

U-city를 위한 네트워크 상황 적응적인 실시간 비디오 스트리밍

안성원, 유혁
고려대학교 컴퓨터·전파통신공학과
e-mail: swahn@os.korea.ac.kr

Network Condition Adaptive Live Video Streaming for U-city

Sung-Won Ahn, Chuck-Yoo
Dept of Computer and Radio Communications Engineering, Korea University

요 약

비디오 데이터를 실시간으로 스트리밍 할 때, 전송되는 데이터의 손실을 최소화 하고, 안정적인 전송을 가능하도록 하는 것은 매우 중요하다. 무선으로 동작하는 사용자 디바이스가 위치한 환경이 통신을 하기에 적합하지 않은 상황에 놓인 경우에도 위급한 상황을 탈출하기 위한 끊어짐 없는 비디오 스트리밍이 필요할 수 있다. 이를 위해 네트워크의 상태에 따라서 실시간성을 보장하기 위한 적응적 스트리밍 기법이 필요하다. 이 논문에서는 다가올 U-City 환경에서 다양한 형태의 사용자 디바이스를 지원하고 비디오 데이터를 통한 통합형 관리 체계를 위한 네트워크 적응적인 실시간 미디어 데이터 전송 기법을 제시한다.

1. 서론

사회가 지향하는 U-city에서는 다양한 미디어 데이터의 수집과 처리 그리고 실시간의 전송이 필요 하다. 미디어 데이터는 특히 비디오의 경우 그 용량이 크고 복잡하므로 데이터를 처리하기 위해서는 많은 기술력을 요한다. U-city에서는 다양한 상황에 걸쳐 실시간 비디오 데이터의 송수신이 널리 그리고 유용하게 쓰이며 또한 필요 하다. 이러한 상황들은 지하구조물 및 건축물의 자연재해나 인위적 재난이 될 수 있고, 공공장소의 관리, 감시가 필요한 곳에서의 감시를 통한 시설 관리와 범죄 예방 등이 될 수 있다. 이처럼 다양한 상황에서의 실시간 비디오 데이터의 다양한 상황에 맞는 실시간 데이터의 전송을 위해서는 통합형 미디어 관리 체계가 필요하다.

비디오 데이터의 실시간 유무선 전송을 하기 위해서는 데이터의 안정적인 전송을 위해 안정적인 네트워크의 지원이 있어야 한다. U-city 내에 복잡하고 다양하게 존재하는 유무선 네트워크는 사용 가능한 대역폭이 여러 가지 이유로 인하여 수시로 변한다. 예를 들어, 휴대폰이나 PDA, 비디오 전송을 위한 장치 등의 무선으로 동작하는 사용자 디바이스가 위치한 환경이 통신을 하기에 적합하지 않은 상황에 놓인 경우를 생각해 보자. 그것은 우리가 일상생활에서 통신 신호가 미약한 엘리베이터 같은 곳에 위치한 상황이 될 수 있다. 또는 소방대원들의 휴대 장비에 부착된 카메라로 데이터를 송수신해야 하는 구조 상황이 될 수도 있다. 사용자들의 휴대폰이나 PDA 같은 무선

단말기로 지하구조물과 같은 곳에서의 사고발생시 사용자 의 현재위치와 최적의 탈출경로 등을 제공하기 위해서 사용자들은 그곳에 설치된 카메라로부터 끊김 없는 비디오 데이터의 스트리밍이 필요하게 된다.

사용자가 어떤 상황에 놓여 있든, 실시간 비디오 데이터의 전송이 필요한 상황에서 비디오 데이터의 손실을 최소화시키는 것은 필수적인 요소이다. 또한 비디오 데이터의 끊김 없는 안정적인 전송도 고려해야 할 사항이다. 이러한 비디오 스트리밍 시스템을 가능하도록 하기 위해 네트워크의 상태에 따른 적응적인 스트리밍 기술이 필요하다. 이 논문에서는 현재 실시간 스트리밍을 위하여 널리 쓰이고 있는 H.263 코덱을 이용하여 적응적인 비디오 스트리밍 기술의 구현을 제시한다.

2. 실시간 Scalability를 보장하기 위한 H.263 과 H.264 SVC 코덱

가장 최신 코덱들 중 하나로 널리 알려진 H.264 SVC(Scalable Video Coding)[9][10] 표준은 네트워크에 상당히 친화적인 코덱으로 개발되었다. 비디오 데이터를 계층적인 인코딩을 통하여 한 개의 원본 이미지를 여러 개의 화질과 용량으로 제공할 수 있다. 따라서 Scalability 즉, 다양한 디바이스를 가진 사용자들의 플랫폼을 지원해 줄 수 있다. 또한 사용자들의 다양한 요청에 따른 여러 등급의 비디오 품질을 적절히 제공해 줄 수 있다. 그러나 H.264 SVC 의 특성상 인코딩시의 연산량이 매우 크기 때

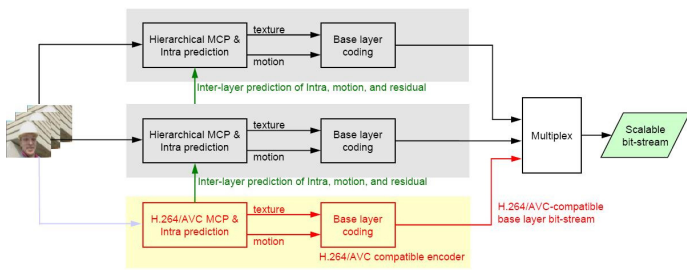
문에 상당한 성능의 하드웨어적인 지원이 없이는 실시간 스트리밍에 적합하지 않다. 따라서 이 논문에서 구현한 네트워크 적응적인 실시간 비디오 스트리밍은 기본적으로 H.263 코덱을 따른다.

3. Quality of Scalability

비디오 데이터 스트림의 Scalability 는 H.264 SVC 코덱에서 제공방식 이외에 다른 방법으로도 제공 되어 질 수 있다. Quality Scalability[7]는 일반적으로 기본 계층과 상위 계층의 계층구조를 통하여 비트스트림을 구성한다. Quality Scalable 부호화의 경우, 기본 계층은 서비스 가능한 최저화질의 영상을 부호화한 정보를 담고 있고 상위 계층은 기본계층 영상의 화질을 개선시키기 위한 추가정보를 담고 있다. 상위 계층은 일반적으로 기본 계층에서 복원된 영상과 c원영상과의 차이 값을 보상하는 정보로 구성 된다. 상위 계층은 하나 이상의 복수 개로 존재할 수 있으며 이 경우 상위 계층은 기본 계층 혹은 바로 아래의 상위 계층을 통해 최종 복원된 영상을 추가적으로 개선하기 위한 정보를 담고 있다.

기본 계층은 기존 비디오 부호화 방식과 동일한 방법으로 I 또는 P 슬라이스의 부호화되므로 종래 비디오 표준을 통해 복호 가능하다. 상위 계층에서는 EI 혹은 EP 슬라이스로 부호화 될 수 있는 EI 슬라이스는 아래 계층의 영상만을 이용하여 부호화 하며 EP 슬라이스는 아래 계층과 더불어 동일 계층의 이전 영상을 참조 하여 움직임 보상을 통해 부호화 한다.

Quality scalable은 부호화 기술에 따라 CGS MGS FGS[1][3][4][6] 세 가지로 분류 된다. CGS(Coarse Grain Scalability)는 상위 계층들이 기본 계층의 정보를 이용하여 부호화 되며 상위 계층의 영상 간에 움직임 보상도 가능하다. 상위 계층에서 영상을 부호화 시킴으로써 움직임 정보, 움직임 보상된 잉여 정보, 그리고 텍스처 정보들은 기본 계층을 포함한 아래 계층의 정보를 이용하여 예측 부호화 함으로써 부호화 효율을 향상시킬 수 있다.



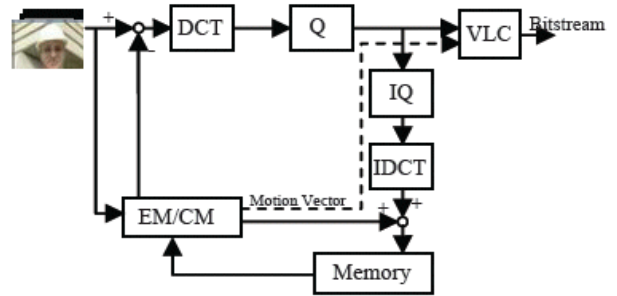
<그림 1> CGS 의 Quality Scalability

CGS의 경우 부호화로 커버해야 하는 전체 비트율 구간의 최소 20% 단위로 계층적 부호화가 가능해야 하며 MGS(Fine Grain Scalability)의 경우 최소 10%,FGS의 경우 byte단위로 scalable 부호화가 가능하다. FGS(Fine Grain Scalability)는 byte단위로 영상의 복원이 가능하므

로 거의 무한개의 상위 계층이 존재할 수 있다. FGS는 bit plane 단위로 전송하는 방식으로 엔트로피 부호화에 차이가 생긴다. FGS가 만족되는 경우 MGS와 CGS가 포함되며 MGS의 경우 CGS를 포함한다.

4. 네트워크 적응적 실시간 스트리밍

실시간 스트리밍에 Quality Scalability 를 제공하게 되면 다양한 네트워크 상태를 지원하는 것이 가능해진다. H.263 비디오 데이터의 인코딩 과정은 <그림 2> 와 같다.



<그림 2> 인코딩 과정

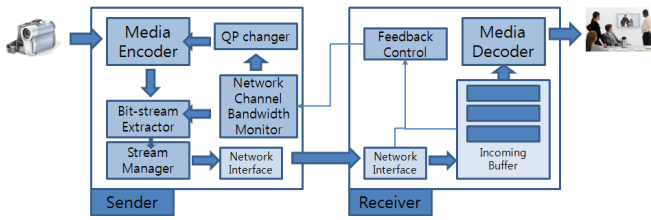
<그림 2>의 양자화 과정(Q)은 DCT(Discrete Cosine Transform) 연산 이후 사람의 눈에 영향이 적은 고주파 성분을 효과적으로 제거하기 위해 수행된다. 데이터의 인코딩은 양자화 과정에서 비디오 데이터의 화질의 변화와 데이터의 용량을 줄이는데 큰 역할을 한다. 따라서 네트워크의 채널 상태를 여러 개의 등급으로 정하고 그에 따라 양자화 변수(Quantization Parameter) 값을 변경하여 다양한 화질과 용량을 제공할 수 있다. 압축률에 따른 화질 변화와 데이터의 용량 상태의 비교는 <그림 3> 과 같다.

QP	압축률	용량	화질	네트워크상태
8	낮음	큼	좋음	양호
10	↕	↕	↕	↕
12	↕	↕	↕	↕
16	높음	작음	나쁨	나쁨

<그림 3> 압축률에 따른 데이터 화질/용량 변화 비교

QP(Quantization Parameter)의 변화에 QP 값이 높을수록 압축률이 높아지며, 데이터 인코딩시에 발생하는 손실을 또한 커지게 된다. 따라서 화질은 블록현상이 증가하면서 나빠지게 되고 데이터의 용량은 작아지게 된다. 이렇게 작은 용량의 데이터는 네트워크의 대역폭 제공이 원활하지 않을 때 사용 될 수 있다. 화질의 저하라는 비용 지불에도 불구하고 QP 값을 변경하는 것은 그만큼 실시간성을 보장하기 위해서이다. 네트워크의 상태가 나빠질 때 전송율을 조절하는 것은 끊임 없는 데이터의 전송을 보장하기가 어렵다. 화질을 저하시켜 전송 용량 자체를 낮추게 되면, 실시간성이 꼭 필요한 시스템을 위한 효과적인 방법

이 될 수 있다. 이 논문에서 제안한 네트워크 적응적인 실시간 미디어 스트리밍 시스템의 전체적인 구조는 <그림 4> 와 같다.

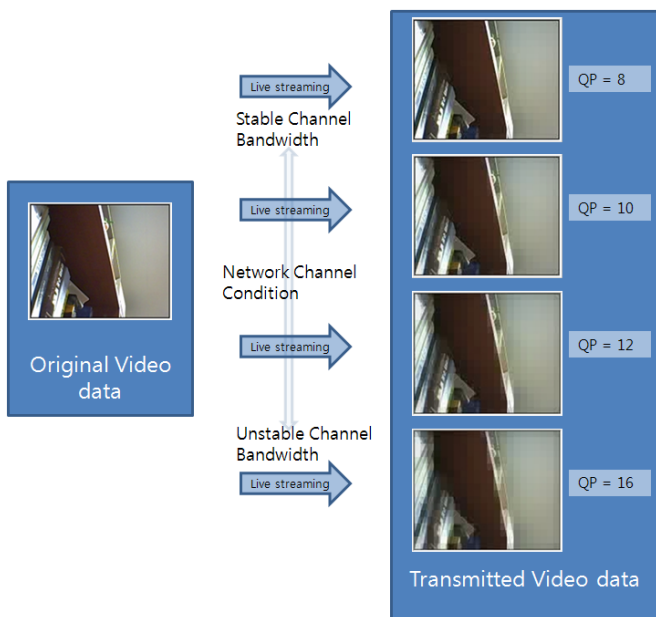


<그림 4> 시스템 구조

비디오 데이터를 인코딩 하여 송신하는 송신측은 장비에 장착된 카메라를 이용하여 비디오 데이터를 인코딩 한다. 이때 Network Channel Bandwidth Monitor 모듈은 송신측이 속해있는 네트워크의 상태를 파악하고 그에 따른 전송률을 조절하게 된다. 또한 네트워크 상태가 양호한지 양호하지 않은지를 파악하여 QP changer 를 통하여 인코더가 미리 정해놓은 양자화 변수 값을 변경하도록 한다. <그림 3>에서 처럼 다양한 양자화 변수를 통해 데이터 전송의 용량을 조절 하는 것이 가능하다. 수신측의 Feedback Control 을 통하여 네트워크의 채널 상태를 파악하는데 용이함을 추가했다.

5. 구현

<그림 5> 는 네트워크 적응형 실시간 비디오 스트리밍을 보여준다. 전송 화면은 QCIF(176x144) 사이즈의 스트리밍 데이터 이다.



<그림 5> 네트워크 적응형 비디오 스트림

이 시스템은 WLAN 망에서 수행되도록 설계되어 있고, 차후 업그레이드를 통해 다양한 네트워크 인터페이스 채

널을 지원 할 수 있는 형태로 발전시킬 예정이다. 그림 좌측은 오리지널 비디오 데이터 이다. H.263의 양자화 변수의 default 값은 8로 설정이 되어 있다. 전송하는 네트워크의 상태가 양호 할 경우 QP값의 변동 없이 전송이 이루어진다. 만일 네트워크 상태가 악화되어 전송률이 저하되게 되면 비디오 데이터 인코딩 비율을 변경하여 각 단계별로 차별적인 전송이 가능하다. 그림의 오른쪽은 수신측의 전송받은 데이터 이다. 실험에서는 4가지의 QP 값을 정하여 네트워크의 상태에 따라 4단계의 전송 모드를 보였는데, 이것은 네트워크의 상태에 따라 또는 목적에 따라 얼마든지 변경되어 질 수 있다. QP=8 인 경우와 QP=16 인 경우의 화질을 보면 QP=16 일 때의 화질은 높은 압축률에 따라 블록화 현상이 보인다. 기본적으로 양자화 과정은 손실 압축이기 때문에 높은 압축률이라는 것은 그만큼 효율적으로 압축을 했다는 것이 아니라 화질의 저하를 초래한다. QP=16 일 때의 화질은 QP=8 일 때의 화질보다 떨어지지만 그만큼 적은 용량의 Bitrate 를 갖는다. 따라서 네트워크 상황이 좋지 않을 때 적은양의 대역폭만 가지고도 전송이 가능하게 된다. 실시간 비디오 전송은 현재 촬영하는 화면이 무엇이냐에 따라서 또한 그 용량이 달라지게 되므로 <그림 6> 을 통하여 화질과 압축비율 Bitrate의 상관관계에 대한 예를 들어 보았다.

Description	Average PSNR(dB)	Bitrate(Kbit/s)	Compression Ratio
Miss America(QCIF), 30fps	-	9124	1:1
10fps, 20Kbps	38.51	22.81	133:1
10fps, 50Kbps	41.75	56.70	54:1
10fps, 100Kbps	43.98	112.09	27:1
10fps, 500Kbps	48.38	505.61	6:1

Description	Average PSNR(dB)	Bitrate (Kbit/s)	Compression Ratio
Carphone(QCIF), 30fps	-	9124	1:1
10fps, 20Kbps	29.79	21.83	139:1
10fps, 50Kbps	32.82	52.76	58:1
10fps, 100Kbps	36.0	105.47	29:1
10fps, 200Kbps	44.5	522.4	6:1

<그림 6>네트워크 상태 및 압축상태에 따른 Bitrate 비교

Miss America, Carphone 이라는 두 개의 QCIF 비디오 데이터를 예로 들었다. 그림 6에서 보는 바와 같이 네트워크의 전송 상태가 떨어질수록 높은 압축율과 낮은 화질 (PSNR: Peak Signal Noise Ration) 을 갖는다. 또한 네트워크의 전송상태가 좋을 때는 낮은 압축율로 높은 PSNR 을 제공 할 수 있다.

6. 결론 및 향후과제

비디오 데이터를 실시간으로 스트리밍 할 때, 전송되는

데이터의 손실을 최소화 하고, 안정적인 전송을 가능하도록 하는 연구는 필수적이다. 다가올 U-City 환경에서 다양한 형태의 사용자 디바이스를 지원하고 비디오 데이터를 통한 통합형 관리체계를 위해서는 앞서 언급한 연구의 필요성은 더욱 중요해 진다.

이 논문에서는 U-City 를 위한 네트워크 적응적인 실시간 미디어 데이터 전송 기법을 제시하였다. 사용자의 디바이스가 속한 네트워크의 상태에 따라서 비디오 데이터의 전송용량을 조절하여 보다 안정적이고 끊김 없는 스트리밍을 제공한다. 이러한 기법은 U-City 의 환경의 비디오 스트리밍 시스템에 다양하게 활용 가능하다.

향후 실시간 스트리밍을 위한 H.264 SVC 의 하드웨어적 제약을 완화할 수 있는 방법의 모색이 필요하다. 또한 SVC 의 특성을 이용한 실시간 스트리밍은 보다 나은 화질과 좀 더 다양한 등급의 비디오 데이터를 전송 할 수 있다. 또한 다중경로를 이용한 스트리밍으로 데이터 전송 시에 에러 내성을 높일 수 있다.

Acknowledgment

본 연구는 '서울시 지능형 도시 개발 사업' 의 결과물로서 서울시 산학연 협력사업의 지원으로 수행된 연구입니다.

참고문헌

- [1] Miao, H., Q. Zeng, and X. Liu. A Low-Delay FGS Rate Allocation Method for Real-Time Application. 2008.
- [2] Kuschnig, R., et al., Design options and comparison of in-network H. 264/SVC adaptation. Journal of Visual Communication and Image Representation, 2008.
- [3] Gopalakrishnan, A.P., H. Yousefi'zadeh, and H. Jafarkhani. A Performance Evaluation of H. 264 FGS Sequences over Hybrid Networks. 2008.
- [4] Deng, Y., Q. Peng, and C. Zhu. A Novel Hybrid Open-Close Loop FGS Coding Framework Based on Key Reference Picture Selection. 2008.
- [5] Wang, Y., et al., System and Transport Interface of SVC. IEEE TRANSACTIONS ON CIRCUITS AND SYSTEMS FOR VIDEO TECHNOLOGY, 2007. 17(9): p. 149.
- [6] Seo, K. and K. Roh. Advanced FGS Coding Scheme Based on MPEG-4 FGS Technology. 2007.
- [7] Benierbah, S. and M. Khamadja, A New Technique for Quality Scalable Video Coding With H. 264. Circuits and Systems for Video Technology, IEEE Transactions on, 2005. 15(11): p. 1332-1340.
- [8] Xiang, Z., et al., Peer-to-peer based multimedia distribution service. Multimedia, IEEE Transactions on, 2004. 6(2): p. 343-355.
- [9] Wiegand, T., et al., Overview of the H. 264/AVC video coding standard. Circuits and Systems for Video Technology, IEEE Transactions on, 2003. 13(7): p. 560-576.
- [10] Stockhammer, T., M.M. Hannuksela, and T. Wiegand, H. 264/AVC in wireless environments. Circuits and Systems for Video Technology, IEEE Transactions on, 2003. 13(7): p. 657-673.
- [11] Richardson, I.E.G., H. 264 and MPEG-4 video compression. 2003: Wiley Chichester.
- [12] Jeon, W.J. and K. Nahrstedt, QoS-aware middleware support for collaborative multimedia streaming and caching service. Microprocessors and Microsystems, 2003. 27(2): p. 65-72.
- [13] Zhao, L., J.W. Kim, and C.C.J. Kuo. MPEG-4 FGS Video Streaming with Constant-Quality Rate Control and Differentiated Forwarding. 2002.
- [14] Fitzek, F.H.P. and M. Reisslein, MPEG-4 and H. 263 video traces for network performance evaluation. Network, IEEE, 2001. 15(6): p. 40-54.
- [15] Wenger, S., et al., Error resilience support in H. 263. Circuits and Systems for Video Technology, IEEE Transactions on, 1998. 8(7): p. 867-877.
- [16] Schwarz, H., D. Marpe, and T. Wiegand. Overview of the scalable H. 264/MPEG4-AVC extension.
- [17] Jeon, W. and K. Nahrstedt, Peer-to-peer multimedia streaming and caching service. Proceedings of ICME2002.
- [18] Cui, Y., D. Xu, and K. Nahrstedt. SMART: A Scalable Middleware Solution for Ubiquitous Multimedia Service.