

## 무선인터넷 환경에서 FEC를 적용한 H.264/AVC의 성능에 관한 연구

이상헌\*, 강희조\*\*

### 요약

편리하게 사용하고 있는 무선인터넷 환경에서 비디오 데이터의 경우 데이터양이 많고, 압축과정을 통한 시공간적 중복성을 완전히 제거하기 때문에 데이터 손실이 나타나게 된다. 본 논문에서는 H.264/AVC 데이터를 무선망으로 전송하는 유리한 어려강인성 도구인 FEC의 효과를 수학적으로 증명하고, 실제 패킷손실에 적용하여 그 효과를 측정하였다.

## A Study on the Performance of H.264/AVC with FEC in Wireless Internet Environment

Sang-Heon Lee\*, Heau-Jo Kang\*\*

### Abstract

In this paper, We proposed joint-modulation CDMA system for efficient streaming transmission. and, We analyzed joint-modulation CDMA system using nakagami fading model and impulsive interference model for transmission channel environment. Also, it can being compensate the performance degradation by using MRC diversity scheme and BCH coding scheme.

Keywords : Streaming transmission, joint-modulation, CDMA

## 1. 서론

21세기에 접어들면서 방송 및 정보통신 분야에 나타난 가장 큰 변화 중에 하나는 멀티미디어 서비스의 등장과 이 서비스를 제공받을 수 있는 여러 종류의 기기의 개발이라고 할 수 있다. 이는 반도체를 기반으로 한 하드웨어의 발달과 초고속 인터넷의 보급으로 실현가능하게 되었는데, 광대역 전송망을 기반으로 다양한 멀티미디어 서비스가 개발되어지고 있는 실정이다. 특히 컴퓨터가 네트워크에 연결되면서부터 등장

한 스트리밍(Streaming) 서비스는 기존의 방송 서비스에만 제공되던 형태에서 벗어나 사용자의 요구에 의한 서비스(VOD : Video On Demand)의 제공이 가능해짐으로서 매우 높은 관심이 집중되고 있는 서비스 형태이다. 또한 최근에는 무선인터넷 가입자가 급격히 증가하면서 무선인터넷 환경을 통한 멀티미디어 전송 서비스의 요구도 커져가고 있다.

하지만 우리가 편리하게 사용하고 있는 무선인터넷 환경은 멀티미디어 전송 서비스에 불리한 특성을 가지고 있는데, 그 특성 중에서도 대역폭과 손실율은 매우 중요하다. 특히 비디오 데이터가 이 불리한 특성에 민감하게 반응하게 되는데, 이는 비디오 데이터가 문자나 음성에 비해 데이터양이 월등히 많고, 압축과정을 통하여 시공간적 중복성이 완전히 제거되기 때문에 데이터 손실에 의한 피해가 더욱 심각하기 때문이다.

이에 ITU-T의 VCEG(Video Coding Experts Group)와 ISO의 MPEG(Moving Picture Expert Group)에 의하여 비디오의 데이터양을 줄이기

※ 제일저자(First Author) : 이상헌

※ 교신저자(Corresponding Author) : 강희조

접수일자:2006년10월12일, 심사완료:2006년11월23일

\* 목원대학교 대학원 IT공학과 석사과정

\*\* 목원대학교 컴퓨터멀티미디어공학부 교수

[hikang@mokwon.ac.kr](mailto:hikang@mokwon.ac.kr)

▣ 본 연구는 산업자원부의 지역혁신 인력양성 사업의 연구결과로 수행되었음

위한 연구가 계속되어져 왔다. 연구 결과, ITU-T의 H.263과 ISO의 MPEG-4가 발표되고 널리 사용되었지만, 더 좋은 효과의 압축 기술은 계속 요구되어졌다[1][2].

2001년, 이 두 개의 그룹은 JVT라는 이름으로 함께 향상된 압축 기술을 연구하게 되고, 마침내 2003년, H.264/AVC라는 이름으로 더욱 향상된 압축 기술을 발표하였다[3].

향상된 H.264/AVC의 압축효과는 기존의 압축 기술인 MPEG-2보다 50%, H.263 baseline profile보다 47%, 그리고 H.263 high profile보다는 24%의 이득을 얻을 수 있다[4]. 또한 H.264/AVC의 새로운 예러강인성 기술들이 손실이 발생하기 쉬운 무선 인터넷환경에서 예러강인성을 가질 수 있음을 시뮬레이션을 통해 입증하였다[5].

이에 본 논문에서는 H.264/AVC 데이터를 무선망으로 전송하는 유리한 예러강인성 도구인 FEC의 효과를 수학적으로 증명하고, 실제 패킷 손실에 적용하여 그 효과를 측정하였다.

## 2. H.264/AVC의 개요

2002년 12월 국제통신연합(ITU)는 H.264/AVC 권고안을 확정해 발표했다. 국제통신연합(ITU)와 국제표준화기구/국제전자기술위원회(ISO/IEC)가 공동 결성한 '조인트비디오팀(JVT)'에 의해 개발된 H.264 기술은 'ISO/IEC 14496 10 어드밴스드 비디오 코딩'이라고도 불리며 인터넷으로도 무리없이 DVD수준의 동영상 전송할 수 있어 주문형 비디오(VOD) 등 콘텐츠 서비스에 유용할 것으로 예상되고 있다. 이 기술은 특히 파일 압축률이 높아 1Mbps 이하의 인터넷망을 통하여 DVD 수준의 동영상을 전달하면서도 네트워크 자원을 덜 차지하는 장점이 있다.

그러나 H.264 기술은 두 가지의 단점이 지적되고 있는데, 그 하나는 기존의 MPEG4 동영상 압축 기술들에 비해 고성능의 프로세서를 필요로 하고 전력소모가 많아 휴대형 기기엔 적합하지 않다는 것이다. 하지만 H.264/AVC의 복호화 속도는 H.263에 비해 오히려 더 빠른 것으로 실험되었고[6], 부호화 측면에서도 앞으로 하드웨

어로서 H.264 칩이 개발되면 실시간 부호화도 실현될 것이다. 또 다른 하나의 단점은 MPEG4의 이전 버전으로 동영상과는 호환이 되지 않는다는 것인데, 이는 H.264 기술이 새로운 표준으로 널리 상용화가 된다면 쉽게 해결될 것으로 기대한다.

이미 알려진 바와 같이 기존의 H.261과 H.263는 양방향 통신 서비스에 주로 응용되었다. 하지만 H.264/AVC는 양방향 통신 서비스뿐만 아니라 방송과 같은 단방향 통신 서비스도 중요한 응용분야로 삼고 있다. 따라서 부호기에서의 과도한 연산으로 인하여 기존의 양방향 통신 서비스를 위한 압축표준에서는 금기시 되어 왔던 다양한 기술들이 H.264/AVC에서는 표준으로 채택되었다. 그 주요기술은 다중 참조(Multiple reference), 인-루프 블로킹 제거 필터(In-loop deblocking filter), 엔트로피 부호화, 인터 코딩(Inter coding), 인트라 코딩(Intra coding)로 정리해볼 수 있다.

## 3. 무선인터넷 환경에서의 손실 패킷

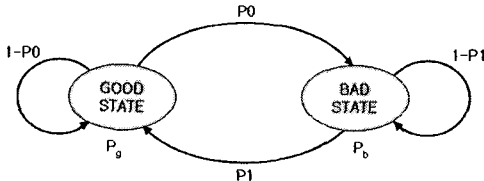
일반적으로 유선 인터넷환경과는 달리 무선 인터넷환경에서는 손실이 많이 발생한다. 따라서 무선 인터넷환경을 통하여 비디오 데이터를 전송할 경우, 발생하는 손실의 영향을 최소화하기 위하여 손실의 패킷을 아는 것이 중요하다. 손실의 패킷을 미리 안다면, 그 패킷의 특성에 맞는 손실 대책을 마련할 수 있기 때문이다.

따라서 본 논문에서는 길버트 모델을 사용하여 cdma2000 1x 망을 모델링한 손실패킷을 사용하였다[7].

길버트 모델에서는 패킷의 손실 여부를 two state 마코브 체인(Markove chain)으로 설명한다. 임의의 패킷이 무사히 수신자에게 도달하는 경우를 하나의 스테이트에서의 손실률을  $P_g$ 로, 반대로 패킷이 손실되는 경우는 다른 스테이트에서의 손실률을  $P_b$ 로 구분한다. 이 때, 손실 특성은 각 스테이트 간의 전이 확률(transition probability)  $P_0, P_1$ 로 표현된다. 본 논문에서는 단순히 패킷의 수신 여부에 따라서 각 스테이트를 구분하지 않고 각 상태에서 패킷손실의 발생

확률이 높은 BAD 상태, 손실 발생확률이 낮은 GOOD상태로 구분하고 각 상태의 손실률을  $P_b$ ,  $P_g$ 로 구분한다. GOOD 상태에서는 매 패킷마다 0과 1사이에서 랜덤 숫자를 발생시켜  $P_0$ 이하인 상태가 전이된다. 마찬가지로, BAD 상태의 경우  $P_1$ 이하일 경우 상태가 전이된다. 이렇게 상태가 결정되면 매 패킷의 손실과 수신은 발생시킨 0과 1사이의 랜덤 숫자의 결과가 해당 상태의 PLR 이하이면 손실, 이상이면 수신으로 결정하고 다음 상태를 결정하는 과정을 반복한다. 전이 확률  $P_0$ ,  $P_1$ 은 BAD 상태의 평균 패킷 수  $I_b$ 와 GOOD 상태의 평균 패킷 수  $I_g$ 로부터 구할 수 있다.  $I_g$ 와  $I_b$ 가 기하분포(geometric distribution)로 존재하기 때문에 전이 확률이  $p$ 인 경우 그 평균은  $\frac{1}{p}$ 이므로 다음과 같은 관계가 성립한다.

$$P_0 = \frac{1}{I_g}, P_1 = \frac{1}{I_b} \quad (1)$$



(그림 1) 길버트 모델

$P(n)$ 은 상태가  $n(=1,2,3...)$  패킷 계속될 확률을 의미한다. 이 때 각 패킷 길이는 상태전이 확률  $P_0$ ,  $P_1$ 에 의해서 결정되므로 다음과 같이 정의한다.

$$P(I_g = n) = P_0 \times (1 - P_0)^{n-1} \quad (2)$$

$$P(I_b = n) = P_1 \times (1 - P_1)^{n-1} \quad (3)$$

또한, 평균 PLR  $P_a$ 는 다음과 같이 구할 수 있다.

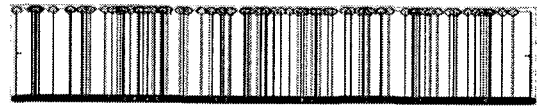
$$P_{avg} = \frac{P_g I_g + P_b I_b}{I_g + I_b} \quad (4)$$

$I_g$ 와  $I_b$ 는 각각 GOOD 상태와 BAD 상태가 지속도니 길이의 평균을 패킷 수로 나타낸 것이다. 그러면  $P_g I_g$ 는 한번의 GOOD 상태에서 잃어버리는 패킷의 개수이고  $P_b I_b$ 는 한번의 BAD 상태에서 잃어버리는 패킷의 개수이다. GOOD 상태와 BAD 상태는 서로 배반적으로(exclusively) 발생하므로 나타난 회수는 같다.  $P_0$ ,  $P_1$ ,  $P_a$ ,  $P_g$ 가 주어졌을 때 식(1)과 식(4)에서  $P_b$ 를 구하는 식을 유도할 수 있다.

$$P_b = \frac{P_a(P_0 + P_1) - P_g P_1}{P_0} \quad (5)$$



(a) 버스트성 손실



(b) 랜덤 손실

(그림 2) 버스트성 손실과 랜덤 손실

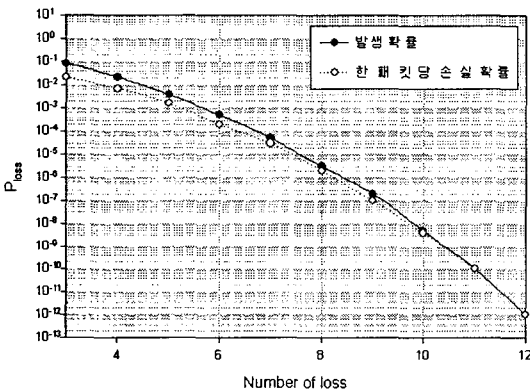
(그림 2)는 길버트 모델 손실과 일반 랜덤 손실을 이용한 패턴 손실을 비교하여 나타내고 있다. 그림에서 나타내는 바와 같이 길버트 모델에 의한 패턴 손실은 버스트성의 손실이 발생하고 있다.

#### 4. FEC(Forward Error Correction) 적용

H.264/AVC의 가장 큰 장점 중의 하나는 뛰어난 압축효과와 더불어 네트워크를 통한 전송 시에러에 대한 강인성을 높였다는 것이다. 에러강인성이 높아진 이유는 이전에 설명된 슬라이스의 개념과 NAL 유닛의 사용 때문이라고 말할 수 있는데, 이는 H.264/AVC의 RTP(Real-time Transport Protocol) 포맷(Format)과 더불어, 에러강인성 도구 중 FEC의 사용에 적합하다.

### 4.1 FEC의 패리티 코드(Parity codes)

FEC 표준문서인 RFC 2733에서는 패킷 기반의 FEC 기법들을 제안하고 있는데, 송신자가 n개의 패킷을 전송하고자 할 때 k개의 패리티 패킷을 추가하여 총 m(=n+k)개의 패킷을 전송하는 방법이다. 이 때 k개의 FEC 패킷은 두 개 이상의 RTP 패킷의 XOR 오퍼레이션으로 생성된 것으로, 수신되어야 할 n개의 패킷 중 손실된 패킷을 복구하기 위해 사용된다. XOR 오퍼레이션은 두 개의 RTP 패킷을 비트 스트림으로 나열한 후 가장 길이가 긴 패킷 사이즈에 맞게 짧은 패킷을 패딩시킨다. 길이가 같아진 비트 스트림을 XOR 오퍼레이션을 취한 결과로 만들어진 비트 스트림이 하나의 FEC 패킷을 구성하게 된다.



(그림 3) FEC(12,10)의 손실 개수에 따른 손실 발생 확률과 패킷당 손실 확률

(n,k)의 패리티 코드를 사용할 경우, k개만큼의 패킷 손실은 복구가 가능하므로 재전송을 할 필요가 없다. 따라서 멀티미디어 데이터와 같은 실시간 데이터의 전송에 적합한데, k개만큼의 패킷을 추가로 전송해야 하므로 네트워크의 대역폭 사용이 그만큼 증가하는 단점이 있다[8].

패리티 패킷을 많이 사용할수록 더 많은 손실 패킷을 복구할 수 있다. 하지만 패리티 패킷의 수와 오버헤드는 서로 트레이드 오프(trade-off) 관계에 있고, 또 송신기와 수신기의 프로세싱 타임도 문제가 될 수 있다.

패리티 비트를 사용한 FEC (12,10)에서는 12개의 패킷 중 2개가 패리티 패킷이다. (그림 3)은 PLR이 0.1일 때, 각각의 손실확률을 나타낸

다.

### 4.2 FEC에 손실 패턴 적용

시뮬레이션의 결과값을 비교하기 위하여 랜덤 손실과 패턴 손실을 각 PLR에 따라 발생시켰으며, FEC(12,10)을 적용하여 손실을 복원하였고, 그에 따른 각각의 손실 복원율을 다음과 같이 계산하였다.

$$\text{손실복원율(\%)} = \frac{\text{NOFEC손실} - \text{FEC손실}}{\text{NOFEC손실}} \times 100 \quad (6)$$

<표 1>을 분석해 보면, 랜덤손실에서는 손실 복원율이 PLR에 선형적으로 감소하지만, 패턴 손실에서는 PLR과는 무관하게 나타남을 관찰할 수 있다. 따라서 각 패턴 손실이 버스트한 정도에 따라 달라진다는 것을 예상하여 각 패턴에 대한 Burstness를 다음과 같이 구해 보았다.

<표 1> 손실 복원율과 Burstness의 관계

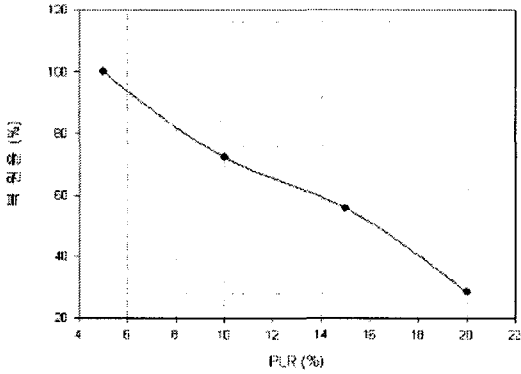
랜덤 손실 PLR (%)	손실 패킷수		손실 복원율(%)	Burstness
	FEC	NO FEC		
5	0	50	100	0.932
10	30	101	72.3	0.751
15	65	147	55.8	0.729
20	134	188	28.7	0.667

패턴 손실 PLR (%)	손실 패킷수		손실 복원율(%)	Burstness
	FEC	NO FEC		
5	22	54	59.2	0.146
10	39	104	62.5	0.102
15	177	185	4.5	0.061

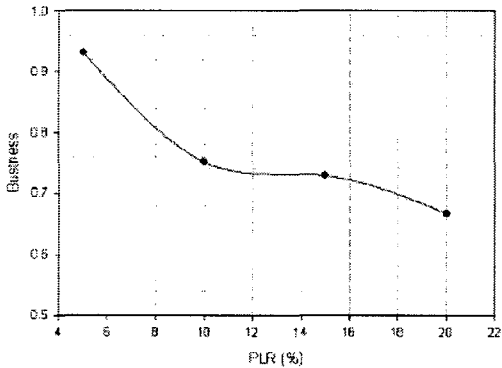
$$\text{Burstness} = \frac{L_{total}}{(1^2 \times N_1) + (2^2 \times N_2) + \dots + (L_{max}^2 \times N_{max})} \quad (7)$$

여기서  $L_{total}$ 은 모든 손실의 개수를 의미하며,  $L_{max}$ 는 가장 긴 연속적인 손실이다. n은 각 연속손실의 개수이고,  $n_{max}$ 는  $L_{max}$ 의 개수를 나타낸다. 따라서 손실길이가 모두 1일 때는  $n_1 = L_{total}$ 이 되어  $Burstness = 1$ 이 된다. 반

대로 모두 손실이어서  $L_{max} = L_{total}$  이 되면,  $n_{max} = 1$  이 되고,  $burstness = \frac{1}{L_{max}}$  이 된다. 따라서 각 패킷 손실의 Burstness는  $\frac{1}{L_{max}} \leq Burstness \leq 1$  이 된다.



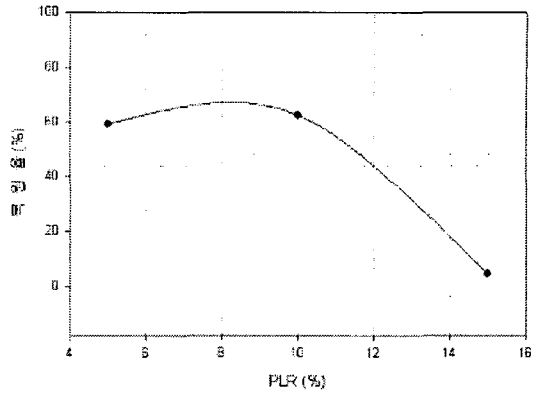
(a) 손실 복구율



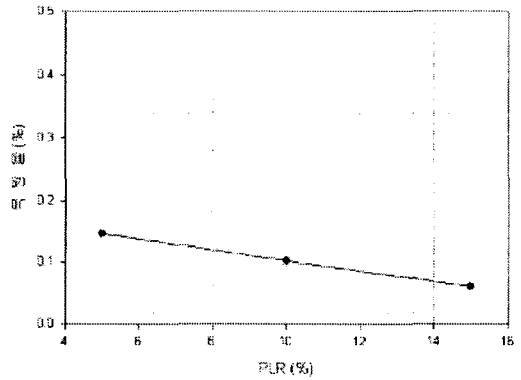
(b) Burstness

(그림 4) 랜덤 손실에서의 손실 복구율과 Burstness

(그림 4)와 (그림 5)는 각각 랜덤 손실과 패킷 손실에서의 손실 복구율과 Burstness를 그래프고 각각 나타낸 것이다. (그림 4)에서 보는 바와 같이 PLR에 대한 Burstness가 손실 복구율과 마찬가지로 선형적으로 감소함을 관찰할 수 있다. 하지만 (그림 5)의 패킷 손실의 경우에는 손실 복구율은 PLR에 절대적이지 못하다.



(a) 손실 복구율



(b) Burstness

(그림 5) 패킷 손실에서의 손실 복구율과 Burstness

이와 같은 결과로 우리는 FEC의 손실 복구율이 랜덤 손실에서는 PLR과 Burstness에 비례하지만, 패킷손실의 경우에는 Burstness에 의존적이지만 절대적이지 않다는 결론을 얻을 수 있었다. 또한 Burstness가 0.1이하로 심한 경우에는 FEC에 의한 손실 복구율을 거의 기대할 수 없다는 결론을 내릴 수 있었다.

## 5. 결론

본 논문에서는 무선채널 환경에서의 H.264/AVC 데이터 전송에 있어, 패킷단위 전송 시 유리한 에러강인성 도구인 FEC의 효과를 실험하였다. 또한 cdma2000 1x망의 손실패턴을 시뮬레이션하여 랜덤하지 않고 버스트한 무선망의

패킷 손실을 발생시켰다. 이 손실패턴에 FEC를 적용시킨 결과 패턴손실의 FEC 손실복원율이 랜덤손실처럼 PLR에 의존적이지 않고 오히려 Burstness에 관계가 있다는 것과 또한 Burstness가 0.1 이하일 경우 FEC의 효과는 거의 얻을 수 없다는 결론을 얻을 수 있었다.

### 참 고 문 헌

[1] "Video Coding for Low Bitrate Communication, Version 1," ITU-T Recommendation H.263, 1995.

[2] "Coding of Audio-Visual Object--Part 2: Visual," ISO/IEC 14496-2 (MPEG-4 visual version 1), 1999.

[3] T. Wiegand, Ed., "Final committee draft: Editor's proposed revisions," in Joint Video Team (JVT) of ISO/IEC MPEG and ITU-T VCEG, Feb. 2003.

[4] Kamaci N., Altunbasak Y., "Performance comparison of the emerging H.264 video coding standard with the existing standards," Multimedia and Expo, 2003. ICME '03. Proceedings. 2003 International Conference on, vol. 1, pp345-348, Jul. 2003.

[5] Calafate C.M, Malumbres M.P., "Testing the H.264 error-resilience on wireless ad-hoc networks," Video/Image Processing and Multimedia Communications, 2003. 4th EURASIP Conference focused on, vol. 2, pp789-796, Jul. 2003.

[6] 임영권, 박재홍, 정제창, "네트워크 친화적 동영상 압축 표준," 제7권 특집 H.26L, pp.233-241.

[7] 박성희, "무선 인터넷 환경에 대한 채널 모델링과 실시간 멀티미디어 전송방안," 경희대학교 석사학위논문, Feb. 2003.

[8] J. Rosenberg, "An RTP Payload Format for Generic Forward Error Correction," RFC 2733, Dec. 1999.

### 이 상 현



2005년 목원대학교 컴퓨터공학과 (공학사)  
 2005년~현재 : 목원대학교 IT공학과 (석사과정)  
 관심분야 : 멀티미디어통신, UWB통신, Cognitive Radio, 무선통신시스템 등

### 강 희 조



1994년 한국항공대학교 대학원 항공전자공학과 (공학박사)  
 1996년 ~ 1997년 : 오사카대학교 공학부 통신공학과 객원교수  
 1990년 ~ 2003년 : 동신대학교 전자정보통신공학부 교수  
 2003년 3월~현재 : 목원대학교 컴퓨터멀티미디어 공학부 교수  
 관심분야 : 멀티미디어통신, 유비쿼터스, 텔레매틱스, 무선통신, 가시광통신, 이동통신 및 위성통신, 환경전자공학, 무선광통신, 디지털콘텐츠, RFID 등