

크로스레이어 디자인에서 사이드 인포메이션을 활용한 채널 추정 및 예측

조용주^{a)}, 차지훈^{a)}, 김옥중^{b)‡}

Channel Estimation and Prediction in Cross-Layer Design Using Side-information

Yongju Cho^{a)}, Jihun Cha^{a)}, and Wook-Joong Kim^{b)‡}

요약

MPEG에서 진행 중인 MPEG Media Transport(MMT) 표준화는 IP기반 방송통신융합망에서 효과적인 멀티미디어 전송을 목적으로 하고 있다. 본 고에서는 MMT 제안 기술로서, 유선망에 비해 채널의 변화가 많은 무선망에서 효과적인 멀티미디어 전송을 위해 제안된 크로스레이어 디자인(Cross Layer Design-CLD)에서의 신호세기(signal strength information) 활용 방법을 소개한다. 무선환경에서 신호세기를 활용하면 매우 효율적인 멀티미디어 전송이 가능함은 관련 연구 논문[1]-[5]을 통해 증명되었다. 하지만, 무선채널의 특성상 서로 다른 신호세기의 범위를 사용함으로써 신호세기 정보의 유용성에도 불구하고 레이트 어댑테이션 애플리케이션에서 활용하는데 제한이 있어왔다. 따라서 본 논문에서는 MMT 표준화 기술 기고로 제안된 무선채널 신호세기 정보의 범위를 표준화된 형식으로 활용하는 방법에 대하여 기술한다.

Abstract

The objective of MPEG Media Transport (MMT), which is on going standard, is to develop efficient delivery of media over packet based networks in an adaptive, progressive, download/streaming fashion over various IP based networks, including terrestrial, satellite and cable broadcast networks. In this paper we introduce utilization of signal strength information based on Cross Layer Design(CLD) to efficient multimedia delivery over wireless network in which in practice the wireless conditions can vary significantly. Many recent studies have shown that a significant improvement in wireless video throughput can be achieved by utilizing signal strength information on CLD [1][2]. Despite of its usefulness, however, it was difficult to employ signal strength information in rate adaptation applications due to different representation of signal strength information for each underlying wireless network. To that end, we proposed syntax and semantics of signal strength information in such a way that the information can be interpreted in the unified way. The proposed signal strength information was proposed for the MMT standardization.

Keyword : Cross Layer Design, Signal to silence ratio, Rate Adaptation Control, Channel Prediction, Wireless Video

1. 서론

MPEG Media Transport (MMT)은 방송, 위성, 브로드케스트 네트워크 등 IP 기반 유무선 통합 환경에서 적응적(adaptive), 점진적(progressive) 다운로드 또는 스트리밍을 위한 효과적인 멀티미디어 전송기술의 표준화를 목적으로

a) 한국전자통신연구원 방통융합미디어연구부
Broadcasting & Telecommunications Media Research Dept.
b) 우송대학교 방송미디어학부
School of Broadcasting Media, Woosong University
‡ 교신저자 : 김옥중 (wjk@wsu.ac.kr)
※ 본 논문은 정부출연급 사업 “휴먼융합형 파노라마 기술 개발(11Z11160)” 사업의 일환으로 수행한 연구로부터 도출된 것이다.
· 접수일(2011년7월18일), 수정일(2011년8월19일), 게재확정일(2011년8월19일)

로 진행 중에 있다. 이와 관련하여 채널의 변화가 많은 무선망 전송환경의 경우, 멀티미디어 전송에 신호세기(signal strength) 정보를 활용이 효율적이라는 점이 많은 관련 연구를 통해 입증되었다^{[1][5]}. 신호세기정보는 단말이 얼마나 좋은 무선에 연결되었는지를 알 수 있는 유용한 정보로, 이 정보를 이용하면 채널용량 예측이 가능하며, 패킷 손실율(Packet Error Rate-PER)의 사용에 있어서도 보다 정확한 채널 추정이 가능하다. 무선 네트워크는 신호세기가 약해 에러가 너무 많이 존재하여 전송이 거의 되지 않는 bad 영역; 오피스환경과 같이 칸막이 등으로 Access Point(AP)가 가려져있거나 여러 단말이 동시에 하나의 AP에 접속하여 시간에 따라 채널이 급격히 변하는 transition 영역; 그리고 AP에 가까운 곳에 위치하여 에러가 거의 존재하지 않는 strong 영역으로 구분할 수 있다. 따라서 이러한 신호세기에 따른 영역 정보는 채널 추정에 중요한 변수 역할을 할 수 있다. 하지만, 현재 사용되는 다양한 무선채널의 신호세기 범위(최고, 최소 신호세기 값)는 각 무선채널마다 상이하기 때문에, 레이트 어댑테이션 애플리케이션에서 호환적인 신호세기 정보를 사용하기 위해서는 표준화된 신호세기 표현이 요구된다. 본 논문에서는 무선채널의 신호세기 정보를 이용한 효율적인 멀티미디어 전송 방안 및 다양한 무선 네트워크에서 표준화된 형식으로 활용할 수 있는 방법을 제시한다 [6][7].

II. 크로스레이어 디자인(CLD)에서 신호세기(Signal Strength) 정보를 활용한 채널 용량 추정 및 예측

1. 크로스레이어 디자인 구조 및 애플리케이션

무선 환경에서 다양한 간섭은 비트에러를 유발하며, 이는 무선단말의 패킷손실에 의한 비디오 품질 저하를 초래하게 된다. 따라서, 이러한 무선환경에서의 비트에러에 대응할 수 있는 방법에 대하여 많은 연구가 진행되었으며, 그 연구들 중에서 네트워크 레이어간 정보를 공유할 수 있는 크로스레이어 디자인의 성능이 입증되면서 많은 관심을 받게 되었다.

본 논문에서는 레이어간의 다양한 정보 중에서 MAC 레이어로부터 활용할 수 있는 신호세기 정보 활용을 통한 멀티미디어 전송 애플리케이션을 소개한다. 참고로, 신호세기 정보는 모든 무선 MAC 디바이스 드라이버에 이미 존재하지만, 다른 네트워크 레이어에서는 활용하지 못하고 있다. 제시한 적응적 전송을 제어 애플리케이션(Rate Adaptive Application)은 오류정정코드(Forward Error Correction-FEC) 기반의 서버와 무선 단말로 구성된다(그림 1). 단말은 무선망으로 전송된 패킷 수신 시, MAC레이어로부터 해당 패킷의 신호세기 정보를 받고, 이 정보를 이용하여 추정된 채널용량은 RTCP등의 프로토콜을 이용하여 주기적으로 서버로 전송할 수 있다. 그리고 서버는 이를 이용하여 채널 예측 및 최적의 채널 코딩(Channel Coding)을 통해 멀티미디어 정보를 단말로 전송한다.

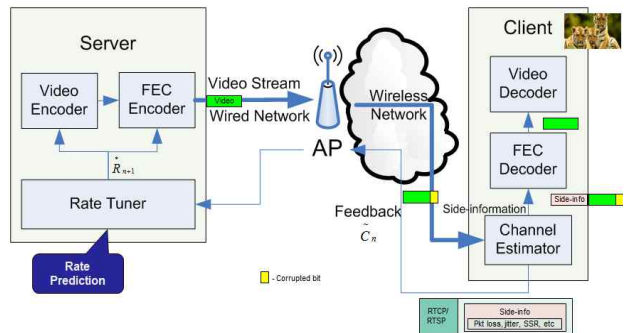


그림 1. 신호세기 정보기반 적응적 전송을 제어 애플리케이션
Fig. 1. Rate adaptation architecture utilizing signal strength information

2. 신호세기정보를 활용한 채널 추정 및 예측

그림 2는 IEEE802.11b망에서 수집한 데이터(error trace) 분석을 통해 얻은 신호세기와 채널의 상관 관계를 보여주고 있다. 앞 장에서 설명한 바와 같이, 신호세기에 따라 무선 네트워크 환경은 에러가 많은 bad 영역, 오피스환경의 transition 영역, 그리고 에러가 거의 존재하지 않는 strong 영역으로 구분할 수 있다. 일반적으로 약 20-40%의 PER이 존재하는 대부분의 무선통신 환경은 오피스이기 때문에, transition 영역에서의 멀티미디어 전송 방안 도출이 가장 효과적이며 현실적이라고 할 수 있다^[1].

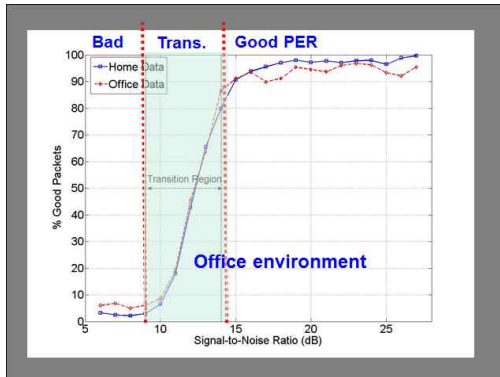


그림 2. IEEE802.11b에서 신호세기에 따른 채널의 변화
 Fig. 2. Relationship between channel (or BER) and signal strength for an underlying wireless channel, IEEE 802.11b.

그림 2에서와 같이 신호세기는 BER과 밀접한 관계를 가지고 있기 때문에, 현재 접속 중인 무선망의 신호세기에 따른 평균 BER을 이용하여 채널용량을 추정하는 것이 가능하다^[1]. 추정된 채널용량 정보는 RTCP 등의 프로토콜을 이용하여 주기적으로 서버로 전송하며, 서버는 이 정보를 활용하여 아래의 수식 1을 이용한 코딩레이트를 예측한다. 수식 1은 전송할 비디오의 RD (rate-distortion) 함수와 예측 오류 분포의 조합으로 도출한 최적의 코딩레이트 예측함수이다. 본 논문에서 수식 1의 자세한 설명은 생략하고 참고문헌 [1]을 참조하도록 한다.

3. 실험 및 성능 분석

표 1은 1장과 2장에서 제시한 크로스레이어 디자인 기반 신호세기정보를 활용한 멀티미디어 전송 성능 실험 결과를 보여주고 있다^[1]. 실험결과가 보여주는 바와 같이 신호세기 정보를 이용할 경우 패킷손실율을 사용한 conventional 프로토콜 기반의 멀티미디어 전송 성능에 비해 (11Mbpsphysical layer전송 시) 약 6dB의 비디오 품질 향상을 도출 할 수 있었다. 참고로, 낮은 비트율에서는 상대적으로

표 1. 프로토콜별 비디오 품질기반 적응적 전송을 제어 성능 비교 [1]
 Table 1. Rate adaptation performance comparison in terms of video quality in dB

Phy (Mbps)	Pkt Xmit Rate (Kbps)	Actual Channel (PSNR (dB))	CLD (dB)	Conventional (dB)
2	500	28.96	27.67	27.81
	750	31.02	30.74	30.78
	900	31.93	31.51	31.25
	1024	32.52	32.43	32.31
	avg	31.11	30.59	30.53
5.5	500	29.00	27.92	28.23
	750	30.88	29.39	29.84
	900	31.90	30.78	29.98
	1024	32.47	32.38	30.95
	avg	31.06	30.11	29.75
11	500	29.00	27.59	25.22
	750	30.88	29.53	30.18
	900	31.78	30.67	22.73
	1024	31.99	30.12	15.01
	avg	30.91	29.47	23.28

낮은 에러로 인하여 비교하는 방법간의 차이가 크지 않음을 확인할 수 있었다.

신호세기를 활용할 경우 효율적 멀티미디어 전송이 가능한 이유는 그림 3과 4에서 잘 보여주고 있다. 패킷전송을만 사용할 경우, 그림3 (a)와 (b)의 차이를 구별할 수 없어 동일한 채널로 간주하게 된다. 즉, 정확한 채널의 특성(예: 채널용량)을 파악하는데 한계가 있을 수밖에 없다. 이는 그림 4에서 보여주듯이 채널용량의 손실이 나타나며 비디오 품질저하의 결과를 초래한다.

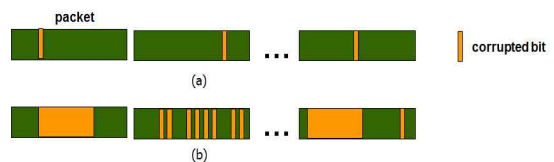


그림 3. 패킷손실율 정보를 사용할 경우 채널의 비트에러율 예측이 어렵기 때문에 ((a)와 (b)의 차이를 구별할 수 없음), 멀티미디어 전송 시 채널효율측면에서 한계가 있음
 Fig. 3. In case that the number of packet loss only used, it is impossible to distinguish (a) from (b), i.e., it can be used in a limited bound in terms of delivery efficiency or channel utilization

$$\hat{R}_n = \underset{R_n (0 \leq R_n \leq 1)}{\operatorname{argmax}} Q(R_n T) + Q(|R_n - C_n|) \frac{\int_{-\hat{C}_n}^{R_n - \hat{C}_n} \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_\epsilon}} \exp\left(\frac{-e_n^2}{2\sigma_\epsilon^2}\right) de}{\int_{-\hat{C}_n}^{1 - \hat{C}_n} \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_\epsilon}} \exp\left(\frac{-e_n^2}{2\sigma_\epsilon^2}\right) de} \quad (1)$$

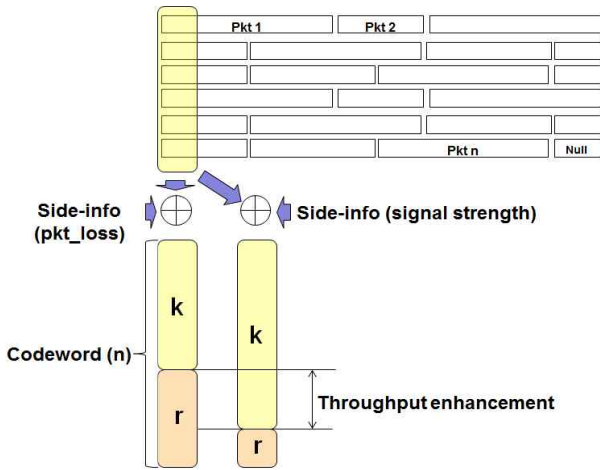


그림 4. 패킷손실 정보를 이용할 경우와 신호세기 정보를 이용할 경우의 채널 활용 차이
 Fig. 4. The difference of channel utilization performance between usage of packet loss number and of signal strength information in terms of throughput

4. MMT 제안 내용

이와 같이 무선환경에서 크로스레이어 디자인에 기반한 효율적인 멀티미디어 전송을 위해서는 신호세기정보의 활용이 필수적이다. 하지만, 현재 사용되는 다양한 무선채널은 각 채널의 특성상 서로 상이한 신호세기의 범위(최고 및 최소값)를 사용한다. 따라서 다양한 적응적 전송을 제어 애플리케이션에서 호환적인 신호세기 정보를 사용하기 위해서는 표준화된 신호세기 표현이 필요하다. 이에, 저자는 신호세기의 호환적 활용을 위해 표 2와 같은 정보 구조 및 내용을 정의하여 MMT에 제안하였다. 각 무선네트워크에서 사용 중인 신호세기의 범위를 최고값과 최소값을 이용하여 균일화(normalization)하게 되면, 다양한 네트워크

표 2. 제안한 신호세기 정보 구조 및 내용 [3]
 Table 2. Proposed syntax and semantics of signal strength

	# of bits	Description
Max SSR	8	The maximum signal strength of an operating channel
Min SSR	8	The minimum signal strength of an operating channel
Region Type	2	It indicates region of signal strength-Low, Transition, Strong region
Reserved	6	Reserved
Signal Strength	8	Signal strength in dB

서의 신호세기 정보 활용이 가능해 진다. 또한, 영역정보 (Region Type)를 활용하면 다양한 전송 방법 중에서 가장 효율적인 방법을 선택하는데 도움이 된다. 일례로, strong region의 경우, 예러가 거의 존재하지 않는 LoS일 경우를 나타내므로 오류정정코드를 사용하지 않고 전송함으로써 계산량 증가 없이 효과적인 멀티미디어 전송이 가능해 진다. 표 2에서 제안한 내용은 현존하는 프로토콜(예, RTSP) 또는 MMT에서 정의할 수 있는 시스널링 프로토콜을 활용하여 서버와 단말의 정보교환이 가능하다.

IV. 결론

본 논문에서는 다양한 간섭으로 인해 채널의 변화가 많은 무선환경에서 신호세기 정보 활용을 통한 효율적인 멀티미디어 전송 방안과 결과를 도출 하였다. 또한 저자는 신호세기 정보의 유용성을 바탕으로 다양한 무선 네트워크에서 표준화된 신호세기 정보 표현 방안을 현재 표준화가 진행 중인 MMT에서 적용할 기술로 제안한 내용을 소개 하였다. 제안 내용은 MMT에서 목적으로 하는 다양한 네트워크에서의 효과적인 멀티미디어 전송 기술의 표준화에 효과적으로 이용될 것으로 기대한다.

참고 문헌

- [1] Y. Cho, S. Karande, K. Misra, H. Radha, J. Yoo, J. Hong, "On Channel Capacity Estimation and Prediction for Rate Adaptive Wireless Video," IEEE Trans. on Multimedia, vol. 10, Nov. 2008.
- [2] Y. Cho, Hayder Radha, Jungil Seo, Jungwon Kang and Jinwoo Hong, "Multi-hop Rate Adaptive Wireless Scalable Video Using Syndrome-Based Partial Decoding," ETRI Journal, vol.32, no.2, Apr. 2010.
- [3] S. Karande and H. Radha, "Hybrid Erasure-Error Protocols for Wireless Video," IEEE Transactions on Multimedia, Feb. 2007.
- [4] L. Larzon, M. Degermark, and S. Pink, "UDP Lite for Real Time Multimedia Applications," IEEE International Conference of Communications (ICC), Vancouver, June 1999.
- [5] A. Singh, A. Konrad, A. D. Joseph, "Performance Evaluation of UDP Lite for Cellular Video," NOSSDAV, 2001.
- [6] Y. Cho, J. Cha, "Utilization of signal strength information from MAC layer for MMT," MPEG m19388, Jan 2011.
- [7] Y. Cho, J. Cha, "Updated MMT CfP response," MPEG m20025, Mar 2011.