

論文2000-37TC-1-7

이동통신 시스템을 위한 소스코더와 결합된 채널코딩방법에 의한 영상전송

(Image Transmission Using Designed Source-Channel
Combined Coder for Mobile Communication Systems)

李炳吉*, 朴板宗*, 趙賢昱**, 朴吉欽**

(Byung-Gil Lee, Pan-Jong Park, Hyun-wook Cho, and Gil-houm Park)

요약

본 논문에서는 광대역 코드분할 다중접속방식(W-CDMA : Wideband-Code Division Multiple Access)을 이용하는 전력제어된 이동통신 시스템에서 영상전송을 위한 채널모형을 설계하고, 영상 소스 데이터와 결합된 채널 부호화에 대한 설계를 하고 전송성능을 검증하고자 한다. 웨이브릿 변환 알고리즘을 이용하여 각 대역별 중요도에 따라 차등적인 크기의 블록 단위로 세분화하여 독립적으로 부호화 하였고, 영상 정보의 전송에러에 대한 감응도를 고려하여 RS(Reed-Solomon)부호화시에 각각의 신호대역에 따라 분리된 RS 부호화율을 적용하여 W-CDMA 페이딩 채널 에리에 대하여 동일한 데이터율로서 더 나은 PSNR 이득을 얻도록 하였다. 또한 Truncated Hybrid Type I ARQ 방식에 의한 재전송과정에서 재전송 프레임간 Combine하여 성능을 향상시킬 수 있는 장점이 있다. 시뮬레이션을 통해 차세대 영상전송 시스템으로서 기존의 독립적인 영상 채널 부호화방식에 비해 무선채널의 열화에서도 성능의 감소가 크지 않아 효과적인 영상전송 방법임을 알 수 있었다.

Abstract

In this paper, we present the efficient image transmission system using designed source-channel combined coder in W-CDMA mobile communication system. In proposed schemes, we decompose the wavelet transformed hierarchical band-images into some types of different size blocks which have different properties in error sensitivity. The RS(Reed-Solomon) coder with different coding rate is used for each decomposed source blocks which has different importance. In addition, we combine retransmitted error frames in Truncated Hybrid Type I ARQ. The proposed algorithm shows efficient image transmission methods because it is not much degraded in PSNR compared with the existing not combined source-channel coder in erroneous wireless channel.

I. 서론

* 正會員, (株) 테이콤綜合研究所
(Dacom Co. R&D Center.)

** 正會員, (株) 慶北大學校 電子工學科
(Dept. of Electronics Engineering Kyungpook National University)

接受日字:1999年11月2日, 수정완료일:2000年1月3日

차세대 영상전화 시스템의 구현에서 화상정보의 전송 방식이 차지하는 비중은 매우 높다. 화상 정보의 전송방식에 따라 전송채널의 이용효율과 서비스의 질(Quality of Service)이 결정되기 때문이다. 따라서 화상정보를 효과적으로 압축하여 전송하는 방법 및 무선 채널상에서 데이터를 효율적으로 전송하기 위한 채널 부호화 방식에

대하여서도 많은 연구가 이루어졌다.^[1~3] 그러나 대부분의 전송방식에 대한 연구는 전송하려는 소스의 특성을 고려하지 않은 일반적인 데이터의 전송을 위한 채널 부호화 연구가 이루어졌다.^[4~7] 이것은 소스에 대한 모델링을 간단한 랜덤 프로세서로 모델링하기 때문에 이론적으로 도출된 최적의 소스-채널 부호화는 실제 영상 신호에는 적용되기 어려우며, 부호화의 종류와 방식에 따라 실험적인 최적 소스-채널 결합 방법을 사용하고 있다.^[8~14]

소스 부호화 방식으로는 DCT(Discrete Cosine Transform), Subband 부호화, 웨이브릿 부호화 등이 사용되고 있고, 채널 코더로는 길쌈 부호, Reed-Solomon 부호, Hamming 부호, RCPC(Rate Compatible Punctured Convolutional)부호 등이 주로 사용되어 진다. 무선환경에서 영상전송을 위한 연구로는 소스 특성을 분리하여 다른 PN (pseudo-noise) 코드를 사용하는 경우,^[9,10,12] 단일 미디어 서비스로 다른 채널 또는 다른 PN을 사용하여야 한다. 소스 부호화와 결합된 여러 가지 채널 부호화 방식은 각각의 소스 특성에 맞는 차별적인 에러보호기법이 적용되었다.^[8,9,10,12] 그러나, 이러한 경우 무선 환경에서 소스레벨에서도 에러 전파가 되지 않는 강한 소스 부호화가 필요하게 된다. 이러한 연구로서 영상의 부호화시에 무선환경을 고려하여 에러 확산을 막기위한 영상블록을 각각 분리하여 부호화하는 REZW(Robust Embedded Zerotree Wavelet)^[3] 등의 방법이 있으나, 소스부호화 후 차별적인 채널에러 보호기법이 적용되지 않은 단점이 있다.

본 논문에서는 최근에 MPEG-4에서 채택되고 있는 웨이브릿 영상 부호화 방법과 결합된 채널 부호화 방법을 제시 한다. 웨이브릿 변환에 의해 분리된 대역으로부터 에러의 확산을 줄이기 위하여 중요도에 따라 차등적인 크기의 블록단위로 세분화하여 독립적으로 부호화하고, 영상정보의 전송에러에 대한 감응도를 고려하여 신호 대역별로 다른 RS 부호화율을 적용하였다. 따라서 소스 특성에 관계없이 독립적으로 채널 부호화 하는 방법과 성능을 비교하여 IMT-2000 시스템에 적용 가능성을 제시한다.

IMT-2000 시스템과 같이 실시간 많은 동영상 데이터를 전송하여야 하는 무선채널환경에서는 채널 대역폭의 효율적인 사용이 절대적으로 필요하다. 또한 주변의 환경에 민감하지 않고 간섭(Interference)과 다중경로 폐이딩에서 성능 열화가 이루어지지 않는 부호화 방식이 반드시 필요하다.

본 논문에서는 소스-채널 부호화 방법과 연쇄하여 CDMA 채널을 통하여 전송시 대역 분리된 블록을 전송하기 위하여 오류가 있는 패킷데이터를 수정하기 위한 Combined truncated Hybrid ARQ방식을 추가하여 기존의 단순한 재전송방식과의 성능을 비교한다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 진다. 2장에서는 영상부호화 방법에 대한 알고리즘을 설명하며, 3장에서는 채널 부호화 방법으로 사용되는 RS 및 컨벌루션 부호화 방법 및 재전송구조에 대하여 설명하고, 4장에서는 모의 실험을 통해 기존의 방법과 제안된 방법의 결과를 비교하고, 5장에서 결론을 맺는다.

II. 웨이브릿 영상 부호화 알고리즘

1. 웨이브릿 변환

웨이브릿 변환에 대한 임의의 기저함수 $\phi(x)$ 로부터 팽창(dilation)과 전이(translation)에 의해 발생되는 함수들을 말하며, 임의의 함수를 시간-주파수 영역에서 동시에 국부성을 갖는 웨이브릿 기저함수의 선형결합을 나타내며 아래와 같은 수식으로 표현된다.

$$h_{a,b}(t) = |a|^{-1/2} h\left(\frac{t-b}{a}\right) \quad a, b \in R \quad (1)$$

큰 a값에 대해서는 기저함수는 모웨이브릿(mother wavelet)을 팽창시킨 형태로 저주파의 기저함수가 되고, 작은 a값에 대해서는 모웨이브릿을 수축시킨 형태로 고주파수의 기저함수가 된다. 웨이브릿 변환은 다음과 같이 정의된다.

$$X_w(a, b) = \frac{1}{\sqrt(a)} \int_{-\infty}^{+\infty} h^*(\frac{t-b}{a})x(t)dt \quad (2)$$

웨이브릿 변환에 의한 영상의 분해 과정은 그림 1과 같다. 입력 영상에 대해 수직과 수평 방향으로 L(저대역 필터)과 H(고대역 필터)를 각각 한 번씩 적용하고, 필터를 통과한 계수들은 2:1로 부표본화(subsampling)된다. 그림 1과 같이 세 가지의 방향 선택적인 고주파 부대역 HH, HL, HH와 저주파 부대역 LL을 얻는다. 이러한 과정은 LL대역에 반복적으로 적용하여 다음 계층의 대역을 얻을 수 있다. 이렇게 해서 얻어진 웨이브릿 변환된 영상계수는 각 대역의 특성을 갖는 계수들로 구성되는데, 가장 높은 레벨의 계수는 다른 레벨의 계수들과는 다른 통계적 특징을 가지고 있고 원영상의 통계적 성질을 유

시할 뿐 나머지 레벨의 계수들은 ()에 가까운 계수들이 많고, 계수의 연속이 각 밴드의 수평, 수직, 대각방향으로 이루어져 있어 다른 특징을 나타낸다. 웨이브릿 변환을 이용하여 영상을 다해상도로 분해한 후 영상을 압축하는 것은 기존의 DCT를 이용한 방법보다 압축률을 높일 수 있고 블록킹 현상이 일어나지 않아 인간의 시각에 보다 적절한 압축방법이다.

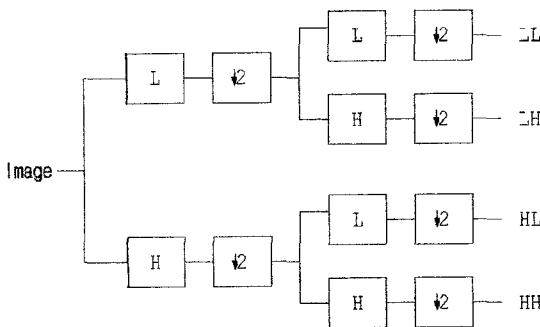


그림 1. 웨이브릿 변환에 의한 영상 분해 과정

Fig. 1. Block diagram for the wavelet decomposition stage.

2. 에러 감응도(Error Sensitivity) 분석

현재까지 연구되어온 많은 영상압축 알고리즘은 에러에 상당히 민감하다. 비트율이 클수록, 부호화된 비트열의 앞부분에 에러가 발생할수록 복원된 영상의 화질 손실은 더욱 크다. 즉 에러의 확산은 발생한 에러의 위치에 따라 상당한 손실을 가져올 수 있다. 예를 들면, 그림

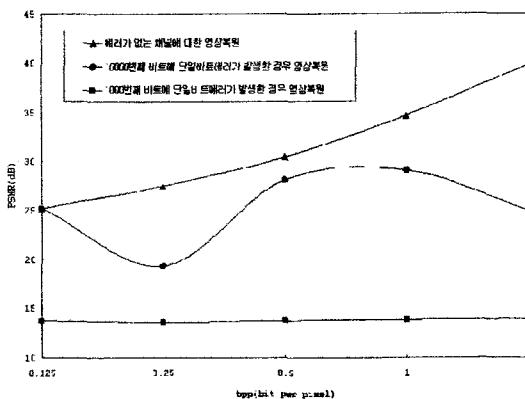


그림 2. SPIHT 출력 비트열의 복호화 과정에서 단일 비트 에러의 영향

Fig. 2. Effect of single bit errors in the decoding of a SPIHT output bit stream.

2는 zerotree를 이용하여 웨이브릿 계수를 계수의 중요도에 따라 부분 집합으로 분할하고 분할된 계수들을 부호화하는 SPIHT(Set Partitioning in Hierarchical Trees) 알고리즘으로 압축된 비트열에서 단일 비트에러가 발생한 경우 복원된 영상의 PSNR(Peak Signal to Noise Ratio)값에 미치는 영향을 알아보았다.

그림 2에서 보면, 비트에러가 발생한 위치에 따라 다른 곡선을 나타내는데 발생한 에러의 위치에 따라 최대 20dB이상의 손실이 발생하였다.

다음은 영상을 웨이브릿 변환으로 다해상도로 분해한 후 복원된 영상의 화질에 미치는 대역별 중요도를 알아보았다. 표 1은 웨이브릿 변환에서 생략된 대역을 제외한 나머지 대역의 계수들로 복원한 영상의 PSNR 값이다. 표 1에서 볼 수 있는 바와 같이 상위 계층으로 갈수록 복원된 영상의 화질에 많은 영향을 미친다는 것을 알 수 있다. 특히 최상위 계층(Layer 0)의 최저주파수 대역(LL₃)은 다른 대역들과는 다른 통계적 특성을 가지고 있고 다해상도 압축에서 상대적으로 중요한 정보를 담고 있으므로 복원된 영상의 화질에 중요한 역할을 미친다.

표 1. 생략된 대역을 제외한 나머지 대역의 계수들로 복원한 영상의 PSNR값

Table 1. PSNR of reconstructed image using the rest of coefficients, except for a specific band.

계 층	0				1				2				3			
	생략대역	LL3	LH3	HH3	HL3	LL2	LH2	HH2	HL2	LL1	LH1	HH1	HL1			
PSNR(dB)	6.1	26.8	30.9	31.1	28.9	32.2	32.4	31.0	33.4	33.8						

3. 에러에 강한 웨이브릿 영상 압축

본 논문에서는 에러의 확산을 최소화하기 위한 방법으로 대역별 에러 감응도를 고려하여 다음과 같은 웨이브릿 압축 방법을 제시하고자 한다. 앞에서 살펴보았듯이 부호화된 비트열은 채널에 상당히 다른 민감도를 가지므로 중요한 대역의 비트일수록 적절히 보호되지 않는다면 비트 에러는 영상화질의 상당한 손실을 입힌다. 그림 3과 같이 웨이브릿 변환으로 입력 영상 신호를 여러 개의 부밴드 영상으로 분해하고 각 부밴드 영상에 대하여 에러의 확산을 최소화하기 위하여 다시 작은 블록으로 중복되지 않게 나누어 독립적으로 블록의 특성에 맞도록 압축한다. 비트 할당과정은 주어진 사용 가능한 총

비트량을 주어진 영상에 효과적으로 분배하여 전체의 왜곡을 최소화하기 위하여 적용되는 최적의 양자화 파라미터를 비트 발생량과 왜곡의 추정에 근거하여 구하고 각 블록별로 독립적으로 부호화하였다. 이렇게 각 부대역 영상을 다시 작은 블록으로 나누어 독립적으로 부호화함으로써 에러가 발생하더라도 에러의 확산은 작은 블록내로 제한된다. 다음 블록부터는 완전한 복원이 가능하므로 에러의 확산을 줄일 수가 있다.

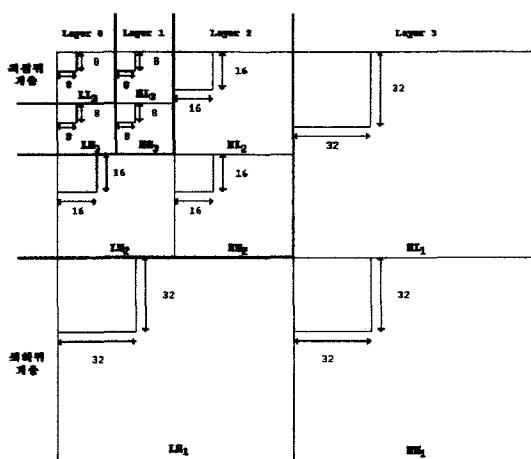


그림 3. 대역특성을 고려한 웨이브릿 변환 계층분해구조

Fig. 3. The wavelet layer decomposition scheme divided by sub-blocks using the band property.

본 논문에서는 7/9-tap antonini필터를 사용하여 웨이브릿 변환을 하였다. 입력영상을 웨이브릿 변환을 이용하여 10개의 작은 대역 영상(LL₃, HL₃, LH₃, HH₃, HL₂, LH₂, HH₂, HL₁, LH₁, HH₁)을 만들어 내고 그림 3과 같이 중요도에 따라 LL₃, HL₃, LH₃, HH₃ 대역의 영상은 8×8크기로, HL₂, LH₂, HH₂ 대역의 영상은 16×16크기

로, HL₁, LH₁, HH₁대역의 영상은 32×32크기의 블록으로 분해하여 모든 대역에서 분해된 블록의 수를 같도록 만들었다. 각 블록에 끝을 인식하기 위해 EOB(End of Block)를 추가하였고, 블록에 대한 비트 할당 문제를 해결하기 위하여 Lagrangian방식으로 Rate-Distortion 곡선을 구하여 목표 비트량을 독립적으로 구하고 각 블록의 목표 비트량들을 더하여 전체 목표 비트량을 만족하도록 재조정한다. 이 과정에 의해 구해진 각 블록의 최적의 양자화 파라메터로 그림 4과 같이 독립적으로 균일 양자화 과정을 거치고 적응 모델(adaptive model)을 사용한 신속 부호화 기법을 이용하여 부호화 하였다.

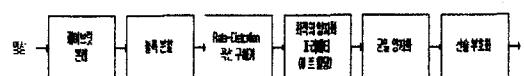


그림 4. 제안하는 웨이브릿 분해 영상 부호화 절차
Fig. 4. Proposed wavelet image compression procedure.

III. Combined 부호화 모델 및 재전송 방식

1. 계층별 중요도에 따른 채널 부호화 방식

본 논문에서는 계층별 중요도에 따라 에러 정정 능력을 다르게 부여하는 채널 코더 방식을 사용하였다. 상위 계층일수록 복원영상의 화질에 크게 영향을 미치므로 코드율을 낮추고 에러정정능력을 많이 부여하여 에러에 대하여 데이터를 보호하고, 하위 계층일수록 코드율을 높임으로써 전체 전송율을 조절할 필요가 있다. 본 논문에서 사용한 FEC방식으로 연속적인 에러 수정을 위하여 RS 코드와 길쌈부호가 연쇄부호화된 방식을 적용하였고 그

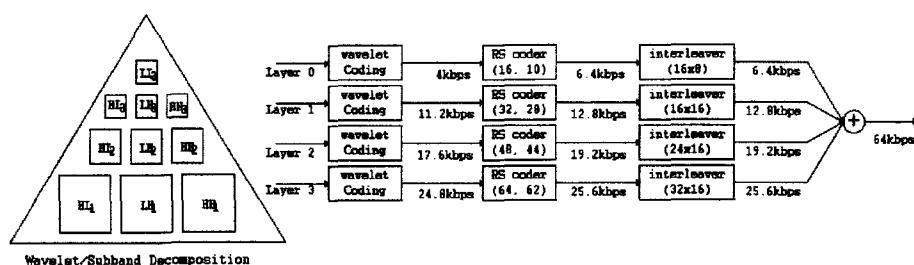


그림 5. 계층별 중요도에 따른 채널 부호화 방식

Fig. 5. hannel coding scheme using the prioritized error protection for each layer.

림과 같이 계층별 중요도에 따른 에러정정능력을 부여하기 위하여 RS코드를 사용하였다. 최상위 계층은 3비트의 정정이 가능하도록 하고 다른 계층은 각각 2비트, 2비트, 1비트의 심볼에러를 정정할 수 있도록 하였다. RS코드는 8비트 심볼을 사용하고 계층에 따라 (16, 10), (32, 28), (48, 44), (64, 62)코드를 사용하였다. 한개의 RS 부호에 내에 오류정정 능력이상의 오류심볼이 발생하면 오류 정정이 불가능하므로 외부 인터리버(Outer Interleaver)를 수행하여 산발적인 심볼 오류가 발생하도록 한다. 역방향 트래픽 채널의 외부 인터리버는 각각 16×8 , 16×16 , 24×16 , 32×16 matrix를 사용하여 모두 열방향으로 입력 심벌을 쓰고 행 방향으로 읽어서 출력한다.

2. 재전송 방식

채널상에서 펼연적으로 발생하는 오류를 효과적으로 제어하기 위한 방식으로 FEC(Forward Error Correction)방식과 ARQ(Automatic Repeat Request)방식이 있다. FEC방식은 데이터 비트 프레임에 잉여비트를 추가하여 전송되어온 데이터에 대한 오류를 검출하여 그 위치를 결정한 다음 오류를 정정하는 것이다. ARQ방식은 송신측이 에러를 검출할 수 있도록 부가적인 정보를 프레임에 첨가하여 전송하고 재전송을 요구하여 정확한 데이터가 전송될 때까지 그 과정을 반복한다. ARQ방식은 FEC방식만을 사용한 시스템보다 높은 정보전송효율(throughput)과 신뢰도를 얻을 수 있으나 전송오율이 증가함에 따라 전송지연을 일으키고 정보전송효율은 매우 감소하게 되어 링크 신뢰도가 높은 유선에서 주로 사용된다. 한편 FEC방식은 전송오율에 관계없이 항상 일정한 코드율을 유지할 수 있으나 전송오류가 부호의 오류정정능력보다 커지면 높은 신뢰도를 얻기가 어렵다. 따라서 채널의 상태가 계속적으로 변화가 심한 이동통신 시스템에서는 이러한 2가지 방법이 같이 사용되어야 효율적인 데이터 전송이 이루어 질 수 있다. 이 논문의 주요 관심은 채널을 통하여 수신된 영상의 질을 최대한 개선하는 것이다. 그러므로 ARQ방식과 FEC방식을 결합한 Hybrid ARQ방식을 사용하여 원하는 신뢰도와 정보전송효율을 얻을 수 있다. Hybrid ARQ방식에는 재전송하는 비트에 따라 3가지 형태가 있으며, Type-I은 오류가 있는 블록은 버려지고 동일한 블록이 재전송되며 이전 블록과의 combine이 이루어지지 않는다. Type-II는 오류시 약간의 증가된 중복 비트가 사용되어 재전송되고 Type-III에서는 자기복호 가능(self-decodable)한 블록

이 재전송된다. Type-II는 채널 조건이 계속적으로 악화될 때, 그리고 Type-III는 채널 조건이 좋을때(Eb/No가 10dB이상) 성능개선이 많이 있는 것으로 나타나 있으나, Type-II와 Type-III는 변경되는 코드율로 재전송하므로 복잡도와 추가적인 지연이 문제가 되어 실시스템에서는 아직 사용되지 않고 있다. 본 논문에서 사용하는 ARQ방식은 Selective Repeat Type-I Hybrid ARQ방식을 기초로 하였고 앞에서 제안된 소스-채널 결합 부호화 방식에 연쇄하여 부가적인 정보없이 성능 개선을 할 수 있다. 오류 패킷데이터중 오류가 없는 부분을 선별하는 과정은 다음과 같다. 에러정정을 위한 보조 FEC으로 앞에서 제시한 방법으로 RS 부호화기를 사용하므로 각각의 RS 복호기로 수신된 데이터 프레임을 평가하여 에러가 검출되었을 경우 먼저 에러 정정을 시도하게 되며 발생한 에러의 수가 에러정정능력 보다 작을 때는 에러를 정정한다. 이때 RS 복호기에 의해 모든 계층의 에러를 정정했다면 송신측에 재전송 요청은 불필요하다. 그러나 한 개의 RS 복호기 출력으로부터 발생한 에러를 정정하지 못하면 송신측에 NAK신호를 보내 재전송을 요청한다. NAK신호를 보낸 경우 각 계층별 수신된 데이터를 버리지 않고 버퍼에 저장해 둔다. 여기서 전송오율이 높으면 재전송 횟수가 증가하고 버퍼의 넘침 현상이 발생하므로 재전송 횟수는 1회로 제한(truncation)하였다. 오류패킷으로 인해 재전송 요청에 의해 수신된 프레임에서 에러가 발생하지 않았거나 모든 에러를 정정했다면 이전의 버퍼에 저장해 둔 데이터를 버리게 된다. 그러나 재전송되어 수신된 프레임에서 모든 에러를 정정하지 못했다면 그 오류 패킷에 대하여, 기존의 방법은 그 오류 패킷을 사용하게 되나, 제안하는 방법은 실패한 오류 프레임에 대해 이전에 버퍼에 저장해 둔 오류 프레임 데이터 중에서 해당하는 세분화된 계층의 RS 복호기의 에러정정 여부를 확인하여 에러가 없는 대역서브프레임이면, 이전의 오류 프레임과 대체하고 이전 역시 오류가 있는 대역서브프레임이면 현재 서브프레임을 그대로 유지하도록 하였다. 이것은 영상 전송시 필수적으로 발생되는 전송에러에 대하여 제안하는 부호화 방식과 결합하여 재전송과 정을 통하여 복원하고자 할 때 오류 패킷에 대해서 블록 단위로 선별하여 결합하도록 하여 성능 향상을 이루고자 한다.

IV. 실험 결과 및 고찰

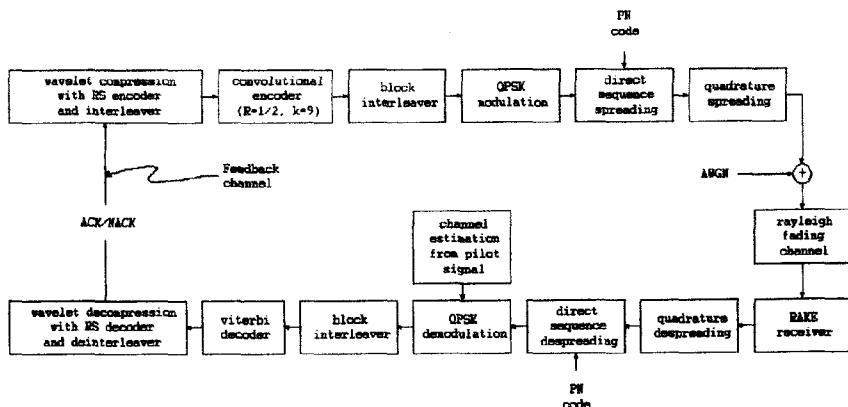


그림 6. 영상 전송을 위한 이동통신 시스템 모델

Fig. 6. simplified diagram of the mobile communication system model for image transmission.

제안한 소스 코더와 결합된 채널코딩방법의 성능 평가를 하기 위한 실험으로 전력제어된 Wideband CDMA [15]의 역방향 트래픽 채널을 모델로 하고 시스템 구성은 그림 6과 같다.

역방향 트래픽 정보 채널의 전체 소스 데이터 전송율은 57.6Kbps이며 각 계층별 전송율은 4Kbps, 11.2Kbps, 17.6Kbps, 24.8Kbps로 정하였고 트래픽 데이터 처리과정은 전송효율을 높이기 위하여 앞에서 제시한 방법으로 웨이브릿 영상 압축하고 각각의 RS코드로 부호화 한다. RS 부호화된 전체 전송율은 64Kbps이며, 인터리버된 후 부호화된 심볼은 부호화율(Code Rate)이 1/2이고 구속장(Constraint Length)이 9인 길쌈부호에 의해 Hybrid 부호화되고 내부 인터리버 과정을 거치고 QPSK 변조를 한다. 이후 채널은 직접 시퀀스 대역확산을 수행하며, 확산 코드 생성은 4.096Mcps의 2배인 8.192Mcps로 하였다. 통신 채널은 Rayleigh 페이딩 채널을 가정하여 Noise Source를 추가하였고, Doppler Filter를 추가 하였으며, 최대 도플러 주파수 편위는 5Hz로 가정하였다. 송수신간의 경로는 독립적이고 동일한 경로이득을 가지는 2개의 경로가 존재하고 수신기는 독립적인 2개의 안테나가 존재하는 것으로 가정하였다. 또한 채널 예측 및 전력제어 파라미터는 최적치를 사용하였다. 채널을 통해 수신된 신호는 역대역 확산과 수신된 파일럿 신호를 통해 동기 복조화 과정을 거친 후 내부 역인터리버하고 길쌈부호의 복호법으로 널리 이용되는 soft viterbi 복호법으로 복호한다. 복호된 신호는 외부 역인트리버하고 RS복호화를 한다. 복호된 데이터는 다시 영

상디코더에 의해 수신영상이 재구성된다.

실험 대상 영상은 그림과 같은 256그레이 레벨인 256 × 256 LENA영상을 사용하였고, 소스 코더의 성능을 평가하기 위해 객관적인 화질 평가 방법인 PSNR(Peak Signal to Noise Ratio)을 사용하였다. 크기 M × M인 원영상과 복원 영상의 (m, n)번째 화소 x(m, n), y(m, n)에 대하여 MSE(Mean Square Error)를 식(3)과 같이 정의하면 PSNR은 식(4)와 같이 쓸 수 있다.

$$MSE = \frac{1}{M^2} \sum_m \sum_n [x(m, n) - y(m, n)]^2 \quad (3)$$

$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{255^2}{MSE} \quad (4)$$

모의실험은 기존의 부호화 방식으로 잘알려진 DCT (Discrete Cosine Transform)를 기반으로 하는 baseline JPEG 압축방법과 최근 zerotree 방법의 우수한 압축성을 나타내는 SPIHT방식을 적용하여 제안된 부호화 방식과 실험결과를 비교하였다. 여기서 압축방법은 소스 구현 방법에 따라 복원 영상의 PSNR 값이 더 개선되어 질 수 있으나, 무선구간의 열악한 채널환경에 장건함에 대한 실험이 본 논문이 제시하고자 하는 바이므로 잡음이 없는 채널에서 기본적인 영상복원 차이는 존재한다고 가정하였다. 잡음이 없는 채널을 통해 복원된 LENA영상의 PSNR과 압축율은 다음 표 2와 같다.

비교영상으로 baseline JPEG과 SPIHT 채널 부호화에서는 FEC로서 동일한 데이터율의 고정 RS (160, 144) 코더를 적용하였고 truncated Type-I Hybrid ARQ방

식은 모두 동일하게 적용하였다. 전체 데이터 전송율, Convolutional 부호화기율, RS코더의 에러정정능력 및 다른 시뮬레이션 파라미터는 제안하는 방법과 동일하게 설정하여 시뮬레이션을 하였다. 10개의 LENA영상을 각각의 Eb/N0에 대하여 연속 전송하여 실험결과를 도출

표 2. 잡음이 없는 채널에서 복원한 LENA영상의 PSNR 비교

Table 2. PSNR comparison of reconstructed LENA image in noiseless channel.

Method Measure.	JPEG	SPIHT	Proposed
PSNR(dB)	31.75	35.4	32.83
압축율(bit/pixel)	0.84	0.84	0.84

하였다. 여기에서 적용된 Eb/N0값은 전력제어가 완벽하다고 가정하였으므로 Noise Margin을 고려할 때 실제 시스템에서는 4~5dB가 될 것이다.

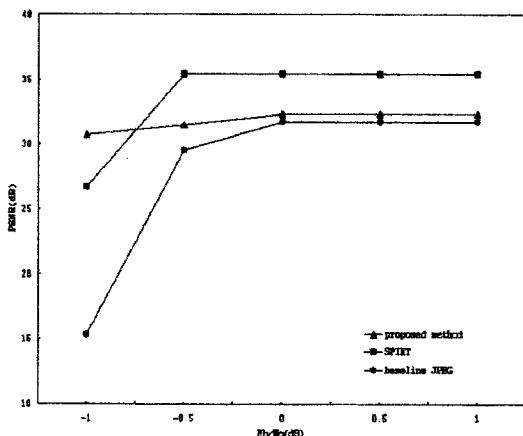


그림 7. 복원된 영상중 최대값의 PSNR 비교

Fig. 7. Maximum PSNR Comparison of the reconstructed LENA images.

그림 7은 복원된 10개의 영상 중에서 최대값에 해당되는 PSNR이다. 이것은 에러 없이 복원되는 경우 기본적으로 제안된 방법이 JPEG보다는 1.08dB 높고, SPIHT 보다 2.57dB 낮은 압축 방식에서 오는 성능차이가 존재함을 나타낸다.

그림 8은 최소값에 해당되는 PSNR이다. 그림에서 볼 수 있듯이 기존의 2가지 방식은 무선채널의 에러에 대비 상당히 민감하여 영상의 PSNR의 손실이 크다는 것을

알 수 있다. 제안하는 방법의 영상전송의 성능은 그림에서 알 수 있는 바와 같이 무선채널이 열화됨에도 성능의 변화가 크지 않음을 알 수 있다.

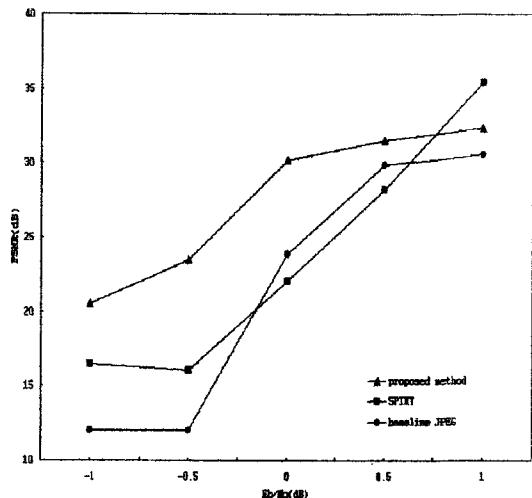


그림 8. 복원된 영상중 최소값의 PSNR 비교

Fig. 8. Minimum PSNR Comparision of the reconstructed LENA images.

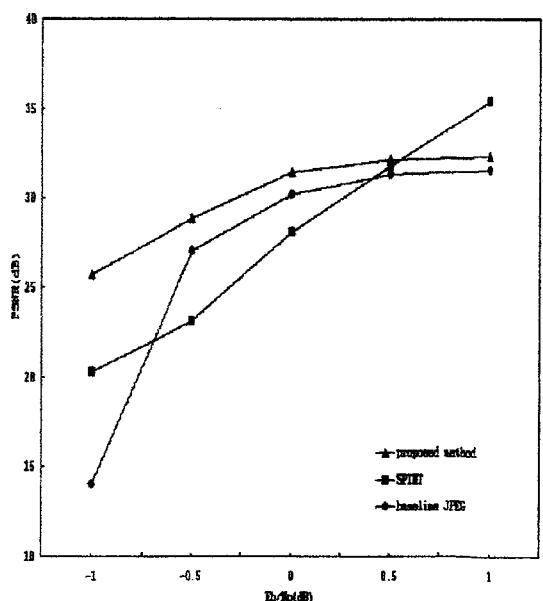


그림 9. 복원된 영상중 평균값의 PSNR비교

Fig. 9. Average PSNR Comparision of the reconstructed LENA images.

그림 9는 제안방법과 기존의 2가지 방식에 대한 평균적인 영상 전송 성능을 나타내며 제안된 방식이 무선환경의 열화에도 전송 성능이 강한 특성을 가짐을 볼 수 있

다. -1dB의 Eb/No값에서 복원된 영상의 평균적인 PSNR값이 SPIHT는 15.15dB 감소되었고, baseline JPEG은 17.73dB가 감소되었으나 제안 방법은 6.79dB가 감소되어 성능열화가 거의 일어나지 않아 에러가 발생하는 무선 채널에 적합한 부호화 방식이라 할 수 있다.

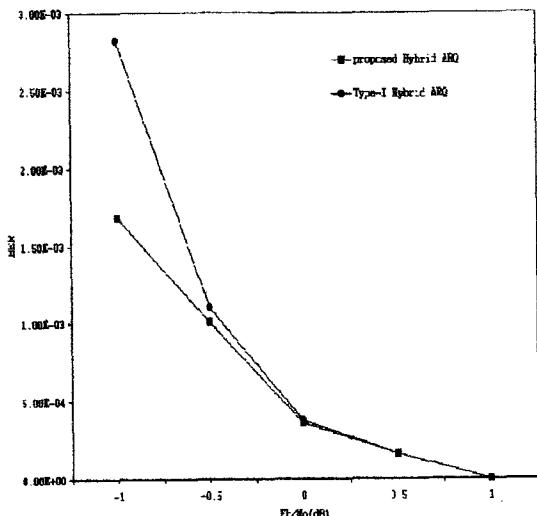


그림 10. Type-I Hybrid ARQ방식과 제안된 Hybrid ARQ방식에 의한 BER 비교
Fig. 10. BER comparison of Type-I Hybrid ARQ and proposed Type-I Hybrid ARQ.

그림 10은 재전송방식에서 기존의 Type-I Hybrid ARQ 방식과 제안된 Hybrid ARQ 방식의 성능비교를 나타내었다. 그림에서 볼 수 있듯이 오류가 많이 발생될 수록 제안 방식의 BER값이 낮아짐을 알 수 있다.

그림 11은 원 영상으로부터 전송된 Eb/No가 0dB 일 때 복원된 최소 PSNR의 결과 LENA영상을 나타내며, 무선채널에서 영상을 전송하는 것은 기존의 압축알고리즘에만 치중한 영상전송방법과 차이가 있음을 나타낸다.

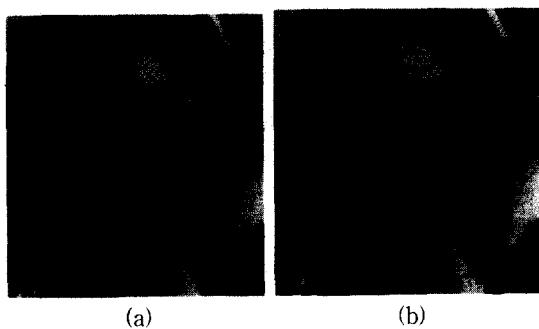


그림 11. Eb/No가 0dB일 때 복원된 최소 PSNR의 LENA영상
(a) 원영상 (b) JPEG(23.85dB)
(c) SPIHT(22.07dB)
(d) 제안된 방법(28.44dB)

Fig. 11. Reconstructed LENA image of a minimum-PSNR at Eb/No of 0dB.
(a) Original image (b) JPEG (c) SPIHT
(d) Proposed method

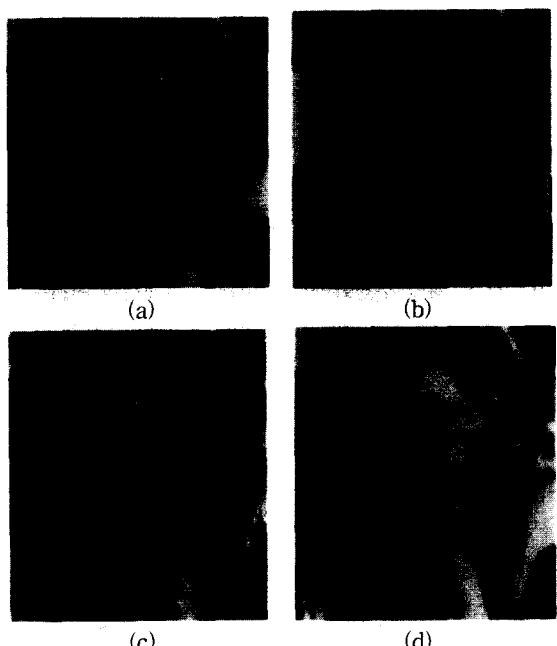


그림 12. Eb/No가 -0.5dB일 때 복원된 최소 PSNR의 LENA영상
(a) 원영상 (b) JPEG(12.22dB)
(c) SPIHT(16.01dB)
(d) 제안된 방법(23.45dB)

Fig. 12. Reconstructed LENA image of a minimum-PSNR at Eb/No of -0.5dB.
(a) Original image (b) JPEG (c) SPIHT
(d) Proposed method

그림 12에서는 낮은 BER($E_b/N_0 = -0.5\text{dB}$)에 대하여 결과를 나타낸다. 그림 12에서 볼 수 있듯이 기존의 2가지 방식은 무선채널의 에러에 대해 상당히 민감한 효과를 나타내어 영상의 왜곡이 크다는 것을 알 수 있다. 제안 방법은 E_b/N_0 가 적은 BER에서 영상전송이 이루어짐으로써, 음성대비 데이터를 위한 추가적인 전력을 소비하지 않아 채널 수용용량을 증대시키는 효과가 있다.

따라서, 본 논문에서 제안된 소스-채널 결합된 부호화 방식이 무선채널이 열화됨에도 PSNR 손실의 폭이 적으므로 IMT-2000과 같은 이동통신 시스템에서 영상전송에 더 효율적인 방식임을 알 수 있다. 또한 주관적인 면에서도 기존의 블록기반 압축알고리즘에서 볼 수 있는 블록화 현상이 최소가 되어 인간의 시각 특성에 적합한 방식임을 확인하였다.

V. Conclusion

본 논문에서는 이동 무선 환경에서 소스코더와 결합된 채널코더의 부호화 방법을 제시하였다. 소스코더는 웨이브릿 변환 알고리즘을 이용하여 각 대역별 중요도를 고려하여 차등적인 크기의 블록단위로 세분화하여 부호화하는 방법으로 무선구간에서 에러의 확산을 최소화하였다. 소스의 에러 감응도를 분석하여 채널 부호화시 신호 대역에 따라 차동 RS 부호화율을 적용하여 기존의 독립적인 소스 채널 부호화방식에 비해 무선채널의 열화에서도 성능감소가 거의 일어나지 않았다. 적은 전력으로도 영상전송이 가능하므로 이동통신 시스템에서 가장 중요한 요소인 데이터용 채널용량증가가 가능하다. 또한 이러한 부호화 방식과 결합하여 truncated Hybrid ARQ 방식의 오류 패킷 데이터중 오류가 없는 부분에 대하여 블록단위로 선별하여 combine하도록 하여 성능향상을 이루었다. 영상등 데이터전송의 비중이 커지는 차세대 이동통신시스템에서는 소스의 특성을 고려하여 열악한 무선 채널을 극복할 수 있는 결합 부호화 방식을 선택하는 것이 더욱 적합한 부호화 방식이 될 것이다.

참 고 문 헌

- [1] A. Said and W. A. Pearlman, "A new, fast, and efficient image codec based on set partitioning in hierarchical trees," *IEEE Trans. Circuits Syst. Video Technol.*, vol. 6, pp. 243-250, June 1996.
- [2] G. K. Wallace, "The JPEG Still Picture Compression Standard," *Comm ACM*, vol. 34, pp. 30-44, Apr. 1991.
- [3] Charles D. Creusere, "A New Method of Robust Image Compression Based on the Embedded Zerotree Wavelet Algorithm," *IEEE Trans. on Image Processing*, vol. 6, no. 10, pp. 1436-1442, Oct. 1997.
- [4] S. Lin, D. J. Costello, Jr., "Automatic Repeat Request Error Control Schemes," *IEEE Comm Magazine*, vol. 22, no. 12, pp. 7-16, Dec. 1984.
- [5] A. J. Viterbi, "Convolutional Codes and Their Performance in Communication systems," *IEEE Trans. on Comm.* vol. COM-19, pp. 751-772, 1981.
- [6] G. D. Forney Jr., "The Viterbi Algorithm," *Proc. IEEE*, vol. 61, pp. 268-279, Mar. 1973.
- [7] S. B. Wicker, V. K. Bhargava, "Reed-Solomon Codes and Their Applications," *IEEE Press*, 1994.
- [8] Man H., Kossentini F., and Smith MJT, "A family of efficient and channel error resilient wavelet/ subband image coders," *IEEE Trans. on Circuits & Systems for Video Technology*, vol. 9, no. 1, pp. 95-108, Feb. 1999.
- [9] Liyanage C. De Silva and Hari K. Garg, "Performance Comparison of Source-Channel Codecs for Image Transmission in Noisy Mobile Channels using CDMA," *IEEE APCC/ICCS*, pp. 79-82, Nov. 1998.
- [10] Po-Rong, "Spread spectrum CDMA systems for subband image transmission," *IEEE Trans. on Vehicular Technology*, vol. 46, no. 1, pp. 80-95, Feb. 1997.
- [11] S. Aissa, E. Dubois, C. Despins, and S. Yoshida, "Robust VB 2D-CELP image transmission over CDMA fading channels," *Proc. IEEE VTC'97*, vol. 2-B, 1997.
- [12] Masoud Khansari, Ahmad Jalali, Eric Dubois,

- and Paul Mermelstein, "Low Bit-Rate Video Transmission over Fading Channels for Wireless Microcellular Systems," *IEEE Transactions on circuits and systems for Video Technology*, vol. 6, no. 1, pp. 1-11, Feb. 1996.
- [13] Po-Rong, "Spread Spectrum CDMA Systems for Subband Image Transmission," *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 46, no. 1, pp. 80-95, Feb. 1997.
- [14] J. E. Kleider, G. P. Abousleman, "Adaptive-rate image compression for wireless digital data transmission systems," *IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing*, vol. 5, pp. 2629-2632, May 1998.
- [15] K.-H. Ryu, D.-J. Kim, J.-W. Lee, and P.-J. Park, "The reverse link performance evaluation of the DACOM WLL system," *The 2nd CDMA International Conference Exhibition*, vol. 2, pp. 254-258, 1997.

저자 소개

李炳吉(正會員)

1991년 경북대학교 전자공학과 학사. 1993년 경북대학교 전자공학과 석사. 1993년 1월~1999년 현재 (주)데이콤 종합연구소 근무. 관심분야 : IMT-2000, 이동멀티미디어 통신

朴吉欽(正會員)

1982년 2월 경북대학교 전자공학과 학사. 1984년 2월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 석사. 1990년 2월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 박사. 1999년 현재 경북대학교 전자전기 공학부 부교수. 관심분야 : 이동멀티미디어 통신, 영상정보처리

趙賢昱(正會員)

1998년 경북대학교 전자공학과 학사. 1998년 경북대학교 전자공학과 석사 과정. 관심분야 : 이동멀티미디어

朴板宗(正會員)

1982년 경북대학교 전자공학과(학사). 1989년 Texas A&M University 전기전자공학과(석사). 1991년 Texas A&M University 전기전자공학과(박사). 1982년~1987년 국방과학연구소 연구원. 1992년~1994년 한국통신기술(주). 1994년~현재 데이콤 종합연구소 이사(IMT-2000 시스템 기술팀장)

