

DSRC 시스템 채널 환경에서 정지 영상 전송을 위한 에러 복구 및 은닉 기법

최은석, 백중환

한국항공대학교 항공통신정보공학과

전화 : 02-3158-5065 / 핸드폰 : 016-257-8105

Error Resilient and Concealment Schemes for Still Image Transmission over DSRC System Channel

Eun Suk Choi, Joong Hwan Baek

Dept. of Telecommunication & Information Eng., Hankuk Aviation University

E-mail : image2000@mail.hankong.ac.kr

Abstract

In the Dedicated Short Range Communication (DSRC) system channel, a large number of bit errors occur because of Additive White Gaussian Noise (AWGN) and fading. When an image data is transmitted under the condition, reconstructed image quality is significantly degraded. In this paper, as an alternative to the error correcting code and/or automatic repeat request scheme, we propose an error recovery scheme for image data transmission. We first analyze how transmission errors in the DSRC system channel degrade image quality. Then, in order to improve image quality, we propose error resilient and concealment schemes for still image transmission using DCT-based fixed length coding, hamming code, cyclic redundancy check, and interleaver. Finally, we show its performance by an experiment.

I. 서론

지능형 교통 시스템(ITS : Intelligent Transportation

System)기술은 기초 교통시설에 첨단 전자통신 정보기술을 응용함으로써 교통 시설이용 효율성의 극대화, 교통사고의 획기적인 감소, 물류비 절감 및 첨단 교통산업의 육성 등이 기대되는 산업으로 특히 첨단 데이터 통신 기술을 이용하여 운전자에게 교통 혼잡, 교통 사고 등과 같은 실시간 교통 정보를 제공함으로써 운행시간, 에너지 낭비, 교통공해 등을 줄일 수 있는 효과적인 해결책으로 급부상하고 있다. ISO TC-204 WG-15에서 표준화를 다루고 있는 DSRC(Dedicated Short Range Communication)은 노면 장치라 불리는 도로변에 위치한 소형 기지국과 차량 내에 탑재된 차량탑재장치간의 양방향 단거리 무선 통신을 의미한다.

본 논문은 DSRC 시스템의 채널환경에서 실시간 교통 정보 전송을 위해 영상을 전송 시에 발생하는 에러의 복구 및 은닉 기법에 대한 연구를 수행한 것으로서, 현재 개발된 DSRC 시스템을 위한 무선 채널을 모델링하고 이러한 채널에 대용량의 영상 데이터를 에러에 견고하도록 압축하였다. 이렇게 압축된 영상 데이터에 에러 정정과 에러 탐색 코드를 부가하고, 수신기에서 보다 효율적인 에러 정정을 위해 버스트성 에러를 확산시킬 목적으로 인터리버 기법을 사용하였다. 마지막으로,

수신된 영상 데이터에 발생한 에러를 은닉시키기 위해 채널환경에서 발생하는 에러 타입을 연구하고 여기에 맞는 효율적인 에러 은닉 기법을 제안한다.

II. 고정길이 압축방식을 사용한 정지 영상의 전송

본 절에서는, 사용한 DCT-기반의 고정길이 압축방식에 대해 간략히 설명한다. 또한 DSRC 시스템의 성능과 채널에서 발생하는 전송 에러가 영상을 얼마나 열화시키는가를 보인다.

2.1 고정 길이 코딩을 사용한 영상 압축

영상 부호기와 복호기의 블록도는 그림 1과 같다.

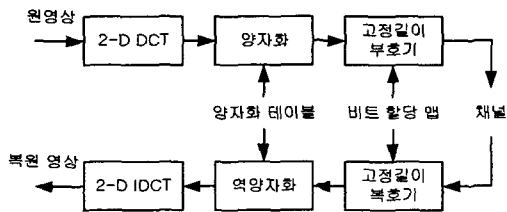


그림 1. 영상 부호기와 복호기

하나의 입력 영상은 8×8 블록들로 분할된다. 이러한 블록들은 DCT 변환되고, 변환된 DCT 계수들은 양자화 테이블에 의해 양자화 된다. 양자화된 DCT 계수들중 고주파수 계수들은 0 이 되거나 매우 작은 값이 되기 때문에 거의 비트를 할당할 필요가 없다[1].

본 논문에서는, 그림 2에 보이는 비트 할당 맵을 이용하여 양자화된 DCT 계수들의 비트 수를 할당한다[2]. 결론적으로, 한 블록은 각 화소가 8 비트인 64개의 화소로 이루어지므로 512 비트에서 107 비트로 감소된다. 영상 전체에 대해 동일한 비트 할당 맵을 이용하므로 이 압축 방식은 화질은 변하지만 압축율은 일정하다. 256-흑백 레벨 영상의 PSNR은 다음과 같이 정의된다.

$$PSNR = 10 \log_{10} \left(\frac{255^2}{\frac{1}{L_x L_y} \sum_{x=1}^{L_x} \sum_{y=1}^{L_y} (s_{x,y} - s'_{x,y})^2} \right) \quad (1)$$

여기서, L_x, L_y 는 영상의 수평, 수직 크기를 나타내며, $S_{x,y}, S'_{x,y}$ 는 원영상과 복원영상을 나타낸다.

7	6	5	4	3	2	2	2
6	5	4	3	2	2	2	
5	4	3	2	2	2		
4	3	2	2	2			
3	2	2	2				
2	2	2					0
2	2						
2							
2							

그림 2. 영상 압축을 위한 비트 할당 맵

2.2 DSRC 시스템 채널환경에서 영상 전송

DSRC 시스템 채널에서 전송에러가 어떻게 영상화질을 열화시키는 지를 실험한다. 현재 개발된 DSRC 시스템의 신호 방식은 진폭 천이 변조(ASK : Amplitude Shift Keying)이고 무선 환경은 AWGN과 라이시안 페이딩이 존재하는 채널로 모델링 할 수 있다[3]. 무선 채널의 저역 등가 복소 임펄스 응답 $h(t)$ 는 다음과 같이 표현된다.

$$h(t) = [1 + \beta \exp(j\zeta)] \delta(t) \quad (2)$$

여기서, 상수 1은 직접파(LOS : Line of Sight) 성분이고, 반사파 성분의 랜덤 이득 β 는 $E[\beta^2] = 2\sigma^2$ 의 레일리 분포를 가지며, 랜덤 위상 ζ 는 $[0, 2\pi)$ 구간에서 일양분포를 갖는다. 이러한 랜덤 이득과 위상은 한 비트 구간에서 상수로 간주된다. 직접파 성분 전력 대 반사파 성분 전력비 K_R 은 다음과 같이 표현된다.

$$K_R = \frac{1^2}{E[\beta^2]} = \frac{1^2}{2\sigma^2} \quad (3)$$

라이시안 파라미터 K_R 은 BER(Bit Error Rate) 성능을 결정하는데 중요한 역할을 담당한다. 일반적으로 K_R 은 약 10~20 [dB]의 분포를 가지는 것으로 알려져 있다. 그림 3은 무선 전송부의 시뮬레이션 모델을 나타낸다.

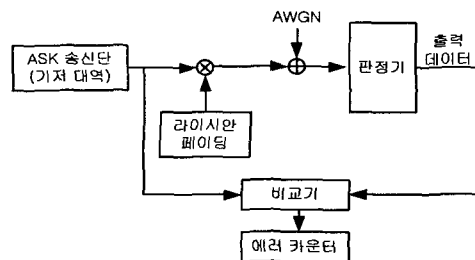


그림 3. 무선 전송부의 시뮬레이션 모델

DSRC 시스템 채널 환경에서 정지 영상 전송을 위한 에러 복구 및 은닉 기법

그림 4는 $K_R=15$ [dB]인 라이시안 페이딩 채널에서, ASK 변조 방식의 BER 성능을 보인 것이다. 또한 라이시안 페이딩 채널을 통과하여 수신기에서 복원한 영상을 그림 5에 보인다.

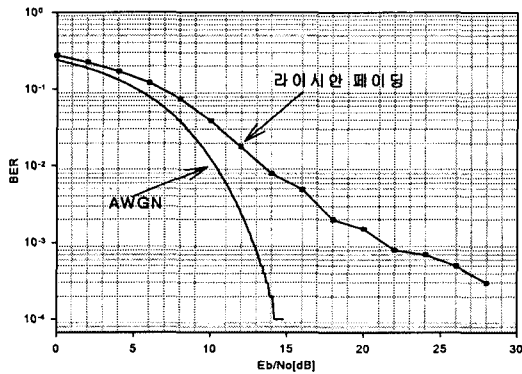


그림 4. ASK 변조 방식에서 BER 성능
($K_R = 15$ [dB])



(a) 원 영상 (b) 복원 영상(에러 없음때)
(PSNR : 30.45 [dB])



(c) 채널 통과후 복원 영상(PSNR : 24.42 [dB])

그림 5. $K_R = 15$ [dB], $E_b/N_0 = 15$ [dB] 채널 환경에서 수신한 영상

III. 정지 영상 전송을 위한 에러 복구 및 은닉 기법

그림 5(c)에 나타난 전송 에러를 정정하고, 영상화질을 개선하기 위해, 정지 영상 전송을 위한 에러 복구 및 은닉 기법을 제안한다.

3.1 에러 복구 기법

송신기에서, 먼저 8×8 블록을 그림 6과 같이 재구성하게 된다.

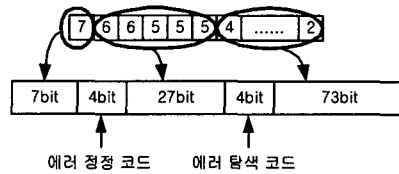


그림 6. 재구성된 패킷

재구성된 패킷은 영상 데이터 107비트와 에러 정정 코드 4비트, 에러 탐색 코드 4 비트, 총 115비트로 구성한다. 비트 할당 맵을 이용하여 양자화된 DCT 계수들에 할당된 비트들 중에서 DC 계수 7비트의 경우 한 블록의 평균 화소 값을 표현하므로 블록 전체에 가장 많은 영향을 준다. 따라서 한 비트 에러를 정정할 수 있는 (7, 4) 해밍 코드를 부가하여 에러 정정을 수행할 수 있도록 한다. 해밍 코드는 한 비트 에러만 발생할 경우에 높은 성능을 나타내지만, 버스트성 에러나 다중 비트 에러의 경우는 그렇지 못하다. 따라서 DC 계수 7비트와 해밍 코드 4 비트, 11비트를 기준으로 2차원 패킷을 구성한 다음, 한 열씩 분리하여 1차원으로 재구성하는 인터리버를 사용하여 버스트성 에러나 다중 비트 에러를 확산시킨다.

DCT 계수 중에서, AC 계수들의 경우 보다 낮은 저주파수 계수들이 고주파수 계수에서 에러가 발생할 때보다 에러의 영향이 훨씬 크므로 저주파수 계수에서만 에러를 탐색 할 수 있는 에러 탐색 코드를 부가한다. 다항식 $G(x) = x^5 + x^4 + x^3 + x^2 + x + 1$ 을 이용한 CRC가 에러 탐색 코드로 사용된다[4]. 저주파수 계수들에서 에러 탐색 코드에 의해 에러가 탐색되면 수신기는 블록의 AC 계수 전체가 에러가 발생했다고 여긴다. 즉, 고주파수 계수에서 발생한 에러의 영향은 전체 블록의 화질에 크게 영향을 미치지 않으므로 무시한다. 수신기에서 에러가 탐색된 AC계수에 대해서는 다음에 소개할 에러 은닉 기법에 의해 에러를 은닉하게 된다.

3.2 에러 은닉 기법

AC 계수들에 대한 에러 은닉은 DCT 도메인에서 에지가 없는 평탄 영역의 경우에만 수행된다. 먼저 에러 블록이 평탄한 영역인지 에지가 존재하는 영역인지를 구분할 필요가 있다. 에지 탐색은 공간 도메인에서, 참조 블록들의 중앙에 위치한 화소 값에 간단한 차등 연산자와 경계 값을 이용하여 수행된다. 에지 탐색에 의해 에지가 검출되지 않으면 평탄한 영역으로 판단, 평균-중간 필터를 이용하여 에러 블록을 보간한다[5]. 그림 7과 같이 에러가 탐색된 블록을 중심으로 주변 8 블록을 고려하여 오름차순으로 정렬한 후, 4, 5, 6 번째 값의 평균으로 에러 블록을 예측한다.

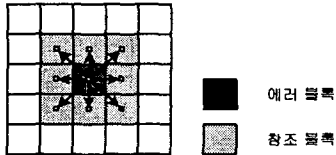


그림 7. 평탄 영역의 에러 은닉

$$z_i^{(j)} = \text{ord}\{x_i^{(j)}\} \quad i=2, \dots, 64; j=1, 2, \dots, 8$$

$$\Rightarrow y_i = \frac{z_i^{(4)} + z_i^{(5)} + z_i^{(6)}}{3}, \quad i = 2, 3, \dots, 64 \quad (4)$$

여기서, i 는 DCT AC 계수의 첨자를 의미하고, j 는 참조 블록의 첨자를 의미한다. $x_i^{(j)}$ 는 j 번째 참조 블록의 i 번째 AC 계수를 나타내며, y_i 는 에러 은닉된 블록의 i 번째 AC 계수이다.

IV. 실험 결과

제안한 방법을 실험하기 위해, 채널 환경은 $K_R = 15$ [dB], $E_b/N_0 = 15$ [dB]로 설정하였다. 그림 8에 실험 결과를 보인다.



(a) 채널 통과후 복원 영상 (PSNR : 24.52 [dB]) (b) CRC를 사용하여 에러 블록을 체크한 영상 (PSNR : 27.64 [dB])



(c) 인터리버와 해밍 코드 사용후 복원한 영상 (PSNR : 27.64 [dB]) (d) 에러 은닉후 복원 영상 (PSNR : 28.52 [dB])

그림 8. 결과 영상

V. 결론

본 논문은 DSRC 시스템 채널 모델링, 고정길이 압축 방식, 에러 정정 코드를 이용한 에러 복구, 에러 탐색 코드를 이용한 에러 은닉을 제안하고 실험하였다. 결과적으로, 고정 길이 압축을 방식을 사용하여 에러 전파를 멈추게 하고 짧은 부가 비트의 에러 정정 코드와 에러 은닉으로 만족할 만한 화질을 얻을 수 있었다.

차후 연구 과제로는 그림 8의 결과에서 볼 수 있듯이 PSNR과 화질과의 대비관계로 인해 에지가 존재하는 영역에서 에러 은닉을 수행하지 않았다. 따라서 에지를 고려한 효과적인 에러 은닉기법으로 PSNR과 주관적 화질의 개선이 요구된다.

참고 문헌

- [1] J.S.Lim, "Two Dimensional Signal and Image Processing", Prentice Hall, 1990.
- [2] Ken'ichiro Ogura, Akio Miyazaki, "An Error Resilient Still Image Transmission System For Mobile Radio Communication", IEEE Vehicular Technology Conference, 1999.
- [3] Andreas Polydoros, "Vehicle to roadside communications", California PATH Research Report, 1993.
- [4] Stephen B. Wicker, "Error Control Systems for Digital Communication And Storage", Prentice Hall, pp. 99-127. 1995.
- [5] M. Ancis, D.D. Giusto, "Reconstruction of Missing Blocks in JPEG Picture Transmission", IEEE Pacific Rim Conference, 1999.