서 추출을 할 수 있다. 그림 8과 9를 비교했을 때 약 30초 구간에서 기존방법의 추출 기법을 사용하였을 경우에는 제안하는 추출 기법을 사용하였을 경우에 비하여 많은 차이를 가지는 것을 볼 수 있다. 또한 약 90초 구간에서 30초 구간에 비해 차이가 줄긴 하였지만 여전히 제안하는 추출기법이 좋음을 볼 수 있다. 결론적으로 기존의 비트스트림 추출 기법은 매우 한정적인 상황에 대처 할 수 있으나 제안하는 추출기법을 활용하였을 경우에는 많은 상황에 대처 할 수 있는 것이다.

대역폭 예측 및 추출 기법을 사용하지 않고 항상 모든 데이터를 보내는 경우에 충분하지 않은 대역폭은 지연을 유발할 것이다. 그러나 실시간 스트리밍과 같은 서비스에서는 지연보다는 화질이 다소 떨어지더라도 끊임없는 재생을 원할 것이므로 지정된 시간 안에 전송할 수 없는 데이터는 손실 시키는 것이 적합할 것이다. 임의의 손실은 디코딩에 꼭 필요한 I 프레임과 같은 중요한 데이터를 손실 시킬 수 있으므로 적합하지 않을 것이며 기존의 추출방법은 제안하는 방법에 비해 비 효율적임을 확인 하였다.

Ⅵ. 결 론

본 논문에서는 일정 시간동안 전송 시도 하는 횟수는 동일할 것이라고 가정 하고 재전송 횟수 및 백트래픽의 양에 따라 전송할 수 있는 비디오 데이터의 양을 정하였다. 또한 SVC의 에러은닉기능을 이용하여 기존 비트스트림 추출 기법에 비해 효율적인 비트스트림 추출 기법을 제시하였다. 기존과 제안하는 추출 기법은 가용 대역폭에 따라 최소한의 디코딩에 필요한 데이터를 포함하여 추출하는 경우이나 가용 대역폭에 대한 예측 없이 모든 데이터를 전송하는 경우에는 디코딩에 꼭 필요한 데이터가 손실될 수 있으며 이 경우 디코딩을 할 수 없게 된다. 많은 반복 실험에서 에러은닉 기법을 활용하여도 디코딩을 할 수 없는 상황이 발생하

였으며 제안하는 채널 예측 방법과 추출기법을 통해 끊김 없는 서비스를 할 수 있었다. 실험결과는 제안하는 기법이 동일한 대역폭에서 보다 높은 화질을 제공할 수 있으며 보다 많은 대역폭에 적응할 수 있음을 보여준다.

향후, 본 논문에서 사용한 대역폭 예측 방법 외에 손실율 예측 방법을 추가하여 채널의 손실환경에 적응적인 시스템으로의 발전이 필요할 것이다. 또한, 본 논문에서는 백트래픽이 존재할 때 오버플로우가 발생하지 않도록 비디오 데이터의 양을 줄이는 방식을 선택하였는데 백트래픽과 비디오 데이터의 중요도에 따라 데이터의 양을 다른 방식으로 줄일 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

[1] Choi, J.K., Park, J.S., Lee, J.H., Ryu, K.S., "Review on QoS issues in IEEE 802.11 W-LAN," Advanced Communication Technology, 2006. ICACT 2006. The 8th International Conference Vol 3, Page(s):2109 - 2113, Feb. 2006.

[2] Khan, S., Peng, Y., Steinbach, E., Sgroi, M., Kellerer, W., "Application-Driven Cross-Layer mization for Video streaming over Wireless Networks Cross-Layer design (CLD)," Communications Magazine IEEE, Vol 44, Issue 1, Page(s):122 - 130, Jan. 2006.

[3] S.Khan, M.Sgroi, E.Steinbach, W.Kellerer, "Cross-Layer Optimization for Wireless Video Streaming - Performance and Cost," IEEE Int. Conference on Multimedia and Expo, ICME '05.Amsterdam. Netherlands. July 2005

[4] Ivaylo Haratcherev, Jacco Taal, Koen Langerdoen, Reginald Lagendijk, Henk Sips, "Optimized Video Streaming over 802.11 by Cross-Layer Signaling," IEEE Communications Magazine, pp 115-122, Jan. 2006.

[5] http://sourceforge.net/projects/madwifi.

[6] Sanghoon Park, Hayoung Youn, and JongWon Kim, "A cross-layered network-adaptive video streaming using sender-driven wireless channel monitoring," IEEE Communications Letters, vol. 11, no. 7, pp. 619-621, July 2007.

[7] IEEE 802.11 WG, Draft Supplement to Part 11: Wireless medium access control(MAC) and physical layer(PHY) specifications: Medium access control(MAC) enhancements for quality of service(QoS), IEEE Standard. 802.11e/D10.0, Sep. 2004.

[8] J. Reichel, H. Schwarz, M. Wien, "Joint Scalable Video Model JSVM-11", ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 N9199, Jul. 2007.

[9] J. Vieron, M. Wien, H. Schwarz, "JSVM 11 software", ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 N9212, Jul. 2007.

[10] Chen, Y., Boyce, J., Xie, K., 2005. Frame Loss Error Concealment for SVC. ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 and ITU-T Q6/SG16, Document JVT-Q046. Nice, FR

저 자 소 개

박 춘 배

- 2007년 2월 : 경희대학교 전자공학과 학사
- 2007년 3월 ~ 현재 : 경희대학교 전자전파공학과 석사과정
- 주관심분야 : Multimedia Streaming, QoS, CLO

이 용 헌

- 2006년 2월 : 경희대학교 전자공학과 학사
- 2008년 2월 : 경희대학교 전자공학과 석사
- 2008년 3월 ~ 현재 : 경희대학교 전자전파공학과 박사과정
- 주관심분야 : Multimedia Streaming, QoS, CLO, Game theory

저 자 소 개

박 광 훈

- 1985년 2월 : 연세대학교 전자공학과 학사
- 1987년 7월 : 연세대학교 전자공학과 석사
- 1991년 1월 : Case Western Reserve University, Dept. of EEAP 석사
- 1995년 1월 : Case Western Reserve University, Dept. of EEAP 박사
- 1995년 3월 ~ 1997년 2월 : 현대전자 멀티미디어연구소 책임연구원
- 1997년 3월 ~ 2001년 2월 : 연세대학교 문리대학 전산학과 부교수
- 2001년 3월 ~ 현재 : 경희대학교 컴퓨터공학과 교수
- 주관심분야 : 멀티미디어, 비디오 신호처리, 패턴인식, 영상처리, 계산지능

김 규 헌

- 1989년 : 한양대학교 공과대학 전자공학과 학사
- 1996년 : Department of Electrical & Electronic Engineering, University of Newcastle upon Tyne, UK (Ph. D.)
- 1996년 8월 ~ 1997년 7월 : Research Fellow at University of Sheffield, UK
- 1997년 9월 ~ 2006년 2월 : 한국전자통신연구원 대화형미디어연구팀장
- 2001년 7월 ~ 2005년 7월 : MPEG 한국대표단장
- 2005년 9월 ~ 2006년 2월 : 과학기술연합대학원대학교 (UST) 부교수
- 2006년 2월 ~ 현재 : 경희대학교 전자정보대학 부교수

정 영 식

- 1983년 2월 : 홍익대학교 전자계산학과 학사
- 1993년 2월 : 한남대학교 전자계산학과 석사
- 1983년 2월 : 한국전자통신연구원(ETRI) 입소
. 2001년 2월 ~ 2002년 1월 : ETRI 라우팅프로토콜팀장
- 1983년 3월 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 책임연구원
- 주관심분야 : 시스템 소프트웨어, 라우팅 소프트웨어, 통신 소프트웨어, WLAN

허 재 두

- 1987년 : 경북대학교 전자공학과 학사
- 1990년 : 경북대학교 대학원 석사
. 2000년 : 경북대학교 대학원 정보통신공학과 박사
- 1987년 : 한국전자통신연구원(ETRI) 입소
. 2000년 ~ 2003년 : ETRI 네트워크연구소 팀장
. 2004년 ~ 현재 : ETRI 융합기술연구부문 센서네트워킹응용연구팀장, 국제표준전문가, TTA WPAN PG의장
- 주관심분야 : ZigBee 기술, UWB 기술, 센서 네트워킹 프로토콜, WPAN/WLAN, 상황인지 컴퓨팅 기술

서 덕 영

- 1980년 2월 : 서울대학교 원자핵공학과 학사
- 1985년 6월 : Georgia Tech 핵공학과 석사
- 1990년 6월 : Georgia Tech 전자공학과 박사
- 1990년 9월 ~ 1992년 3월 : 상공부 생산기술연구원 HDTV 연구개발단 선임연구원
- 2002년 2월 ~ 2003년 2월 : 미국 North Carolina State Univ. 방문교수
- 1992년 3월 ~ 현재 : 경희대학교 전자공학과 정교수
- 주관심분야 : Networked Video