

Wireless Video Communication을 위한 영상부호화 기술

정 영 하, 최 윤 식
연세대학교 기계·전자 공학부

전화 : (02) 361-2774 / 팩스 : (02) 392-4230

Technological Review of Wireless Video Communication

Young H. Jung, Yoonsik Choe
School of Mechanical & Electrical Engineering, Seoul, Yonsei University
E-mail : yschoe@bubble.yonsei.ac.kr

Abstract

Our present ability to work with video has not been confined to wired communication environment. This paper describes the new technological trend of wireless video communication. In wireless video communication, unlike wired network, several techniques are needed. At first, error robust video coding is essential. Due to characteristics of wireless channel, the system is exposed to more error prone environment. In addition, encoded video bit streams are vulnerable to the error because of the entropy coding. Recently many frameworks are developed to cope with this problem. We just explore the numerous robust video coding approaches with the viewing of error control. And more we discuss other on going research topics in this wireless video communication fields like low-power assumption design, trans-codec technique, and rate control schemes in brief.

1. 서론

이동통신에 대한 관심이 고조되면서 많은 개인용 이동통신 기기들이 보급되었으며, 이에 따른 다양한 서

비스가 개발되고 있다. 또한, 근래의 이동통신 기술이 비약적으로 발전함에 따라, 멀티미디어 데이터를 이용한 서비스까지도 급명간 구현 가능할 것으로 기대되고 있다. 이를 위해 국제적으로는 IMT-2000이라는 차세대 이동통신 표준화 과제가 ITU-T에 의해 수행되고 있으며, 이를 통한 유·무선 복합망에서의 다양한 서비스 및 기술 개발이 활발히 연구되고 있다. 그러나, IMT-2000 시스템 연구·개발의 기본적인 방향은 통신 시스템과 채널 코딩에 관한 것으로 아직까지 코덱 규격이 결정되지 않은 상태이다. 그림 1에서 보는 바와 같이 IMT-2000등의 차세대 이동통신 시스템은 그 목표를 다양한 서비스 제공 및 활용에 초점이 맞추어지고 있다. 현재까지의 연구성과 및 테스트베드 상에 구축된 시스템들은 기존의 영상코덱을 그대로 수용하고 있기 때문에 기본적인 통신시스템의 구축이 완료되는 대로 영상 서비스의 QoS를 높이기 위한 추가적인 연구들이 잇따를 것으로 예상되고 있다.

이동통신상에서 영상서비스를 할 때 문제시되는 점들은 다음과 같은 것들이 지적되고 있다.

1. 가변장 부호화 (Variable rate coding) 및 엔트로피 부호화에 의한 압축된 영상데이터는 예러의 영향에 민감하다.
2. 영상전화와 같은 응용의 경우 실시간 비디오 전송이므로 버퍼 컨트롤과 같은 적절한 Rate-control 기법이 필요하다.
3. 이중망, 즉 유선망과 무선망 등에서 만약 서로 다른 비디오 부호화 규격을 사용하고 있다면 이들을 실

시간으로 변환시켜주는 기술이 필요하다.

- 휴대용 이동단말기 시스템에서 구현을 위해서는 필연적으로 적은 양의 전원을 사용하여야 한다. 이를 위해 구현된 시스템의 저전력 소모 설계 기술이 필요하다.

이밖에도 여러 가지 요소기술에 대한 연구들이 실제로 서비스를 하기 위해서 더 필요하고 논의되어야 하지만 본 논문에서는 위의 네 가지 문제점에 대한 최근 연구경향 및 방향에 대해 언급하고자 한다. 위의 내용을 중심으로 본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 2장에서 통신상에서 생긴 에러에 대해 대처하기 위한 Robust 비디오 부호화 기술 동향에 대해 살펴보고 3장에서 Rate control과 변환부호화(Trans-Codec)기법, 저전력소모 설계 등의 기타요소기술에 대해 간략히 소개하고 4장을 통해 현재 구현된 테스트베드 시스템과 결론 및 앞으로의 연구 방향 등에 대해 논의하고자 한다.



(가) NTT-ToCoMo

(나) Siemens

그림 2 이동영상단말기 예상 구현 시스템

2. Robust Video Coding

5~12kbit/sec의 범위에서 부호화 될 수 있는 음성신호와 달리 low-bit rate의 영상부호화는 수십에서 수백 kbit/sec에 이르는 다양한 비트율을 갖게 부호화된다. 또 일반적인 데이터와 달리 영상전화와 같은 응용에서는 지연문제(delay)에 상당히 민감하기 때문에 ARQ와 같은 네트워크 프로토콜을 사용하기 어렵게 된다. 영상의 variable rate특성과 비디오 코딩시 엔트로피 부호화의 영향, 움직임보상 부호화 등의 영향으로 압축된 영상은 에러에 대해 상당히 취약해진다. 따라서 이동통신 시스템 상에서의 응용에서는 이러한 에러의 영향을 최소화할 수 있는 기법들의 연구가 요구된다.

에러에 강인한 부호화 즉, Robust Video Coding에

있어서의 연구는 크게 두 가지 방향으로 현재 진행되고 있다고 볼 수 있다. 기존표준호환가능(Standard compatible) 방법과 기존의 표준과 호환 가능하지 않은(Non-standard compatible)방법의 두 가지이다. 여기서 기존의 표준은 유선망상에서의 압축방식으로 사용되는 MPEG1,2, H.261, H.263등과 가장 진보된 방식의 에러강인성을 보이는 MPEG-4[1], H.263+[2]등을 의미한다. 기존의 표준과 호환되지 않는 방식으로서 가장 대두되고 있는 방식은 Wavelet 부호화, Vector Quantization등을 들 수 있다[3]. 그러나 본 논문에서는 우선적으로 기존의 표준과 호환 가능한 방식들에 대해 살펴보도록 한다. 기존의 표준과 호환되지 않는 방식의 Robust Video Coding은 3장에서 변환부호화 기법(Trans-Codec)등과 관련하여 다시 논의 될 것이다. 기존의 표준과 호환 가능한 방식의 예로는 Layered coding, FEC, ARQ, Source-channel combined coding, error concealment 등의 기법을 들 수 있다. 본 논문에서는 이들을 [4]에서와 같이 Forward Error Concealment와 Post Processing에 의한 Error Concealment로 나누어 살펴본다.

2. 1 Forward Error Concealment

1) FEC, ARQ approach

전통적으로 FEC는 error detection과 error correction으로 이미 잘 알려져 있는 기술이다. FEC의 사용은 전송 오버헤드가 늘어나는 효과를 갖고 이로 인해 원래 데이터의 사용 가능한 대역폭이 줄어들게 된다. H.261에서는 ISDN망상에서 18-비트의 error correction code가 계산되어지고 493 비디오 비트에 random bit error를 발견하고 이를 정정하기 위하여 덧붙여지게 된다. Packet video에서는 packet loss가 발생하면 수 백 개의 bit들이 복구되어야 하기 때문에 error correction을 적용하기 더욱 어려워진다. ARQ 역시 실시간 응용에서는 지연(delay)시간이 생기게 되므로 비효율적이다. [5]에서 Steinbach는 복호단에서 에러가 검출되면 복호기에서 부호화기 쪽으로

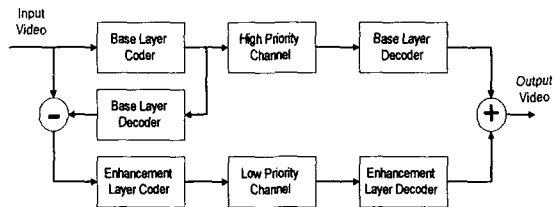


그림 3 Layered coding 과 prioritized transport 시스템의 block diagram

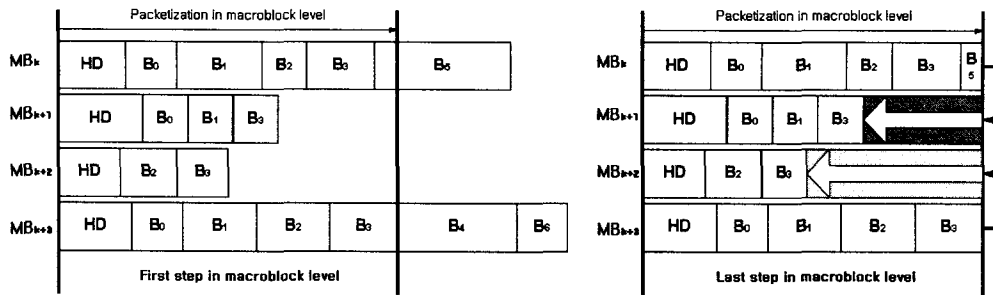


그림 4 Data Partitioning Example in [21].

NAK(Negative Acknowledgement) 신호를 보내게 되고, 이와 함께 오류은닉기법을 이용하여 복호 과정을 계속하게 되고 이때 부호화기 또한 동일한 과정을 수행하다가 오류은닉에 의한 복원영상과 부호화 영상사이의 에러가 어느 정도의 임계치를 넘어설 경우 인트라 픽처 부호화를 다시 시작하여 전송하는 방식을 제안하였다.

2) Layered Coding

비디오 통신 시스템에서 error resilience를 제공하는 가장 보편적이고 효과적인 방법은 unequal error protection과 같은 transport prioritization과 함께 사용되어진 layered coding이었다. Layered coding에 있어, 비디오 신호는 하나 이상의 그룹이나 레이어로 나누어질 수 있다[6]. 그림 3에서는 일반적인 two-layer coding과 transport system에 대해 블록 다이어그램을 보여주고 있다. Base layer는 비디오 source의 필수적인 정보를 담고 있고, 이러한 정보만으로 어느 정도의 화질을 보장하는 출력 비디오 신호를 복원할 수 있다. Enhanced layer에서는 더 좋은 질의 비디오 신호를 얻을 수 있다. Channel error에 대한 문제를 해결하기 위하여, base layer는 높은 수준의 error protection이 보장될 수 있도록 transport prioritization과 함께 사용되어야 한다. Transport prioritization은 이동통신상에서 서브스트림들을 전송하기 위하여 다른 레벨의 파워를 사용하여 구현되기도 한다. 이러한 layered coding과 불균등한 power control의 조합이 무선망에서의 비디오 통신을 위하여 연구되어져 왔다[6]. ARQ나 FEC 같은 기술들이 base layer에 적용되는 반면 enhancement layer에는 이들을 사용하지 않거나 미미한 정도만 사용하는 방식을 취하는 방식이 [6]에서 wireless video transport system에서 사용되어지기 위하여 제안되어졌다.

3) Enhanced VLC

기존의 영상압축 규격들은 엔트로피 부호화를 위해 VLC(Variable Length Coding)를 사용하여 그 압축효율을 높이고 있다. 그러나 불행히도 VLC 데이터들은 압축효율을 높일 수 있다는 장점에도 불구하고 에러의 영향에서는 가히 치명적이라고 볼 수 있다. 서로 다른 길이로 부호화된 데이터들에 한 비트의 에러가 침투되더라도 이후의 모든 데이터들은 재동기화가 이루어지기 전까지 복원이 불가능하게 된다. 이러한 점들을 고려되어 에러에 강인한 엔트로피 부호화 방법들이 제안되었다. 대표적인 방법들은 조만간 표준으로 제정될 MPEG-4의 Error Resiliency Mode에 포함되어있는데, 여기서는 이들을 중심으로 EREC(Error Resilient Entropy Code)라고도 불리는 Data Partitioning과 RVLC(Reversible VLC)에 대해서 살펴보기로 하자.

Data Partitioning이라 함은 전송하려는 데이터의 일정 부분이 보다 세밀한 구조체로 나뉘고, 각 구조체가 일정한 형태의 정보(예를 들어, 3개의 매크로블록에서의 움직임 벡터들 혹은 DCT 계수들)를 가지도록 함으로써 오류 발생 시 재 동기를 용이하게 하는 기술을 의미한다[7]. Data Partitioning 구조를 사용하여 정보를 전송하는 경우에는 채널 에러의 효과적인 고립화를 통해 복원 영상에의 영향을 효과적으로 분석할 수 있는데, 그림 4는 [8]에서 사용한 Data Partitioning의 예를 나타내는 것이다.

한편, 앞서 말한바와 같이 MPEG-4의 Error Resiliency Mode에서는 RVLC가 사용되고 있는데, 역방향으로도 복호가 가능한 VLC를 의미한다. 이를 통하여 전송에러가 발생하여도 그 이후의 데이터에 대해 손상을 입지 않은 상태로 사용할 수 있게 된다.

4) Source-Channel Combined Coding

기존의 통신 시스템(예를 들어, IS95-A 시스템)의 경우 전송 Packet에 오류가 발생하면 그 Packet의 데

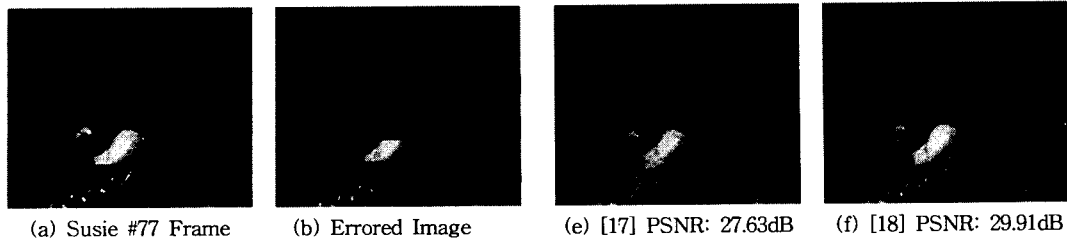


그림 5. 기존의 움직임 벡터 오류 은닉 기법들의 실험 결과

이터는 버려진다. 하지만, 일반적으로 전송 Packet의 데이터는 Channel 부호에 의해 오류 보호를 받기 때문에 CRC(Cyclic Redundancy Code) 오류 등으로 검출되는 수신 데이터 중에는, Source 복호의 입장에서 사용 가능한, 오류가 발생하지 않은 데이터를 포함한다. 이러한 가용 데이터를 사용할 수 있는 연구 결과가 [9]에서 처음 보여졌는데, 여기서는 Source 부호화의 결과로 주어지는 비트스트림에 여분의 중복적 요소가 존재하는 것을 연구의 출발점으로 삼았다. 즉, M차 AR(Auto Regressive) 모델의 source를 N차 AR 모델로 근사하여 DPCM을 수행하는 경우, 부호화하는 차 값이 ARMA(Auto Regressive Moving Average) 모델로 근사 가능함을 보이면서, 복잡도에 제한이 있는 실제 Source 부호화 결과에 RR(Residual Redundancy)가 존재할 수 있음을 주목했다. 이 후, [10]에서는 RR를 이용하여 전송된 Source Symbol을 MAP(Maximum A Posteriori) detection하는 기법을 제안했다.

그 후, [11]에서는 VLC를 엔트로피 부호기로 사용하는 시스템에 있어, Source 코딩된 부호를 RR에 근거하여 MAP 복호하는 기법을 제안하였다. 이들은 기존의 SC-combined 부호화 연구들이 모두 Fixed Rate 시스템을 대상으로 하여 연구된 데 비해, Huffman 코드 등을 사용하는, 한층 현실적인 시스템들의 채널 에러에 대한 영향을 분석하는 데 큰 도움을 줄 수 있었다.

2. 2 Post-Processing for Error Concealment

오류은닉에 의한 Error Control 기법은 이미 오래 전부터 연구되어져 왔다. 이는 특별히 부호기단의 추가적인 변형이 없고 부호화되는 데이터에 또 다른 redundancy bit을 추가하지 않으며 복호단에서 만의 작동으로 어느 정도의 데이터 복원이 가능하였기 때문이다. 이러한 오류은닉 기법은 앞서 말한 바와 같이 [5]에서처럼 다른 error control 기법들과 hybrid하게 사용될 수 있는 장점 또한 지니고 있다. 오류은닉 기법은 대개 움직임 보상 기법과 DCT와 같은

non-overlapping block 변환 기법을 사용하는 부호화기에 대해 인트라프레임과 인터프레임에 따라 각각 연구되어졌다.

1) 인트라 프레임에 대한 오류은닉

인트라 프레임의 VLC 데이터 등에 에러가 발생할 경우, 손상된 블록은 DCT 계수들을 복원함으로써 복구된다. Wang은 [12]에서 처음으로 영상의 고유의 특성인 smoothness constraints를 이용하여 Maximally Smoothness Constraint를 제안하고 이를 통해 손상된 DCT블록을 복구하였다. 이는 손실된 블록을 주위의 손실되지 않은 블록들과의 시간적, 공간적 상관도 (spatial and temporal correlation)를 이용하여 복구하는 것을 의미한다. 이 경우 상대적으로 고주파 영역의 데이터들에 대한 복구가 무시되기 때문에 blurred 에서를 만들게 되는 단점이 있었고 이를 해결하기 위해 여러 연구들이 발표되었다[13]. 또한 [14]에서는 POCS(projection onto convex set)을 이용하여 DCT계수들을 복구하는 방식이 제안되었다.

2) 인터프레임에서의 오류은닉

만약 인터프레임 내의 인터블록이 에러에 의해 손상되었다면 움직임벡터를 복구함으로써 원래 블록에 가장 근사하게 복원할 수 있을 것이다. [15]에서는 움직임벡터를 효과적으로 복원하기 위해 몇 개의 후보벡터를 선정하고 블록 경계 에러를 가장 최소화하는 하나를 복구 움직임벡터로 하는 방식이 제안되었다. 이러한 알고리즘을 BMA(Boundary Matching Algorithm)이라 하고 여기서도 역시 이론적으로는 [12]에서와 같이 smoothness property가 사용되었다고 볼 수 있다. 블록내의 에지들의 방향성을 고려하여 [16][17]등의 방법들이 제안되었고, [18]에서는 VLC부호화된 데이터의 특성상 오류가 공간적 방향으로 그 영향이 재동기화 그룹 내에서 전파됨을 주목하여 재동기화 그룹내의 블록들을 같이 복구하는 방식이 제안되었다.

3. 기타 요소기술

3.1 저 전력 소모 설계 연구

이동통신망에서의 어떤 응용이던지 전력소모의 제약을 받는다는 사실은 영상의 이용에서도 필연적으로 고려되어야 할 부분이다. 절전 회로를 설계할 때에는 알고리즘 개발, 시스템 구조, 회로 모양 등 시스템의 전반적인 문제에 걸쳐서 생각되어야 한다. 그러나 절전을 위해서 시스템의 성능이 저하되어서는 안 된다. [3]에서는 시스템 자체에 에러에 대한 내구성을 심어 주는 방식으로 성능의 저하 없이도 100분의 1 정도로 에너지 소모를 줄일 수 있다는 것을 보였다.

보통 알고리즘이나 하드웨어의 구성만으로도 전력 소모를 줄일 수 있다. 하드웨어의 부분마다 사용하는 전력이 서로 다르고 효율적인 알고리즘을 통해 연산수를 제어할 수 있다면 전력손실을 최소화할 수 있기 때문이다. 현재 이동 영상단말에 대한 저전력 소모에 관한 연구는 그 필요성에도 불구하고 단말기에서 사용하는 부호화기, error control방법 등에 대해 상당히 의존적이기 때문에 아직 많은 연구결과가 주어지지 않았다.

3.2 Trans-Codec 기법 연구

서로 다른 영상 코덱을 사용하는 두 시스템사이에서 이들의 각 단말단에서 실시간으로 데이터를 변화시켜 주는 기법을 Trans-Codec 기법이라 한다. [25]에서는 디지털 캠코더에 대한 업계 표준인 DVC방식의 데이터를 MPEG데이터로 DCT영역에서 실시간으로 바꾸어주는 기법이 소개되었다. 현재까지 IMT-2000을 위한 이동영상단말에서의 영상압축의 표준이 결정이 되어 있지 않지만, 대체로 MPEG-4와 H.263+의 모습에서 크게 벗어나지 않을 것이라 예견된다. 또 앞서 지적한 바와 같이 무선영상통신과 관련하여 현재 연구가 진행되는 추세에서 기존의 표준 호환방식과 표준 비호환방식이 같이 공존하고 있다. 기존의 표준과 비호환방식이 개발될 경우 이의 폭 넓은 활용을 위해서는 적절한 Trans-Codec기법이 필요하다. 또 어떠한 형태로 그 표준이 정해진다하더라도 기존의 우선망에서 사용하는 H.26X 코덱이나 디지털 방송이나 기타 여러 매체에서 이미 폭넓은 지지를 얻은 MPEG시스템 데이터와의 호환은 절실히 필요하게 된다. 저전력 소모와도 연관되어 이러한 연구는 이동영상단말에 대한 서비스의 활용 폭을 넓게 해 줄 수 있는 상당히 의미 있는 주제임에도 불구하고 이 역시 부호화 표준과 error control 방법등에 상당히 의존적인 문제이기 때문에 초보적인 연구가 진행되는 단계이다.

3.3 Rate Control 기법

통신시스템 상에서 압축된 비디오 신호는 기본적으로 VBR(Variable Bit Rate)의 특성을 갖기 때문에 수신단과 송신단사이에 동기가 중요한 문제가 된다. 이를 위해 버퍼에 들어오는 비트수에 따라 적응적으로 양자화 레벨을 결정하는 방법등이 [20]등에서 제안되었다. 특별히 [21]에서는 무선채널을 고려한 rate control기법이 제안되었는데, 여기서의 기본적인 시스템 블록 다이어그램은 그림 6과 같다.

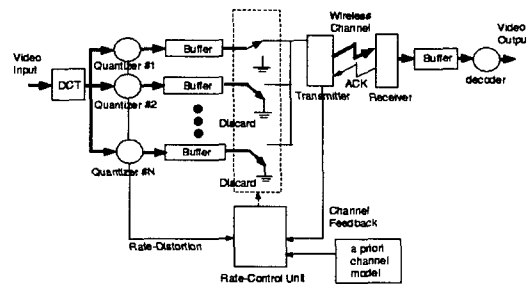


그림 6. System block diagram of [21]

4. 결론

현재 테스트베드를 만드는 국내·국외의 시스템 업체들 모두 대개 현재까지는 기존의 H.263을 사용하여 시스템을 구현하고 있다. 그러나 앞으로의 영상압축 표준이 목표하고 있듯이 특별히 무선채널에서의 영상의 응용은 에러에 대해 강인한 부호화 방식이 최우선적으로 보장되어야 한다. 이를 위해 현재 다각도로 진행되는 노력들이 앞으로 좀 더 통일적인 시스템의 모습을 갖추어져야 하고 이러한 시스템에 대해 저전력 소모기술이나 Trans-Codec, Rate Control기법 등이 추가적으로 계속적으로 연구되어야 할 것이다.

5. 참고문헌

- [1] "Coding of Moving Pictures and Associated Audio Information", ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, 1997
- [2] ITU-T Standardization sector of ITU, "Video Coding For Low Bitrate Communication", Draft ITU-T Recommendation H.263 version 2, Sept. 1997
- [3] Tr H. Meng, "Portable Video-on-demand in Wireless Communication" in Proc. of the IEEE,

- April 1995, Vol 83. No. 4, pp. 659-680
- [4] Y.wang and Q. -F. Zhu, "Error Control and Concealment for Video Communication: A Review" in *Proc. of the IEEE*, May 1998, Vol.86, No. 5 pp.974-998.
- [5] E. Steinbach, N. Farber, B Girod, "Standard Compatible Extension of H.263 for Robust Video Transmission in Mobile Environments", *IEEE Trans. Circuit Syst. Video Technol.*, vol 7, No 6, pp 872-881, December 1997.
- [6] M. Kansari et al., "Low bit rate video transmission over fading channels for wireless microcellular systems," *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, vol. 6, pp. 1-11, Feb. 1996.
- [7] D. W. Redmill and N. G. Kingsbury, "The EREC: an error-resilient technique for coding variable length blocks of data", *IEEE Trans. Image Processing*, vol.5, pp.565- 574, 1996.
- [8] H. Jung, R. Kim, and S. Lee, "On the robust transmission technique for H.263 video data stream over wireless networks", in *Proc. of the ICIP*, 1998, pp.463-466.
- [9] K. Saywood and J. C. Borkenhagen, "Use of residual redundancy in the design of joint source/channel coders", *IEEE Trans. Comm.* vol.39, pp.838-846, 1991.
- [10] N. Demir and K. Saywood, "Joint source/channel coding for variable length codes", in *Proc. of the Data Compression Conf.*, Snowbird, U. T., 1998, pp.139-148.
- [11] D. W. Redmill and N. G. Kingsbury, "The EREC: an error-resilient technique for coding variable length blocks of data", *IEEE Trans. Image Processing*, vol.5, pp.565- 574, 1996.
- [12] Y. Wang, Q.-F. S Zhu, and L. Shaw, "Maximally smooth image recovery in transform coding," *IEEE Trans. Commun.*, vol. 41, pp. 455-460, Aug. 1993.
- [13] W. Zhu and Y. Wang, "A comparision of smoothness measures for error concealment in transform coding," in *Proc. SPIE conf. Visual Communication and Image Processing*, Taipei, Taiwan, 1995, vol. II, pp. 1205-1214
- [14] H. Sun and W. Kwok, "Concealment of damaged block transform coded images using projections onto convex sets," *IEEE Trans. Image Processing*, vol. 4, pp. 470-477, Apr. 1995.
- [15] W.-M. Lam, A. R. Reibman, and B. Lin, "Recovery of lost or erroneously received motion vectors", in *Proc. of ICASSP*, 1993, pp.417-420.
- [16] J. Feng, K. Lo, and H. Mehrpour, "Error concealment for MPEG video transmission", *IEEE Trans. Consumer Electronics*, vol.43, pp.183-187, 1997.
- [17] 황정수, 박동권, 원치선, 정제창, 김선영, "H.263 비트열의 전송에러에 대한 영향 분석 및 보상 알고리즘", 제 10회 신호처리합동학술대회, 1997년 제10권 1호, pp.555-558.
- [18] Y. Kim, Y. Jung and Y. Choe, "Jointly optimized error concealment algorithm based on H.263", *IEEE ITC-CSCC*, Korea, 1998.
- [19] Y. Choe, B. Youn, and D. Kim, "Transcoding from DVCR to MPEG-2 in the DCT Domain", *Proc. SPIE 11th Int. Symposium on Electronic Imaging*, Vol. 3653 'Visual Communications and Image Processing '99, pp. 1026-1032, San Jose, 1999. 1
- [20] J.R-Corbas, Rate Control in DCT Video Coding for Low-Delay Communications, *IEEE Trans. CSVT*, Vol 9, No 1, Feb, 1999
- [21] C.-Y. Hsu, A. Ortega, and M. Khansari, "Rate control for robust video transmission over wireless channels", in *Proc. of VCIP*, San Jose, CA, 1997.