

# 무선 채널에서의 오류에 강인한 비디오 통신을 위한 채널 환경에 적응적인 참조 영상 세그먼트 선택 (RPSS) 기법

정회원 경 정 찬\*, 박 수 열\*, 김 성 대\*

## Channel Adaptive RPSS (Reference Picture Segment Selection) Technique for Error-Resilient Video Communication over Wireless Channels

Jung-Chan Kyoung\*, Soo-Yeal Park\*, Seong-Dae Kim\* *Regular Members*

### 요 약

본 논문에서는 에러 발생률이 높은 무선 환경에 적응적인 영상 부호화 기법에 관해 살펴보고자 한다. H.263+ 이 전송 오류에 대처하고자 제시한 Reference Picture Selection (RPS) mode의 오류 복구 기능과 Independent Segment Decoding (ISD) mode의 열화 번짐 제한 능력을 수용하는 Reference Picture Segment Selection (RPSS) mode를 제시한다. 참조 영상을 세그먼트 단위로 분할하고 독립적으로 선택하여 기존의 RPS 보다 부호화 효율을 높이고 ISD를 이용하여 round trip delay-동안 공간상으로 열화가 번지는 현상을 줄일 수 있다. 또한 다양한 채널에서 적용적으로 세그먼트의 개수나 RPSS 모드를 선택할 수 있는 기준을 제시한다. 채널 상태에서의 모의 실험을 통해 제안한 기법이 단순 RPS나 ISD보다 높은 부호화 효율을 가진다는 것을 확인할 수 있다.

### ABSTRACT

The proposed RPSS (Reference Picture Segment Selection) mode is the RPS mode in picture segment of the ISD mode. The RPS mode has the weakness that it has to change the whole reference picture even if transmission error occurs only in the small part of picture. If the RPS mode is applied only to an error-occurred part and a conventional coding scheme is applied to an error-free part, the higher coding efficiency can be obtained. Simulation results show that there is the optimal number of segment which provides the best performance with given environment such as the BER (Bit Error Rate) of wireless channels, the characteristics of input sequence, what kind of RPSS mode is used, etc. To apply the channel-adaptive RPSS mode later, the scheme which can change the number of segment without INTRA refresh and spatial error propagation is proposed in this paper.

### I. 서 론

최근에 RTT (Radio Transmission Technology), 반도체 기술의 진보로 인해 이동 통신 분야에서 늘

발만한 성장이 이루어 지고 있다. 이러한 급속한 성장으로 사용자들은 오디오, 비디오, 텍스트, 그래픽 같은 멀티미디어 정보물 무선망을 통해서 신뢰성 있게 전송할 수 있는 수준까지를 요구하고 있다 [1][2]. 인터넷 서비스와 같은 비음성 데이터 서비스

\* 한국과학기술원 전기 및 전자공학파(kyoung@advision.kaist.ac.kr)  
논문번호 : 98403-1007, 접수일자 : 1998년 10월 7일

수요의 증가에 부응하고 보다 넓은 전송 대역폭 (~2Mbps) 및 높은 서비스 품질을 제공하기 위하여 IMT-2000 같은 차세대 무선 통신망에 대한 표준화가 진행 중이다. 이에 따라 넓은 대역폭을 요구하는 다양한 실시간 멀티미디어 서비스의 제공이 가까운 미래에 가능하게 되었으며 이에 대한 연구가 활발하게 진행 되고 있다.

IMT-2000에서 제안하고 있는 망은 기존의 PSTN (Public Switched Telephone Network), PDN (Public Data Network), ISDN (Integrated Service Digital Network), B-ISDN (Broadband- Integrated Service Digital Network)과 같은 유선망 (wired network)을 포함하는 통합망 구조로 발전될 것이다<sup>[4]</sup>. 무선망 (wireless network)은 유선망과는 다른 통신 환경으로 인해 데이터 전송 시 랜덤 에러(random error), 레일레이 페이딩 에러 (Rayleigh fading error), 연립 에러 (burst error) 등 다양한 형태의 오류가 발생한다. 무선망에서의 이러한 오류들로 인해 실시간 멀티미디어 서비스 제공을 위해 반드시 필요한 전송 지연, 셀손실을 같은 QoS (Quality of Service)를 유무선 통합망에서는 보장하기 어렵다.

비디오 데이터는 음성 데이터에 비해 상대적으로 넓은 대역폭을 필요로 한다. 지금까지 제안된 대부분의 블록 기반 동영상 부호화 기법은 현재 입력 영상과 부호화된 이전 영상간의 차이 성분을 부호화하는 예측 부호화 기법을 기본으로 하고 있다. 또한 압축률을 높이기 위해 가변 길이 부호화를 채택하고 있다. 압축률이 높으면 상대적으로 외부 에러에 민감하기 때문에 음성 통신에 비해 오류에 의한 파급 효과가 더 크다. 블록 기반 부호화 기법으로 부호화된 프레임 데이터를 전송하는 중에 에러가 발생하면, 그 오류 블록의 움직임에 따라 다음 프레임에 영향을 미친다. 이와 같이 비디오 통신에서 전송 오류에 의한 열화가 시공간상으로 퍼지는 현상을 막아야 한다. 이러한 이유로 채널 에러가 있는 환경에서 강인한 비디오 통신을 할 수 있는 기법들이 연구 중에 있다<sup>[5][6]</sup>.

본 논문에서는 채널에 적응적인 RPSS 방법을 제안한다. RPSS 모드는 H.263+에서 제안된 RPS나 ISD의 단점들을 보완한 방법이며 채널 상태에 따른 부호화 효율을 보일 수 있으며 구현에 있어서 효율적인 메모리 구조를 제공한다. 수신단에서의 부호화 정보를 이용하여 참조 영상을 선택하는 참조 영상 선택 (RPS) 기법은 영상 단위로 참조 영상을 선택하므로 부호화 효율이 떨어지는 단점이 있다. 이를

보완하기 위해 독립 세그먼트 부호화 (ISD) 기법의 세그먼트 개념을 이용하는 참조 영상 세그먼트 선택 (RPSS) 기법을 제안한다. 이는 오류가 발생한 세그먼트만을 이전 영상에서 가져오게 하여 부호화 효율을 높일 수 있다. 영상의 종류, 비트 할당량, 채널의 비트 에러율 등에 따라 세그먼트의 수를 가변적으로 할 수 있게 하여 적응적으로 RPSS를 적용할 수 있다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제2장에서는 H.263+가 선택 모드로 지원하고 있는 RPS 모드와 ISD 모드에 대해 살펴본다. 제3장에서는 ISD 모드와 RPS 모드의 단점을 보완한 채널 상태에 적응적인 RPSS (Reference Picture Segment Selection) 방법에 대해 제안한다. 제4장에서는 각각 구현한 RPS 모드, ISD 모드, 그리고 제안한 RPSS 모드에 대한 실험 결과를 보이고 제5장에서는 결론과 향후 과제에 대해 언급한다.

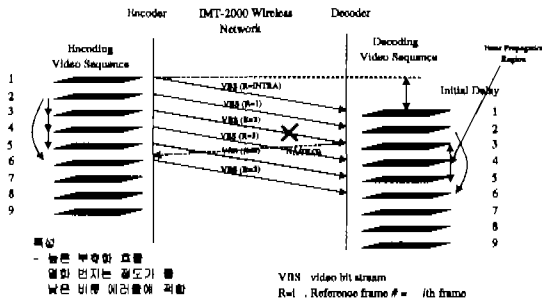
## II. H.263+에서 제시하는 기법

논문에서 제안하고자 하는 오류에 강인한 기법을 이해하기 위해선 우선 기존의 H.263+에서 지원하고 있는 참조 영상 선택 (RPS) 기법과 독립 세그먼트 부호화 (ISD) 기법을 살펴본다<sup>[7]</sup>.

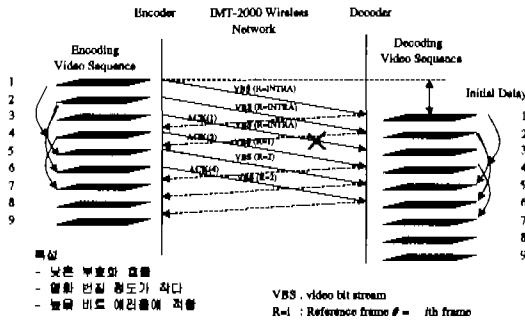
### 2.1 RPS (Reference Picture Selection) mode

RPS 모드는 역방향 채널로 전송되는 신호의 종류에 따라 ACK/NACK 모드로 나누어 진다. NACK 모드에서는 부호화 중에 오류 발생을 감지할 때만 NACK 신호를 송신단에 보내어 오류를 복구한다. 이 경우 4 프레임 간격의 round-trip 지연동안 공간상으로 열화가 번지게 된다. 만약 비트 에러율이 높은 채널 상태에서라면 round-trip 지연동안의 열화 번짐이 심해지기 때문에 NACK RPS 모드에 의한 오류 복구 효과가 적다는 단점이 있다.

이와 같은 NACK RPS 모드의 단점 때문에 오류가 발생하기 쉬운 채널 상태에서는 대안으로 ACK RPS 모드를 쓴다. 수신단은 수신된 영상의 부호화 정보를 매번 보내고 송신단은 이를 이용하여 검증된 참조 영상만을 선택하게 한다. 이 경우 전송 오류가 발생한 프레임에만 열화가 생기게 되므로 오류에 대해 좀 더 강인하다. 하지만 기본적으로 round-trip 지연 전의 프레임을 참조하므로 상대적으로 부호화 효율이 떨어진다.



(a)



(b)

그림 1. H.263+의 RPS 모드 (a) NACK (b) ACK

## 2.2 ISD (Independent Segment Decoding) mode

전송 오류에 의한 열화가 공간상으로 번지는 현상을 줄이는 방안으로 H.263+은 ISD 모드를 제안하였다. ISD 모드는 오류로 인한 열화를 국부화 시키기 위해 GOB 헤더나 슬라이스 헤더를 이용하여 전체 영상을 영상 세그먼트(picture segment)로 나눈다. 이렇게 나누어진 영상 세그먼트를 하나의 영상으로 생각하고 독립적으로 부호화하면 공간상으로 열화가 번지는 현상을 줄일 수 있다.

영상 세그먼트는 영상의 부분집합(subset)으로 전체 영상이 될 수도, 여러 개의 GOB 라인으로 이루어질 수도 있다. 그림 2에서 18개의 GOB 라인을 가지는 CIF 영상이 동일한 크기의 3개의 영상 세그먼트들로 나누어져 있다. INTER 모드에서 각 영상 세그먼트는 동일 영상내의 다른 영상 세그먼트들과는 완전히 독립적으로 취급이 된다. 또, 현재 프레임의 영상 세그먼트들은 이전 참조 영상에서 동일 위치에 있는 영상 세그먼트에서만 참조를 한다.

그림 3은 움직임 예측 할 때, 인접 영상 세그먼트와의 경계에 있는 '상', '하' 그리고 그 외 '가운데'로 나누어진 서로 다른 탐색 영역을 보여주고 있다. 이렇게 움직임 벡터의 수직 성분을 매크로블록

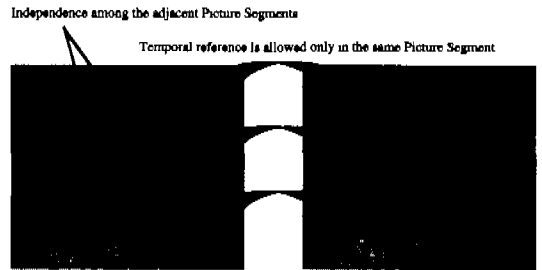


그림 2. H.263+의 ISD 모드

이 속한 영상 세그먼트 안으로 제한하면 오류가 발생한 곳의 주변 움직임이 영상 세그먼트의 경계를 지나도 열화가 번지지 않는다. 하지만, 움직임이 영상 세그먼트 경계를 넘나들 경우 움직임 벡터의 수직 성분을 제한하므로 비트량이 많아질 수밖에 없다. 즉, '상'이나 '하'에 있는 매크로블록이 BMA (Block Matching Algorithm)에 의해 인접 영상 세그먼트에 있는 최적의 움직임 벡터를 찾지 못하고 해당 영상 세그먼트에서 차선의 움직임 벡터를 찾게 될 수도 있다. 이렇게 되면 매크로블록의 SAD (Sum of Absolute Distance) 값이 커지게 되고 어느 기준 이상이 되면 해당 매크로블록을 INTRA로 부호화하게 되어 비트 발생량이 많아진다. 그러므로, 채널 상황이 좋지 않은 경우에 대해서는 ISD 모드를 쓰는 경우가 더 좋겠지만, 그렇지 않을 때는 다수의 영상 세그먼트로 나누지 않고 소수의 영상 세그먼트로 부호화 하는 것이 좋다. ISD 모드를 쓸 때 오류에 대한 강인성과 부호화 효율을 동시에 고려해서 영상 세그먼트의 숫자를 결정지어야 한다.

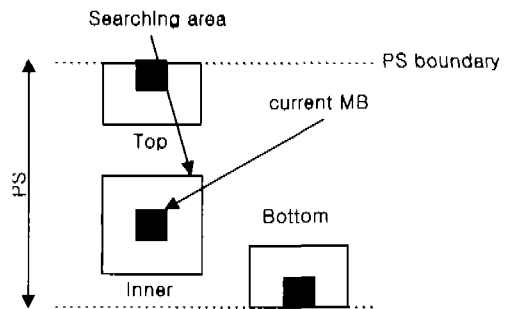


그림 3. 영상 세그먼트에서의 움직임 벡터 탐색 영역

## III. 전송 오류 복구를 위해 제안된 기법

### 3.1 RPSS (Reference Picture Segment Selection) mode

참조 영상을 round-trip delay 이전 영상 중에서

선택하는 RPS 모드는 비트 발생량 면에서 손해를 보면서 오류 복구의 효과를 보기 위함이다. 동일 영상 내에서 오류가 발생한 부분과 제대로 복호화된 부분을 비교하면, 굳이 참조 영상을 바꾸지 않아도 되는 부분이 오류 복구 때문에 손해를 본다. 이와 같이 영상 내 일부분에서 오류가 발생하여도 전체 영상 모두의 참조 영상이 바뀌어야 하는 RPS 모드의 단점을 해결해야 한다. 만약 오류가 발생한 부분에 대해서만 RPS 모드를 적용하고 제대로 복호화된 부분에 대해서는 기존 부호화 방법을 적용할 수 있다면 부호화 효율을 높일 수 있을 것이다. 오류가 발생한 부분에만 RPS 모드를 적용하기 위해서는 적당한 단위로 영상을 분할하고 각각 독립적인 영상 단위로서 부호화를 해야 한다. ISD 모드가 영상을 세그먼트 단위로 분할하고 영상 내 다른 세그먼트와 독립적으로 부호화 할 수 있으므로 제안하고자 하는 기법에 적합하다.

그림 4에서  $i$ 번 프레임의  $j$ 번 영상 세그먼트에 대한 부호화 정보는  $ACK(i,j)$ ,  $NACK(i,j)$ 로 표기되고 이를 이용해 각기 서로 다른 영상에 속하는 영상 세그먼트로 이루어진 참조 영상을 만들어 부호화한다. 그림 4에서 화살표는 참조과정을 보여주는 것이다.

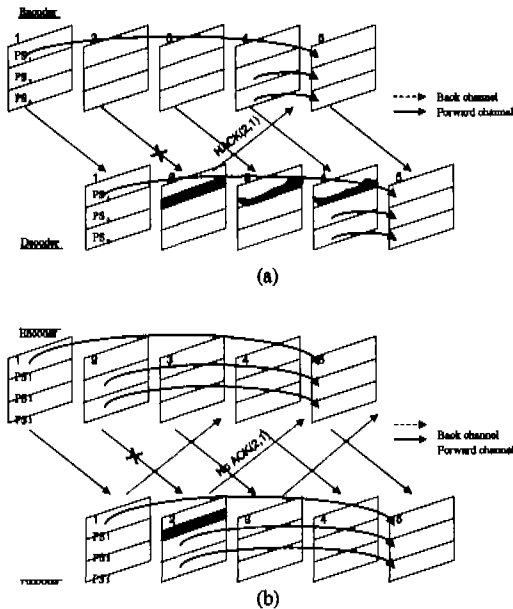


그림 4. 제안된 RPSS 모드 (a) NACK (b) ACK

그림 5는 수신단의  $i$ 번째 복호화된 영상과 이 영상의 부호화 정보를 이용해 만들어진 송신단에서의 참조 영상을 보여주고 있다. GOB 5, 6, 12 라인에

서 전송 오류에 의한 열화를 볼 수 있다. 영상을 6개로 분할했을 때 이 위치는 각각 2, 3, 5번 영상 세그먼트에 속하는 것으로서 수신단은  $NACK(i,2)$ ,  $NACK(i,3)$ ,  $NACK(i,5)$ 를 역방향 채널을 통해 전송한다. 이 신호를 받은  $i+3$ 번째 입력 영상은 그림 3.2에서와 같이 서로 다른 영상에서 동일 위치의 영상 세그먼트를 가져온다. 정상인 1, 4, 6번 픽처 세그먼트는  $i+2$ 번 상에서,  $NACK$ 신호를 받은 3, 5번의 경우는  $i-1$ 번 영상에서 영상 세그먼트를 가져온다. 2번의 경우 이전 영상에서도 오류가 발생한 경우이므로  $i-2$ 번 영상에서 참조를 한다. 이렇게 서로 다른 영상에서 독립적으로 참조 영상 세그먼트를 가져와서 조합된 참조 영상은 영상 세그먼트별로 어긋나 있음을 그림 5를 통해 확인 할 수 있다.

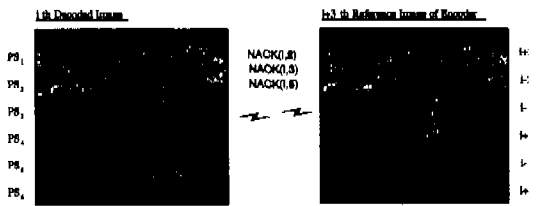


그림 5. ACK/NACK 신호를 이용해 조합된 참조 영상

### 3.2 채널에 적용적인 RPSS 모드

서론에서 언급한 것과 같은 다양한 무선 환경에서 고정된 개수의 영상 세그먼트로만 RPSS를 적용하는 전략은 적당하지 않다. 즉, 채널 상황이 좋은 경우에는 굳이 다수의 영상 세그먼트로 나누어 비발생률을 높이기보다는 세그먼트의 수를 줄이는 것이 부호화 효율면에서 좋다. 반대로 이동 단말의 움직임이 많거나 음영 지역에 있을 경우에는 영상 당 오류 발생 회수가 증가하기 때문에 영상 세그먼트의 수를 늘려 열화가 번지지 않도록 하는 것이 좋다.

무선망의 상태가 악화되었다는 채널 모니터링 정보를 이용하여 영상 세그먼트의 개수를 3에서 4로 늘리기로 했다고 가정하자. ACK 모드에서는 항상 제대로 복호화된 영상 세그먼트만을 참조하므로, 채널 상황에 따라 부호화를 바꿔주어도 아무런 문제가 발생하지 않는다. 하지만 NACK 모드에서는 다음과 같은 문제점이 있다. 그림 7에서와 같이 round-trip 지연동안의 열화 때문에 4번 프레임의 1, 3번 영상 세그먼트의 열화가 새로 나뉜 1, 2, 3, 4번 영상 세그먼트로 번지게 될 수도 있다. 즉, NACK 신호에 의해 오류가 복구되기 전까지 번진 열화에

대해선 속수무책이므로 그림 7과 같이 아무리 NACK RPSS 모드에 의해 5번 프레임의 1번 영상 세그먼트가 1번 프레임에서 움직임을 찾더라도 나머지 2, 3, 4번 영상 세그먼트는 그러지 못할 수가 있다. 그림 7의 수신단 부호화기에서 재복원된 참조 영상은 각각 1, 4번 프레임의 영상 세그먼트들로 이루어진 영상이다. 새롭게 설정된 3번 세그먼트는 이전 설정의 2, 3번 세그먼트 일부분으로 이루어진다. 이 참조 영상에서 움직임을 찾은 5번 프레임을 보면 3번 세그먼트에 오류가 발생한 것을 알 수 있다. 이는 영상 세그먼트의 개수를 바꿔줌으로써 생긴 부작용으로 영상 세그먼트의 개수를 바꾸지 않았으면 적어도 영상의 중간에서까지 열화가 번지지는 않았을 것이다. 더욱이 6번 프레임 이후부터는 오류가 발생하지 않은 것으로 인식하기 때문에 이런 문제는 더욱더 심각해진다.

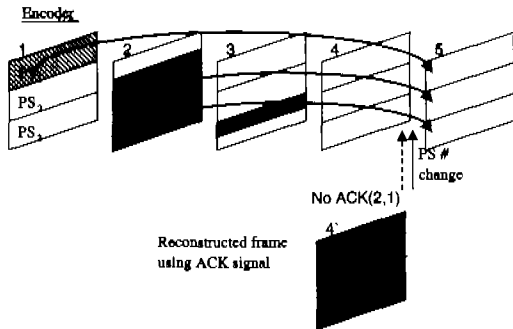


그림 6. ACK 모드에서의 영상 세그먼트 개수 변화

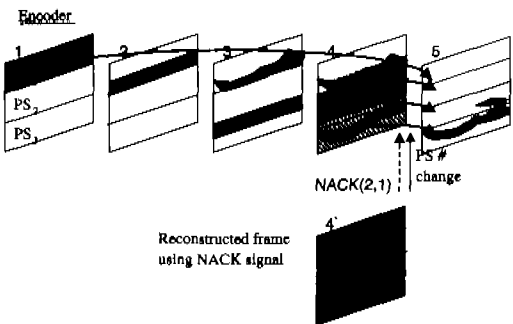


그림 7. NACK 모드에서 세그먼트에 변화가 줄 때 열화가 번지는 현상

이러한 문제는 채널 상황이 좋아져서 영상 세그먼트의 개수를 줄여도 일어나는 것으로 세그먼트끼리 독립성을 보장하고자 하는 ISD 모드의 본래 의도를 살리지 못하는 것이다. 이런 이유로 단순 ISD 모드에서는 영상 세그먼트에 변화를 주기전에 전체 영상에 대해 INTRA 부호화를 하지만 비트 발생량

이 많아진다. 이런 이유로 부호화 효율을 떨어뜨리지 않고도 세그먼트의 수를 가변시킬 수 있는 방법이 필요하다.

부분적으로 ACK 기법을 이용하면 NACK RPSS 모드에서의 문제점을 해결할 수 있다. 부호화를 하고 나서 수신단은 항상 모든 세그먼트에 대한 복호화 정보를 수신단에 전송한다. 이 때, 비트열 문법 상에서 지원하고 있는 2 비트의 BT(Back-channel Type)에 ACK/NACK 외에 새롭게 EPS(Error Propagation State)를 첨가하면 해결이 된다<sup>[7]</sup>. 제대로 부호화 된 것에 대해서는 ACK를 전송하고 그렇지 않은 것은 NACK를 전송한다. 또, NACK 신호가 보내지고 나서 오류 복구를 위한 영상이 전송되기 까지 열화가 번지고 있는 세그먼트에 대해서는 EPS를 수신단에 전송해준다. 수신단은 항상 제대로 부호화된 세그먼트에 대한 정보를 저장하고 있다가 세그먼트의 개수를 바꿔야 할 순간에 이 메모리를 보고 참조 영상을 만들면 열화 번지는 현상을 없앨 수 있다.

그림 8은 메모리에 저장되는 과정과 새롭게 조합되는 영상을 보여주고 있다. 5번 영상을 부호화 하기 전에 NACK(2,1), ACK(2,2), ACK(2,3)을 받았으므로 메모리에 저장되는 영상 번호는 1, 2, 2가 된다. 그리고 이 때, 세그먼트의 개수를 바꾸고자 하기 때문에 1, 2, 2번 영상에서 세그먼트를 가지고 와서 참조 영상을 만든다. 그리고 6번 영상을 부호화 할 때는 EPS(3,1), ACK(3,2), NACK(3,3)을 수신하므로 저장되는 영상 번호는 1, 3, 2로 ACK를 받은 2번째 영상 세그먼트의 참조 영상 번호만 갱신된다.

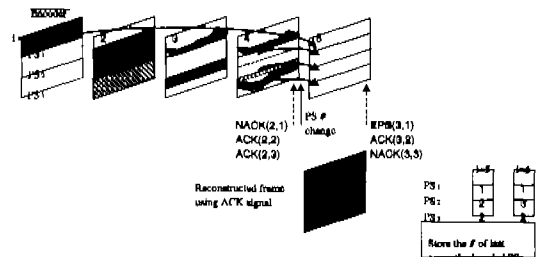


그림 8. ACK 기법을 이용한 NACK RPSS 모드에서의 세그먼트 개수 변화

이 방법은 세그먼트 별로 제대로 부호화 된 영상 번호만을 갱신하여 저장할 수 있는 부가적인 메모리와 BCM의 BT에 부가적인 EPS만으로 NACK RPSS 모드에서 세그먼트 수를 바꿔줄 때 생기는

세그먼트 경계를 넘는 열화의 번짐을 막을 수 있다. 이는 INTRA로 부호화 하고 세그먼트의 수를 바꿔 주는 방법보다 비트량이 훨씬 적게 나온다. 단점으로는 모든 세그먼트 별로 복호화 정보를 전송 해주어야 하기 때문에 단순히 오류가 발생한 세그먼트에 대해서만 NACK 신호를 보내는 것에 비해 비트량이 증가한다는 점을 지적할 수 있다.

IV. 실험 및 결과 분석

III장에서 제안한 RPSS 모드에 대한 모의 실험을 위해 그림 9와 같은 환경을 구축하였다. 송신단은 부호화기만을 가지고 수신단은 복호화기만을 가지는 단방향 비디오 통신을 위한 구조이다. 부호화 정보를 전송하기 위한 순방향 채널(forward channel)과 ACK/NACK 신호를 재전송하기 위한 별도의 역방향 채널(back channel)을 만들었다. 모의 실험에서는 순방향 채널에만 오류가 존재한다고 가정하고 비트 에러 패턴을 첨가하였다. 수신단의 복호화기는 비트 에러율에 따라 오류에 감염된 최종 비트열을 저장하기 위한 링 버퍼를 가지고 있고 64비트 단위로 버퍼에서 비트열을 읽어 들인다. 역방향 채널에도 링 버퍼를 두어 수신단의 복호화 상태를 알려주는 BCM(Back Channel Message)을 저장하게 하였다.

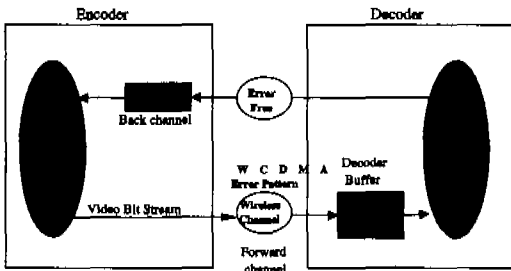


그림 9. 무선망에서의 모의 실험 환경

실험 영상은 MPEG CIF(352×288) 시퀀스의 클래스 A, B에서 각각 한 종류를 선택하였다. 'Mother and Daughter' 영상 300 프레임(2 frame skip), 'Foreman' 영상 300 프레임(2 frame skip)을 10 프레임/초의 프레임율(frame rate)로 부호화 하였다. RPSS 모드에서 ISD에 의한 부가적인 비트 발생량과 영상 세그먼트 단위의 RPS에 의한 비트량 감소간에 상충성(tradeoff)이 있다고 3절에서 언급하였다. 이 둘 간의 공정한 비교를 위해서 고정 비트율(CBR) 부호화 하였다 [TMN 8 Rate Control]. 각각 우선 QP=13에서 가변 비트율(VBR) 부호화

하여 평균 비트량을 얻고 이 평균 비트량과 0.7, 1.3을 곱한 비트량으로 고정 비트율 부호화 하였다 [표 1]. 실험에서는 Ericsson사에서 만든 WCDMA 에러 패턴을 사용하였다<sup>[8]</sup>. 도플러 주파수 211Hz, 평균 비트 에러율이 각각  $9.7310^{-4}$ ,  $9.3710^{-5}$ 인 패턴을 사용하여 실험하였다.

표 1. 실험 영상과 비트량 (단위: kbps)

Mother and Daughter	22	15	28
Foreman	88	64	114

표 2. Foreman 영상의 실험 결과 (a)  $10^{-3}$  (b)  $10^{-4}$

(a)

Foreman No concealment, BER= $9.37 \times 10^{-4}$ , Doppler frequency=211Hz						
# of PS	NACK			ACK		
	64k	88k	114k	64k	88k	114k
6			26.81	20.76	19.81	23.41
3	19.96	19.82	27.81			29.99
2	18.38	19.17	24.44	20.59	20.26	31.51
1	20.27	18.76		20.84	20.38	
No err.Recovery	13.86	14.37	17.5	13.86	14.37	17.5

(b)

Foreman No concealment, BER= $9.37 \times 10^{-5}$ , Doppler frequency=211Hz						
# of PS	NACK			ACK		
	64k	88k	114k	64k	88k	114k
6	15.14	13.19	14.89	17.51	17.82	20.74
3	15.23	11.93	13.25	17.65		20.25
2	14.75	11.48	14.16		15.97	20.64
1				17.77	18.32	
No err.recovery	9.318	8.421	7.916	9.318	8.421	7.916

표 2, 3에서 세그먼트 개수가 하나인 경우는 RPS 모드이므로 다양한 상황에서 RPS와 RPSS 모드를 비교할 수 있다. 비트 할당량에 따라 최대 성능비를 가지는 세그먼트의 경우를 음영으로 나타내었다. 결과를 보면 비트 할당량, 비트 에러율, RPSS 모드의 종류, 실험 영상의 종류에 따라 최대 성능비를 가지는 영상 세그먼트의 수가 유동적이다. 그림 10, 11은 Foreman 영상에 대해 비트 에러율  $10^{-4}$ , 64 kbps로 비트율 제어(rate control) 했을 때의 PSNR을 나타낸 것이다. 각각 NACK/ACK 모드에서 RPS에 비해 RPSS의 성능이 더 좋다.

표 3을 보면 비트 에러율이 높은  $10^{-3}$  경우에 NACK 모드에 대한 ACK 모드의 장점이 보인다.

표 3. Mother and Daughter 영상의 실험 결과 (a)  $10^{-3}$   
(b)  $10^{-4}$

(a)

Mother and Daughter, No concealment, BER= $9.37 \times 10^{-3}$ , Doppler frequency=211Hz						
# of PS	NACK			ACK		
	15k	22k	28k	15k	22k	28k
6	25.34	24.02	23.78	24.39	26.89	26.37
3	25.56	26.43	26.39	24.5	27.15	28.18
2	25.51	26.91	28.04	24.77	26.93	28.13
1	25.56	27.34	27.39	24.8	27.09	28.1
No err.Recovery	22.41	20.29	21.05	22.41	20.29	21.05

(b)

Mother and Daughter, No concealment, BER= $9.37 \times 10^{-4}$ , Doppler frequency=211Hz						
# of PS	NACK			ACK		
	15k	22k	28k	15k	22k	28k
6	18.04	21.97	20.16	24.03	21.49	24.4
36	16.89	20.49	23.47	24.32	24.55	25.13
2	24.12	19.54	23.03	24.08	23.65	13.66
1	22.53	17.94	24.41	24.16	23.29	24.25
No err.Recovery	14.32	14.66	15.43	14.32	14.66	15.43

실험에서 round-trip delay가 대략 2 프레임 간격이므로 round-trip delay 동안의 열화 변질 현상은 적은 편이다. 만약 round-trip delay가 상당히 크다면  $10^{-4}$  정도에서도 ACK/NACK 모드의 평균 PSNR 차이가 클 것이다. 또한, 입력 영상에 따라 RPSS의 특성이 바뀐다. 표 2, 3을 비교해보면 움직임이 많은 'Foreman'의 경우가 'Mother and Daughter'의 경우보다 ACK, NACK 모드의 차이점이 뚜렷함을 알 수 있다. 이는 움직임이 많은 경우에 round-trip delay동안의 열화 변질이 공간상으로 빨리 일어나기 때문이다.

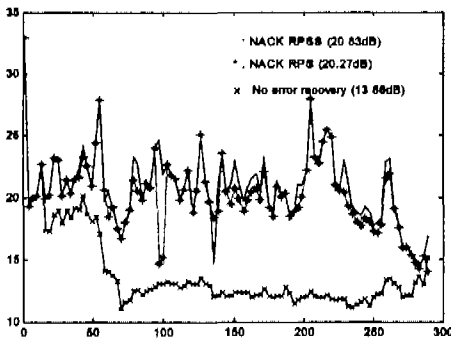


그림 10. NACK RPSS와 NACK RPS를 적용한 Foreman 영상의 PSNR 그래프 (BER= $10^{-4}$ , # of PS=6)

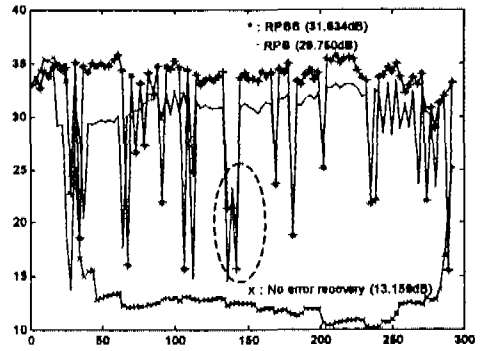


그림 11. ACK RPSS와 ACK RPS를 적용한 Foreman 영상의 PSNR 그래프 (BER= $10^{-3}$ , # of PS=3)

그림 12는 동일한 비트 에러율, 동일한 개수의 영상 세그먼트로 ACK/NACK, RPSS 모듈을 적용했을 때의 결과로 각각의 특성을 볼 수 있다. ACK RPSS는 매 영상마다 복호화 정보가 전송되기 때문에 오류에 의해 PSNR이 떨어졌다가도 바로 복구되는 특성이 보인다. 반면에 NACK RPSS는 round-trip delay 동안 열화가 번지고 나서야 복구가 되기 때문에 그 변동폭이 ACK RPSS에 비해 작고 평균 PSNR도 6dB정도 낮다.

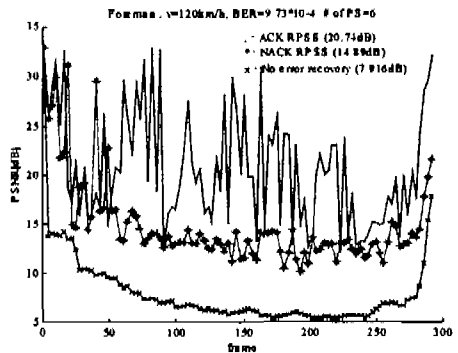


그림 12. ACK RPSS 모드와 NACK RPSS 모드의 비교 (Foreman, BER= $10^{-3}$ , # of PS=6)

## V. 결론

본 논문에서 무선 채널에서의 오류에 강인한 비디오 통신을 위한 채널에 적응적인 RPSS를 제안하였다. 이 기법에서는 서로 다른 영상 번호를 가지는 프레임에서 영상 세그먼트를 독립적으로 선택하여 참조 영상을 만든다. 이 기법은 오류 복구용 위해 전체 참조 영상을 바꿔주는 RPS 모드보다 높은 부호화 효율을 얻을 수 있다. 무선망 환경을 모델링한 WCDMA 비트 에러 패턴을 제한된 RPSS에 적용

하여 모의 실험하였고 입력 영상, 비트 에러율, 목적 비트율 (target rate), NACK/ACK 모드에 따라 최대 성능비를 가지는 세그먼트의 수가 유동적임을 확인하였다. 무선망 환경이 항상 일정한 것이 아니므로 비디오 통신을 시작하면서 설정된 세그먼트 개수로 RPSS를 하는 것은 부호화 효율면에서 적합하지 않고 상황에 따라 세그먼트 개수를 바꿔준다. NACK RPSS의 경우 오류에 의한 열화가 새로 설정된 세그먼트로 번지는 경우가 발생한다. 이 문제는 ACK 기법을 이용하여 세그먼트 별로 항상 제대로 복호화된 영상 번호를 기억하여 해결한다. 이는 NACK RPSS이지만 ACK 기법을 이용하여 모든 세그먼트에 대한 복호화 정보를 알려준다. 그리고, 세그먼트 수에 변화를 주어야 할 경우, 저장되었던 영상 번호를 불러들이면 된다.

향후 연구 과제로서 다양한 채널 상황에서 최대 성능비를 가지는 세그먼트 개수를 결정 짓는 방법에 대한 연구가 필요하다. 이는 입력 영상의 특성, 망의 비트 에러율, 비트 할당량, ACK/NACK, round-trip delay 등 여러 가지 요인을 동시에 고려해야 하는 입로 무선망에 적용적인 부호화를 위해 필요하다. 또한, 좀 더 성능 좋은 오류 복구를 위해서는 수신단에서의 오류 검출률을 높여야 한다. 모의 실험에서는 부호화의 문법을 이용하여 오류 검출을 하였지만 실험 결과 검출률이 떨어짐을 알 수 있었다. RPSS 모드가 여러 참조 영상 세그먼트 중 제대로 복호화된 것을 선택하는 것이므로 부가적인 메모리가 필요하다. 현재, 영상 단위로 저장하는 것을 세그먼트 단위로 저장함으로써 메모리를 줄이는 방법에 대해 연구가 수행되어야 한다.

참 고 문 헌

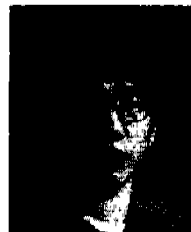
[1] Yao Wang, Qin-Fan Zhu, "Error Control and Concealment for Video Communication: A Review," *Proceeding of The IEEE*, vol. 86, No. 5, May 1998.  
 [2] Eckehard Steinback, Niko Frber, Bernd Girod, "Standard Compatible Extension of H.263 for Robust Video Transmission in Mobile Environment," *IEEE Trans. On CSVT*, vol. 7, No. 6, Dec. 1997.  
 [3] Niko Frber, Bernd Girod, John Villasenor, "Extensions of ITU\_T Rec. H.324 for Error-Resilient Video Transmission," *IEEE Comm.*

*Mag.*, vol. 36, pp. 120-28, June 1998.

[4] "International Mobile Telecommunications-2000 (IMT-2000)," *Recommendation ITU-R M.687-2*, 1997.  
 [5] "Information technology - Generic coding of moving pictures and associated audio information Part 2 : Video," *ISO/IEC DIS 13818-2*, 1994.  
 [6] R. Talluri, "Error-Resilient Video Coding in the ISO MPEG-4 Standard," *IEEE Comm. Mag.*, Vol. 36, pp. 112-119, June 1998.  
 [7] ITU-T COM 16-26-E, "Draft Text of Recommendation H.263 Version 2 ("H.263+") for Decision.  
 [8] ITU-T COM 16, "WCDMA Error Patterns at 64 kb/s," June 1998

경 정 찬(Jung-Chan Kyoung)

정회원



1997년 2월 : 한국과학기술원  
전기 및 전자공학과 졸업  
(공학사)  
1999년 2월 : 한국과학기술원  
전기 및 전자공학과 졸업  
(공학석사)

1999년 3월~현재 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 박사과정  
<주관심 분야> 멀티미디어 통신, Error Resiliency Coding

박 수 열(Soo-Yeal Park)

정회원

1995년 9월~현재 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 박사과정  
한국통신학회 논문지 제 24권 5호 참조

김 성 대(Seong-Dae Kim)

정회원



1977년 : 서울대학교 전자공학과 졸업 (공학사)  
1979년 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 졸업 (공학석사)  
1983년 : 프랑스 INPT ENSEEIHT 졸업 (공학박사)



1984년~현재: 한국과학기술원 전기 및 전자공학파  
교수  
<주관심 분야> 영상처리, 영상통신, 컴퓨터 비전,  
VLSI 구현등