

MIMO 릴레이 네트워크에서 비디오 적응적인 중요도 인지 네트워크 코딩

윤지선*, 안천수*, 신지태^o

Video-Aware Prioritized Network Coding over MIMO Relay Networks

Jisun Yoon^{*}, Chunsoo Ahn^{*}, Jitae Shin^o

요 약

SVC 계층형 비디오는 기본 계층과 확장 계층으로 구성되어 있으며 기본 계층의 정상적인 복호 없이는 확장 계층의 복호가 불가능하다는 특징을 가지고 있다. 따라서, SVC 비디오 전송에서 수신 비디오의 품질 향상을 위해서는 기본 계층의 성공적인 전송이 중요한 요소로서 작용한다. 본 논문에서는 다중 릴레이를 통해서 전송되는 시스템에서, 비디오의 품질 향상을 위해 계층형 비디오의 중요도에 따라서 복호 성공 확률을 향상시키기 위한 네트워크 코딩 방법을 제안한다. 제안하는 비디오 데이터 중요도 인지 네트워크 코딩 방식을 수식적으로 분석 및 실험하여 그 결과를 보이고, 또한 릴레이의 수에 따른 비디오 품질의 성능 변화를 보였다.

Key Words : Network Coding, MIMO, Scalable Video Data, Relay System, 네트워크 코딩, 다중입출력 안테나, 계층형 영상 데이터, 릴레이 시스템

ABSTRACT

SVC layered video is consists of a Base Layer (BL) and Enhancement Layer (EL). Without the base layer decoding, the higher EL layer can not be decoded. Therefore, successful transfer of the BL is important factor for improving the SVC video data. In this paper, we propose a network coding of layered video to improve success decoding probability with the importance order of the video data over a multi-relay system. We shows that formula analysis and experimental results of the proposed network coding scheme. In addition, we shows performance of video quality according to the number of relays.

I. 서 론

디지털 멀티미디어 기술의 급격한 발전과 함께 사용자에게 높은 품질의 서비스를 제공하기 위해서는 데이터 전송율이 제한되는 네트워크에서 효율적인 전송이 더욱 중요한 요소가 되어가고 있다. 특히, 무선 네트워크상에서 유연하고 견고한 비디오 전송은 가장 중요한 것 중 하나이다. 계층형 구조를

가지는 계층형 영상은 의존성을 가진다. 확장 계층 (Enhancement Layer: EL)의 정보를 얻기 위해서는 기본 계층 (Base Layer: BL)의 정보를 수신해야만 한다. 따라서 계층의 중요도에 따라 오류 발생 확률을 줄이는 것은 매우 중요하다. 이를 위해 네트워크 상에서 효율적인 전송 방법 및 계층별 차등 오류 보호 (Unequal Error Protection: UEP)를 제공하기 위한 많은 연구가 진행되어 왔다.

• 주저자 : 성균관대학교 정보통신대학 전자전기공학부, yjson00@skku.edu, 정희원

° 교신저자 : 성균관대학교 정보통신대학 전자전기공학부, jtshin@skku.edu, 정희원

* 성균관대학교 정보통신대학 전자전기공학부, navy12@skku.edu, 준희원

논문번호 : KICS2012-01-033, 접수일자 : 2012년 1월 30일, 최종논문접수일자 : 2012년 8월 29일

네트워크에서 효율적인 전송의 방법 중의 하나로써 네트워크 코딩을 이용한 다양한 전송 방법들이 제안되었다. IP와 MAC 계층에서 적용하는 간단한 XOR 동작을 이용한 네트워크 코딩인 COPE^[1]를 통해 보통의 릴레이 전송과 비교하여, 전송 횟수를 줄이고 높은 처리율을 얻을 수 있다. CFNC (Complex Field Network Coding)의 경우, 복소 연산을 통해 네트워크 코딩을 수행한다. 이를 통해 전송 처리율을 향상시킬 수 있다^[2]. 물리 계층에서 수행하는 네트워크 코딩인 PNC (Physical Layer Network Coding)은^[3]에서 소개되었다. 네트워크 코딩은 broadcasting을 통해 많은 이득을 얻지만 페이딩 채널에서의 성능 열화가 존재한다. 이와 같은 문제를 해결하기 위해 다중 안테나 (MIMO) 기법이 사용될 수 있다. 다중 안테나 기법은 하나의 안테나를 이용하는 경우에 비해 지연과 품질 측면에서 우수한 성능을 가진다^[4]. 두 단계 릴레이 네트워크 전송과 계층형 비디오 전송의 성능 향상을 위한 연구가 진행되어 왔다. 물리 계층 네트워크 코딩 (PNC)을 이용하여 처리율을 향상시키는 연구가 진행됐지만^[3], 이는 주파수-캐리어간 동기가 필요하다는 단점이 존재한다. [7]에서는 rateless 코딩을 이용하여 프레임 오류 확률을 향상시켰으나 이를 데이터의 중요도를 고려할 수 없으므로 계층형 비디오 전송에는 적합하지 않다. [8]에서는 차등 오류 보호를 위해 우선 순위 부호화 전송 (Priority Encoding Transmission: PET)와 임의 선형 네트워크 코딩 (Random Linear Network Coding: RLNC)을 결합하여 성능을 보였다. 하지만 이 기법은 많은 추가적인 자원을 필요로 한다. 왜곡 감쇠량이 최대가 되게 하는 네트워크 코딩 데이터를 선택하는 알고리즘에 대한 연구도 [9]에서 소개되었지만 이 또한 계층형 비디오 전송에는 적합하지 않다. [10]에서는 비디오 품질을 최대화하기 위한 네트워크 코딩 알고리즘이 제시되었지만, 이는 overheard를 전제로 하고 있어 재전송 과정에 적합한 방법이다. [6]에서는 다세대 혼합 (Multi-Generation Mixing: MGM) 기법을 제안하고 있다. 이 기법은 임의 선형 네트워크 코딩 기법을 기반으로 여러 패킷을 세대별로 나누어 이를 혼합하여 전송하는 기법이다. 본 논문에서 제시하는 중요도 기반 네트워크 코딩과 유사한 측면이 있지만, 본 논문에서는 계층형 영상 데이터의 중요도를 바탕으로 네트워크 코딩을 수행하였다. 다중안테나 기법의 사용을 통해 계층형 영상 데이터의 품질을 향상 시켰으며, 공간 다중화 기법과 시공간 블록 코딩

기법의 다중 안테나 기법을 사용했을 경우의 중요도 인지 네트워크 코딩 기법을 비교하고 다수의 릴레이가 존재하는 환경에서의 성능 또한 보였다. 또한 실제 전송 동작 영역인 손실률이 0~10%인 환경에서 임의 선형 네트워크 코딩 기법에 비해 우수한 성능을 보이는 XOR 동작을 이용한 네트워크 코딩 기법을 사용하였다^[5]. 더하여 중요도 인지 네트워크 코딩을 통한 각 계층별 추가적인 복호 이득의 수식적인 분석을 통해 계층형 비디오의 수신 성능을 예측할 수 있도록 하였다.

따라서 본 논문에서 제시하는 중요도 인지 네트워크 코딩을 통해 추가적인 자원의 요구 없이 릴레이에서의 간단한 동작만으로 계층형 비디오의 계층별 중요도를 반영, 전체적인 비디오 품질의 향상을 이끌어 내고 예측할 수 있다.

II. 계층형 영상 데이터 전송을 위한 네트워크 코딩 제안 기법

2.1. 시스템 모델

본 논문에서는 복호 후 전송 방법을 사용하는 릴레이가 존재하는 통신환경을 가정하였다. 소스와 목적지 사이에 릴레이가 존재하며, 릴레이는 본 논문에서 제안하는 중요도 인지 네트워크 코딩을 수행한다.

시스템 전송 과정은 아래의 그림 1과 같다. 소스는 릴레이와 목적지로 데이터를 전송한다. 데이터를 수신한 릴레이는 데이터를 복호 한 후 네트워크 코딩을 수행하여 목적지로 네트워크 코딩된 데이터를 전송하게 된다. 목적지는 소스 및 릴레이로부터 수신한 데이터를 이용하여 신호를 복호한다.

scalable video 데이터의 경우에는 확장 계층은 복호를 위해서 기본 계층 데이터를 필요로 한다. 즉, 기본 계층이 목적지에서 복호가 불가능하면 확장 계층은 데이터를 성공적으로 수신해도 복호가 불가능하다. 따라서 scalable video 데이터의 경우 기본 계층의 복호 성공 확률을 높이는 것이 매우 중요하다. 따라서

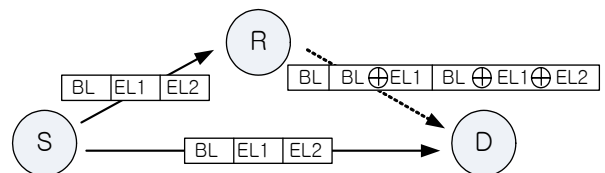


그림 1. 총 3개의 계층을 가지는 SVC 비디오 데이터를 위한 중요도 인지 네트워크 코딩
Fig. 1. Proposed prioritized network coding for SVC layered video

우리는 우선순위가 높은 데이터를 릴레이에서 네트워크 코딩된 데이터에 포함시켜 전송시키는 방법을 통해 기본 계층의 복호 확률을 높이고자 한다. 현재 진화된 시스템과 단말이 다중 안테나를 갖는 것을 고려하여 각각의 노드 소스, 릴레이 그리고 목적지는 각각 2개의 송/수신 안테나를 가지고 있다고 가정한다. 따라서 모든 데이터 전송과정은 2x2 MIMO 시스템으로 볼 수 있다. [5]에 의하면, 실제 전송 환경과 유사한 패킷 손실률이 0~10%인 경우, 임의 선형 네트워크 코딩 (RLNC)을 사용한 경우보다 XOR 동작을 이용한 경우 전송 성공 확률이 높게 나타났다. 따라서 본 논문에서는 XOR 동작을 이용한 간단한 네트워크 코딩 기법을 사용하였다. 소스와 릴레이의 송신 파워는 동일하다고 가정하였다. 따라서 전송 효율을 최대화하기 위해 릴레이는 소스와 목적지의 중간에 위치한다고 가정하였다. 또한 릴레이의 수가 셋 이상 늘어나게 되면 복잡도에 비해 성능 향상 효과가 적기 때문에 릴레이는 최대 3개까지 고려하였다.

본 논문에서는 총 3개의 계층을 이용하여 실험하였다. 이때의 전송 과정은 다음 그림 3과 같다. 기본 계층 (Base Layer: BL), 확장 계층1 (Enhancement Layer 1: EL1) 그리고 확장 계층2 (Enhancement Layer 2: EL2)로 이루어진 scalable video 데이터는 소스로부터 릴레이와 목적지로 전송된다. 이 후 릴레이는 수신한 데이터를 중요도 인지 네트워크 코딩을 수행하여 목적지로 전송하게 된다. 본 논문에서는 반이중 방식을 이용하였다.

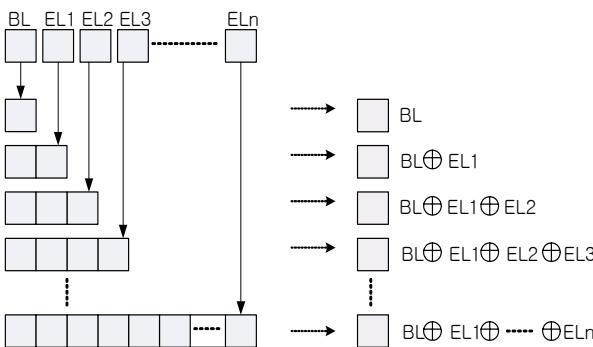


그림 2. SVC 계층형 비디오 데이터를 위한 중요도 인지 네트워크 코딩 방법
Fig. 2. Proposed prioritized network coding for SVC layered video

2.2. 중요도 인지 네트워크 코딩시스템

본 논문에서 제시하는 중요도 인지 네트워크 코딩은 다음 그림 2에서 보이고 있다. 기본 계층을 포함하여 총 n+1개의 계층이 존재한다고 가정한다.

다. 릴레이에서는 전송된 scalable video 데이터들을 복호화한 후 이를 네트워크 코딩하게 된다. 첫 번째 네트워크 코딩된 데이터는 기본 계층의 데이터로만 이루어진다. 두 번째 네트워크 코딩된 데이터는 BL 데이터와 EL1의 데이터의 네트워크 코딩 (e.g. XOR 동작)을 통해 생성된다. 즉, 네트워크 코딩된 데이터는 계층의 중요도에 따라 하나씩 추가되어 생성이 된다. 가장 중요한 계층의 데이터를 가장 많이 포함시켜 최종적인 복호확률을 높이고자 하는데 그 목적이 있다. 네트워크 디코딩 방법 또한 간단한 XOR 동작을 이용하여 수행할 수 있다. 이는 그림 3을 통해 확인할 수 있다. 이 때 동영상 BL, EL1, EL2 데이터를 압축 후 각기 다른 가상버퍼에 저장하고, 전송 시에 전송서버에서 같은 크기로 프레임링 (framing)해서 BL/EL 계층별로 따로 TCP 또는 UDP 세션을 연결하여 보낼 수 있는 것으로 가정한다. 먼저 수신한 기본 계층 데이터는 추가적인 동작 없이 복호 가능하다. 이 후 기본 계층과 확장 계층1이 네트워크 코딩된 데이터가 수신되면 기존에 수신한 기본 계층 데이터 값을 이용하여 확장 계층 1을 복호할 수 있다. 다음 기본 계층과 확장 계층1,2가 네트워크 코딩된 데이터가 수신되면 기존에 수신한 기본 계층과 확장 계층1이 네트워크 코딩된 데이터 또는 복호를 완료한 기본 계층 데이터 및 확장 계층1 데이터를 통해 확장 계층2 데이터의 복호가 가능하다. 이와 같은 방법을 통해 네트워크 코딩된 데이터들을 쉽게 복호할 수 있다.

2.3. 중요도 인지 네트워크 코딩 성능 분석

SVC 계층형 비디오 데이터는 의존성을 가지고 있기 때문에 보통의 통신과정과는 다른 오류 확률을 가진다. 제안하는 중요도 인지 네트워크 코딩은

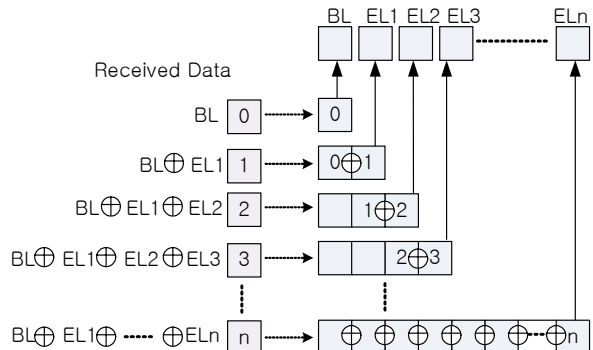


그림 3. SVC 계층형 비디오 데이터를 위한 중요도 인지 네트워크 디코딩 방법
Fig. 3. Proposed prioritized network decoding for SVC layered video

중요도가 높은 데이터를 더욱 빈번하게 전송 데이터에 포함시켜 전체 오류 확률을 감소시킨다. 제안하는 중요도 인지 네트워크 코딩을 통해 얻어지는 비트 오류율 (BER) 이득을 아래에서 제시한다.

기본 계층의 경우, 제안하는 중요도 인지 네트워크 코딩에 대한 비트 오류율 (BER) 이득은 추가적인 복호 확률을 통해 얻어질 수 있다. 중요도 인지 네트워크 코딩을 이용하면, 소스와 릴레이에서 전송되는 모든 기본 계층 데이터가 손실되어도 릴레이에서 전송되는 네트워크 코딩된 데이터를 이용하여 기본 계층의 추가적인 복호가 가능하다 (e.g. 총 3개의 계층을 가지는 경우, $BL \oplus EL1, BL \oplus EL1 \oplus EL2$). 중요도 인지 네트워크 코딩을 수행하지 않은 경우의 기본 계층의 복호 확률은 다음과 같이 나타낼 수 있다:

$$1 - \tilde{p}_1 p_1 \quad (1)$$

소스로부터 전송된 기본 계층의 오류 발생 확률은 \tilde{p}_1 이며, 릴레이로부터 전송된 기본 계층 데이터의 오류 발생 확률은 p_1 이다.

중요도 인지 네트워크 코딩을 사용했을 때의 추가적인 복호 확률은 다음과 같다:

$$\tilde{p}_1 \sum_{i=1}^{L-1} (1 - p_{i+1}) \prod_{j=1}^i (1 - \tilde{p}_{j+1}) p_j, \quad L \geq 2 \quad (2)$$

L 은 데이터 계층의 총 수를 의미한다. 네트워크 코딩 된 데이터 $BL \oplus EL1$ 의 오류 확률은 p_2 이며, $BL \oplus EL1 \oplus EL2$ 의 오류 발생 확률은 p_3 이다.

확장 계층1(EL1)의 경우 두 개의 계층이 존재하는 경우에는 S-D 또는 R-D링크의 기본 계층 데이터와 $BL \oplus EL1$ 데이터를 통해 추가적으로 복호 가능하다. 세 개의 계층이 존재하는 경우에는 앞서 두 개의 계층이 존재할때의 추가적인 복호 확률에 더해 S-D 또는 R-D링크의 BL 데이터와 S-D 링크의 EL2 데이터 그리고 $BL \oplus EL1 \oplus EL2$ 데이터를 통해 추가적으로 복호 가능하다.

확장 계층1 (EL1)에 대한 중요도 인지 네트워크 코딩을 통한 추가적인 복호 확률은 다음 식 (3)과 같다:

$$\begin{cases} \tilde{p}_2(1 - \tilde{p}_1 p_1)(1 - p_2) - \tilde{p}_2(p_2 - 1) & L = 2 \\ P_2 + \tilde{p}_2(1 - \tilde{p}_1 p_1) \sum_{i=2}^{L-1} (1 - p_{i+1}) \prod_{j=2}^i (1 - \tilde{p}_j) p_j & L \geq 3 \end{cases} \quad (3)$$

where, $P_2 = \tilde{p}_2(1 - p_1 p_1)(1 - p_2) - \tilde{p}_2(p_2 - 1)$

중요도 인지 네트워크 코딩을 이용하여, 소스에서 보낸 확장계층 데이터에 오류가 발생해도 추가적인 데이터 복호가 가능하다.

유사하게, 중요도 인지 네트워크 코딩을 사용한 확장계층2 (EL2)는 S-D 또는 R-D링크의 기본 계층 데이터와 $BL \oplus EL1 \oplus EL2$ 데이터를 통해 복호 가능하고 또 $BL \oplus EL1$ 데이터와 $BL \oplus EL1 \oplus EL2$ 데이터를 모두 수신한 경우 추가 복호가 가능하다.

중요도 인지 네트워크 코딩을 사용한 확장계층2 (EL2)의 추가적인 복호 확률 또한 다음 식 (4)와 같이 나타낼 수 있다 :

$$\begin{cases} \tilde{p}_3(1 - p_3)[(1 - \tilde{p}_1 p_1)(1 - \tilde{p}_2) p_2 + (2 - p_2)] & L = 3 \\ P_3 + \tilde{p}_3(1 - p_2) \sum_{i=3}^{L-1} (1 - p_{i+1}) \prod_{j=3}^i (1 - \tilde{p}_{j+1}) p_j & L \geq 4 \end{cases} \quad (4)$$

where, $P_3 = \tilde{p}_3(1 - p_3)[(1 - p_1 p_1)(1 - \tilde{p}_2) p_2 + (1 - p_2)]$

다수의 릴레이가 네트워크 내에서 존재하면서 동일한 네트워크 코딩된 데이터를 전송하는 시스템에서는 수신된 채널 SNR의 변화에 따른 각 스트림의 복호 확률만 달라지고 (2)~(4)의 수식은 동일하게 사용이 가능하다.

제안된 방식으로 수신된 비디오의 품질을 분석하기 위해서는 먼저 수신단에서의 심볼 오류율을 계산하고, 이 값을 바탕으로 패킷의 길이에 따라서 패킷 오류율을 계산 한 후에, 패킷 오류율에 따른 각 레이어 별 왜곡 정도를 계산함으로써, 비디오 품질 지표로 많이 사용하고 있는 PSNR (Peak Signal to Noise Ratio)를 계산할 수 있다. PSNR은 최대 신호 대 잡음비라고 불리며 신호가 가질 수 있는 최대 전력에 대한 잡음의 전력을 나타낸 것이다. 주로 영상 또는 동영상 손실 압축에서 화질 손실 정보를 평가할 때 사용된다. 위 절차를 통한 각 단계의 구체적인 계산 방법은 다음과 같다.

먼저 패킷이 성공적으로 전송 될 확률은 다음 식 (5)과 같이 구할 수 있다^[11] :

$$q_{XX}(\gamma_i, M_i) = (1 - p_e(\gamma_i, M_i))^{\left\lceil \frac{k}{\log_2 M} \right\rceil} \quad (5)$$

여기서 $p_e(\gamma_i, M_i)$ 는 심볼 오류율 (SER)이다.

PSNR은 영상 품질을 측정하는 대표적인 단위이다. 따라서, 우리는 PSNR 성능을 이용하여 중요도 인지 네트워크 코딩을 이용한 비디오 품질을 측정하였다. PSNR은 평균 제곱 오차 (MSE)를 통해서 정의된다.

$$MSE_i = \sum_{i=0}^L D_i q_{i+1} \prod_{j=0}^i (1 - q_j)$$

$$D_{XX} = \frac{MAX_I^2}{10^{Y-PSNR/10}} \quad (6)$$

여기서 MAX_I 값은 이미지의 최대 가능한 픽셀 값을 의미한다. 본 논문에서는 픽셀들은 샘플 당 8 개 비트들로 나타내어지며 그 값은 255이다. D_{XX} 는 왜곡 (Distortion) 값을 의미하며 q_{XX} 는 계층들의 성공적인 패킷 전송 확률을 의미 한다 (즉, q_{BL} 은 기본 계층의 성공적인 패킷 전송 확률).

수식 (6)를 이용하여, 비디오 패킷의 PSNR 값은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$PSNR_i = 10 \log_{10} \left(\frac{MAX_I^2}{MSE_i} \right) \quad (7)$$

전체 비디오 시퀀스의 평균 PSNR 값은 다음 식 (8)과 같이 얻을 수 있다.

$$avgPSNR = \frac{1}{G} \sum_{i=0}^{G-1} PSNR_i \quad (8)$$

위 식에서 G 는 비디오 시퀀스의 전체 GOP 크기이다.

III. 시뮬레이션 결과

제안하는 비디오 중요도 인지 네트워크 코딩의 성능의 우수성을 보이기 위해 비트오류율 및 PSNR 을 통해 그 성능을 보였다. 또한 릴레이의 수에 따른 PSNR 성능을 보였다. 본 논문에서는 특히 협력 다중 점 전송 (Cooperative Multi-Point: CoMP) 기법 통신 환경을 가정하였다. 또한 릴레이 역할을 하는 RRH (Remote Radio Head) 들은 일반적인 경우를 가정하여, 소스 (e.g. eNB)로부터 광 섬유 케이블로 연결되어 있다고 가정하였다. 그리고 Rayleigh fading 채널 및 OFDM 시스템을 가정하였다. 표준 비디오 시퀀스인 Football 시퀀스를 사용하였다. 모든 노드는 송신과 수신을 위해 두 개의 안테나를 가지고 있다. 공간 다중화 다중 안테나 기법을 사용하였으며 변조기법은 QPSK를 사용하였다. 채널 코딩의 블록 크기는 처리 지연은 작게 하기 위해 1로 설정하여 시뮬레이션 하였다. 시뮬레이션 환경은 아래의 표 1에 서술되어 있다. 해당 시뮬레이션은 거

리에 따라 경로손실 (path loss) 모델을 기본으로 수신 SNR을 감소시키는 방법으로 릴레이를 중간위치를 구현하고, 각 통신링크는 Rayleigh fading 모델을 기반한 채널상태를 묘사하여 MATLAB을 이용한 시뮬레이션 결과를 구하였다.

그림 4는 공간 다중화 다중 안테나 기법을 사용했을 때의 비트 오류율 (BER) 성능을 보이고 있다. 다중 안테나 기법을 사용했을 때 중요도 인지 네트워크 코딩을 사용한 경우 전체적으로 모든 계층의 비트 오류율 성능이 향상 되었으며 기본 계층 (BL)의 성능이 네트워크 코딩을 사용하지 않은 경우에 비해 적게는 5dB 많게는 7dB까지 향상된 것을 확인할 수 있다. 반면 중요도 인지 네트워크 코딩은 네트워크 코딩된 데이터에 가장 적게 포함되는 마지막 확장 계층의 성능은 약 3dB 정도로 적게 향상되는 것을 확인할 수 있다.

그림 5는 S-D링크 SNR값에 따른 PSNR 성능을 보이고 있다. 릴레이의 수가 증가할수록 중요도 인지 네트워크 코딩의 수행여부와 관계없이 PSNR 성능이 향상되는 것을 확인할 수 있다. 또한 그림 5에서도 네트워크 코딩을 사용한 경우 전체적으로 우수한 성능을 보인다는 것을 확인할 수 있다. 중요도 인지 네트워크 코딩을 통해 약 5dB의 성능 향상 효과를 확인할 수 있다. 중요도 인지 네트워크

표 1. 실험 환경
Table 1. The Simulation Parameters

Parameter	Value
Video sequence	Football
Codec	H.264 SVC - JSVM v.9.19.7
GOP	16
Resolution	352x288 (CIF)
Layer (QP: 양자화계수, FR: frame rate)	BL QP = 38 FR = 30 EL1 QP = 34 FR = 30 EL2 QP = 30 FR = 30
Channel	Rayleigh fading
Modulation	QPSK
Channel Coding	Convolutional coding (Code rate = 1/2)
FFT size	64
Cyclic prefix	7
Decoder	Viterbi
MIMO	Spatial Multiplex
S-D:S-R:R-D Link Distance	$\sqrt{2} : 1 : 1$

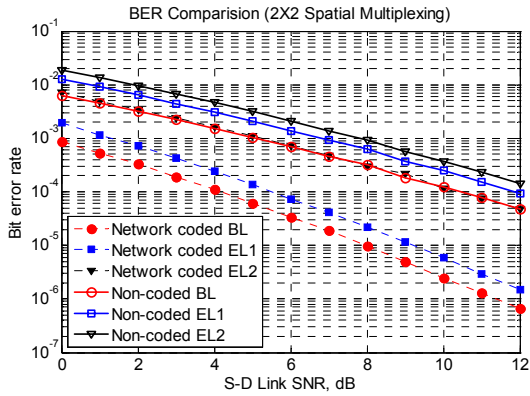


그림 4. Spatial Multiplex 기법을 사용했을 때의 BER 성능 비교
Fig. 4. BER comparison of Spatial Multiplexing (SM) scheme

코딩을 사용한 경우 릴레이가 하나일 때 네트워크 코딩을 사용하지 않은 경우 릴레이가 세 개 존재할 때와 유사한 PSNR 성능을 가진다는 것을 확인할 수 있다. 즉, 신호의 세기가 약할수록 중요도 인지 네트워크 코딩을 사용할 경우 보다 나은 비디오 품질

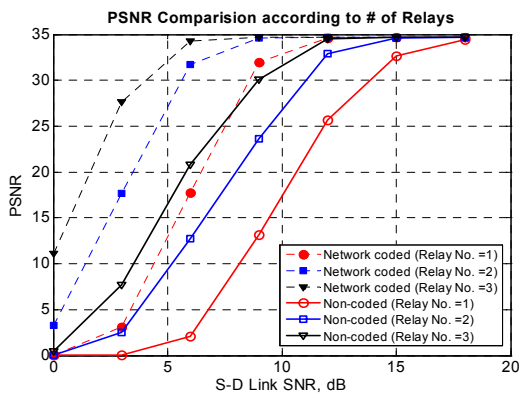


그림 5. 릴레이의 수에 따른 PSNR 성능 비교
Fig. 5. PSNR comparison according to number of relays

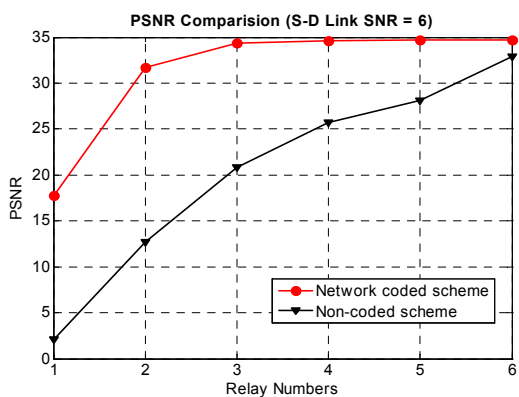


그림 6. S-D 링크 SNR = 6 일 때의 릴레이의 수에 따른 PSNR 성능 비교
Fig. 6. PSNR comparison according to number of relays (S-D Link SNR = 6)

질을 제공할 수 있다.

그림 6은 릴레이의 수에 따른 공간 다중화 다중 안테나 기법을 사용했을 경우의 PSNR 성능을 비교 하였다. S-D 링크간 SNR 값이 6일 때 릴레이의 수에 따른 PSNR 값을 보이고 있다. 중요도 인지 네트워크 코딩을 수행 한 경우에는 릴레이의 수가 세 개가 되면 PSNR 값이 포화상태에 이르는 것을 확인할 수 있다. 이에 반해 중요도 인지 네트워크 코딩을 사용하지 않은 경우에는 릴레이의 수가 여섯 개에 이르러서야 포화 상태에 가까운 값을 얻는다는 것을 확인할 수 있다. 이처럼 본 논문에서 제안 하는 중요도 인지 네트워크 코딩을 사용하면 적은 릴레이만을 이용하여 우수한 성능을 얻을 수 있다.

IV. 결 론

본 논문에서 우리는 H.264 SVC 계층형 영상 데이터를 위한 중요도 인지 네트워크 코딩을 제시하고 이를 수식적으로 분석하였다. 계층형 비디오 데이터의 의존성을 가지는 특징과 릴레이 기반 무선 네트워크의 특징에 기반 하여 결과를 얻었다. 중요도 인지 네트워크 코딩은 중요도가 높은 계층의 오류 발생 확률을 최소화 하고 네트워크 코딩을 수행 하지 않은 경우에 비해 더 나은 비트 오류율 그리고 PSNR 성능을 제공한다. PSNR 성능의 경우 중요도 인지 네트워크 코딩을 수행한 경우 약 5dB의 성능 이득을 얻을 수 있었다. 그리고 릴레이의 수가 증가함에 비트오류율 뿐만 아니라 PSNR 성능도 함께 증가함을 보였다. 중요도 인지 네트워크 코딩을 이용하는 경우 간단한 XOR 동작만으로도 그렇지 않은 경우에 비해 상대적으로 매우 우수한 성능을 보일 수 있다. 또한 신호의 세기가 약할 때 특히 더 우수한 성능을 보이는 것을 확인할 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] S. Katti, H. et al. "XORs in the Air: Practical Wireless Network Coding," *IEEE/ACM Transactions on Networking*, vol. 16, issue 3, pp.497-510, 2008.
- [2] T. Wang and G. B. Giannakis, "Complex Field Network Coding for Multiuser Cooperative Communications," *Journal of IEEE: Communications*, vol.26, no.3, pp.561-571, April 2008.

[3] S. Zhang, S.C. et al. "Hot topic : physical-layer network coding," *International Conference on Mobile Computing and Networking*, pp.358-365, 2006.

[4] W. Peng, et al. "A Novel Analytical Method for Maximum Likelihood Detection in MIMO Multiplexing Systems," *IEEE Transactions on Communications*, vol. 57, issue 8, pp. 2264-2268, 2009.

[5] T. Xiaobin, Q. Guihong and C. Wenfei, "Loss-Aware Linear Network Coding for Wireless Networks," *Proceeding of the 30th Chinese Control Conference*, July 22-24, 2011.

[6] M. Halloush and H. Radha, "Network Coding with Multi-Generation Mixing: A Generalized Framework for Practical Network Coding," *IEEE Transactions on Wireless Communications*, Vol. 10, No. 2, 2011.

[7] X. Li, et al., "Cooperative Communications Based on Rateless Network Coding in Distributed MIMO Systems," *IEEE Wireless Communications*, vol. 17, issue 3, pp.60-67, June 2010.

[8] H. Liu, et al., "Network Coding for P2P Live Media Streaming," *International Conference on Network and Parallel Computing*, pp.392-398, 2008.

[9] N. Thomas, et al., "Randomized Coding for UEP Video Delivery in Overlay Networks," *IEEE International Conference on Multimedia and Expo*, pp.730-733, 2009.

[10] H. Seferoglu and A. Markopoulou, "Video-Aware Opportunistic Network Coding over Wireless Networks", *IEEE Journal on selected areas in Communications*, vol.27, no.5, June 2009.

[11] S.L. GONG, B.G. KIM and J.W. LEE, "Optimal Opportunistic Scheduling and Adaptive Modulation Policies in Wireless Ad-Hoc Networks with Network Coding," *IEICE TRANS. COMMUN.*, vol. E92-B, no. 9, Sep 2009.

윤 지 선 (Jisun Yoon)



MIMO

2010년 2월 성균관대학교 정보통신공학부 졸업
 2012년 2월 성균관대학교 휴대폰학과 석사
 2012년 3월~현재 삼성전자 연구원
 <관심분야> 네트워크 코딩,

안 천 수 (Chunsoo Ahn)



2005년 2월 성균관대학교 정보통신공학부 졸업
 2006년 8월 성균관대학교 전자전기컴퓨터공학과 석사
 2012년 3월~현재 성균관대학교 전자전기컴퓨터공학과 박사과정
 2006년~2012년 삼성전자 반도체 선임연구원
 <관심분야> 영상처리, 유무선 통신네트워크 시스템, 멀티미디어 통신, 임베디드 시스템

신 지 태 (Jitae Shin)



1986년 2월 서울대학교 전기공학과 학사
 1988년 2월 KAIST 원자력공학과 석사
 2001년 5월 Univ. of Southern California (USC), Dept. of Electrical Eng. 석사 및 박사
 1988년~1991년 한국전력공사 고리원자력 발전소
 1991년~1996년 한국원자력연구소 계측제어설계부
 2001년 8월~2002년 2월 경희대학교 정보통신전문대학원 교수
 2002년 3월~현재 성균관대학교 정보통신대학 교수
 <관심분야> 멀티미디어 통신/네트워크, 이동휴대 방송기술, 유무선 통신네트워크 시스템, 영상처리