

논문 2004-41SP-5-22

MPEG-4 와 H.264/AVC의 에러 강인 기술 성능 평가

(Error Resilient Performance Evaluation of MPEG-4 and H.264/AVC)

정 봉 수*, 황 영 휘**, 전 병 우*, 김 명 돈***, 최 송 인***

(Bongsoo Jung, Young Hooi Hwang, Byeungwoo Jeon, Myung-Don Kim, and Song-In Choi)

요 약

최근의 영상 압축기술 발달과 이동통신의 급속한 성장으로 고품질의 멀티미디어 서비스를 이동통신과 같은 에러에 노출된 채널 환경 하에서 제공하는 것이 점차로 가능해짐에 따라 이를 뒷받침할 에러 강인 기술에 대한 요구가 커졌다. 본 논문에서는 H.324/M 환경에서 MPEG-4 심플 프로파일과 IP 패킷 네트워크 환경에서 H.264/AVC 베이스라인 기술의 성능을 분석하고 평가한다. 특히, MPEG-4 심플 프로파일의 재동기화 기술과 데이터 구분화 기술, 그리고 H.264/AVC 베이스라인의 유연한 매크로블록 순서(FMO) 기술을 여러 산발(Random) 비트와 군집(Burst) 비트에러 조건하에서 복호화된 영상의 객관적인 화질과 압축률 측면에서 평가한다.

Abstract

Recent advances in video coding technology have resulted in rapid growth of application in mobile communication. With this explosive growth, reliable transmission and error resilient technique become increasingly necessary to offer high quality multimedia service. In this paper, we present the result of our investigation on the error resilient performance evaluation of the MPEG-4 simple profile under the H.324/M and the H.264/AVC baseline under the IP packet networks. Especially, we have tested error resilient tools of MPEG-4 simple profile such as resynchronization marker insertion, data partitioning, and of H.264/AVC baseline such as the flexible macroblock ordering (FMO) scheme. The objective quality of decoded video is measured in terms of rate and PSNR under various random bit and burst error conditions.

Keywords : error resilience, H.324/M, flexible macroblock ordering, resynchronization marker, data partitioning.

I. 서 론

최근의 영상압축 기술 발달과 인터넷, 이동 통신의 급속한 성장에 힘입어, 고품질의 멀티미디어 서비스를 다양한 전송채널을 통해 서비스하는 것이 가능해 지고 있다. 현재 H.263, H.264, MPEG-1/2/4와 같은 대부분의 영상 부호화 기술은 가변장 부호화와 예측 부호화 기술을 사용하여 높은 압축 효율을 얻고 있으나, 가변장 부

호화 기술은 에러가 있는 채널환경에 매우 취약하여 부호화된 비트스트림에 에러가 발생할 경우 영상 복호화 도중 동기를 잃어버리게 하는 원인을 제공한다^[15]. 또한 예측 부호화 기술은 한번 발생한 에러가 전체 영상에 전파되도록 하여 복원된 영상의 품질을 저하시키고 심지어 영상 통신 서비스의 단절을 야기하기도 한다. 따라서 에러가 심한 무선 환경에서의 원활한 서비스를 위하여는 에러에 강인한 영상 부호화 및 복호화 알고리즘의 개발이 매우 중요하다. 압축된 동영상에 에러가 있는 전송 채널상에서 효율적으로 전송하기 위해 많은 에러 강인 기술들이 연구되어 왔다. 일반적으로 에러 강인 기술은 에러 검출, 재 동기화, 데이터 복원, 에러 은닉 기술로 분류 된다. 특히 MPEG-4 비디오 심플 프로파일 표준은 재동기화, 데이터 구분화, 역방향 가변장 부호화 기술들을 에러 강인 기술로 제공하며, H.264

정희원, 성균관대학교
(Sungkyuwnkwan University)

** 정희원, LG 전자기술원
(LG Electronics Institute of Technology)

*** 정희원, 한국전자통신연구원
(Electronics and Telecommunications Research Institute)

접수일자: 2004년1월29일, 수정완료일: 2004년6월16일

/AVC 베이스라인은 에러 강인 기술로 임의 슬라이스 전송순서(ASO) 와 유연한 매크로블록 순서(FMO) 기술을 규정하고 있다.

본 논문에서는 에러에 노출된 환경하에서 MPEG-4 심플 프로파일과 H.264/AVC 베이스라인 기술에 대한 정확한 이해와 활용을 위해, 이들 에러 강인 기술을 분석한 후 이동 통신 환경상에서의 시뮬레이션을 통해 에러 강인성을 평가한다. 특히 에러에 노출된 H.324/M 환경에서 MPEG-4 심플 프로파일의 부호화 에러 강인 기술에 대한, 영상 비트율별 복호화 화질의 영향과, 비디오 패킷 크기에 의한 영상의 비트율별 복호화 화질의 영향을 분석한다. 또한 IP 패킷 네트워크 환경에서 H.264/AVC의 유연한 매크로블록 순서(FMO) 기술 사용시 패킷 손실에 의한 화질의 영향과 비디오 패킷 크기에 의한 화질의 영향을 분석한다. 에러 강인성 대책 기술에 관한 연구 및 이들 기술의 강인성 성능 평가는 향후 실제 무선 환경하에서의 올바른 시스템 운용과 관련 기술 연구 개발에 중요한 기초 자료를 제공할 것이다.

II. MPEG-4 비디오 심플 프로파일과 H.264/AVC 베이스라인의 에러 강인 기술

MPEG-4 비디오 심플 프로파일은 에러 강인 기술로서 재동기화, 데이터 구분화 및 역방향 가변장 부호화 기술을 제공하고 있으며, 버전 2에서는 NEWPRED 기술을 제공하고 있다. H.264/AVC는 Network Abstraction Layer(NAL)를 통한 전송을 위해 슬라이스 구조를 정의하고 있으며, H.263 Annex. U의 ERPS 기술을 기본적으로 지원하기 때문에 참조 영상의 선택을 통한 에러 강인성 향상 기능도 포함하고 있다. 그리고 베이스라인에는 제외되어 있지만 데이터 구분화 기술도 확장(extended) 프로파일을 통해 지원된다. 다음에 MPEG-4 비디오 심플 프로파일의 에러 강인 기술들과 H.264/AVC 베이스라인의 에러 강인 기술들을 설명한다.

1. MPEG-4 재동기화 기술

MPEG-4의 재동기화(Resynchronization) 기술은 비트스트림에 재동기 마커를 삽입하여 비디오 패킷을 생성한다. 이때, 하나의 비디오 패킷은 재동기화 마커 다음에 현 패킷에 포함된 첫번째 매크로블록의 시작 주소와 양자화 파라미터 값을 지닌 패킷 헤더를 가지고, 그 뒤에 VOP 헤더 정보가 손상된 경우에 대응하기 위해

중요한 헤더 정보를 패킷마다 반복해서 삽입했다는 표시인 HEC(Header Extension Code)를 포함한 후, 각 매크로블록 데이터를 갖는다. 재동기화 기술은 전송 중에 발생한 에러에 의해 복호기가 비트스트림으로부터 합법적인 데이터를 복호화할 수 있는 복호화 동기를 잃어버렸을 경우 빠른 시간 내에 이를 다시 찾을 수 있도록 한다. 즉, 패킷 에러가 검출되었을 경우, 에러가 발생한 부분 전 후의 가장 가까운 재동기화 마커를 찾은 후 그 사이의 데이터는 버린다. 이를 위하여, 정해진 길이의 비트열이 만들어진 후에는 그 이후에 오는 첫 번째 매크로블록부터 새로운 비디오 패킷이 시작될 수 있도록 재동기 마커를 삽입한다. 이때, 비디오 패킷의 크기는 매크로블록의 고정된 수에 의존하는 것이 아니라 패킷에 포함될 비트 수를 기반으로 결정된다. 재동기화 기술은 재동기 마커를 빈번히 삽입시켜 에러의 전파를 억제하고 에러에 의한 영향을 크게 줄일 수 있으나, 재동기 마커의 빈번한 삽입에 의한 부호화 효율이 크게 감소하는 역효과가 발생하기 때문에 적절한 비디오 패킷의 길이를 선택하는 것이 중요하다.

2. MPEG-4 데이터 구분화 기술

데이터 구분화(data partition) 기술은 비디오 패킷을 데이터의 중요도에 따라 추가로 분할하여 전송되는 비트열에 발생하는 에러에 더욱 효과적으로 대처할 수 있도록 개발된 것이다. 비디오 패킷에서 뒷부분의 정보가 올바르게 복호될 확률은 앞부분의 정보에 비하여 낮기 때문에 데이터 구분화에서는 비디오 패킷에 포함된 매크로블록정보 중에서 특히 중요한 정보일수록 비디오 패킷의 전반부에 놓고, 그 이외의 정보는 후반부에 위치하도록 전송 순서를 변경한다¹⁶⁾. 일례로, I-VOP의 가장 중요 정보는 각 블록의 DC 값이므로, 각 매크로블록의 DC 값과 AC값을 dc_marker 라고 명명된 비트 정보를 삽입하여 분할한 후 DC 값을 먼저 전송한다. 만일 전송된 해당 매크로블록의 비트열에서 전송 에러가 검출된 경우 해당 매크로블록 집합의 모든 정보를 무시하는 대신 dc_marker를 검사한다. 만일 dc_marker가 제대로 복호화 되었다면 이는 dc_marker전에 전송된 중요 정보, 즉 각 매크로블록의 DC 정보들은 정확히 복호화 되었음을 의미한다. P-VOP의 경우 중요 정보를 무엇으로 규정하는가의 차이만 있을 뿐, I-VOP과 동작 원리는 동일하다. P-VOP의 경우 중요 정보는 움직임 벡터 정보이므로, 그림 1과 같이 정해진 개수의 매크로블록에 속한 움직임 벡터 정보와 텍스처 정보를 motion

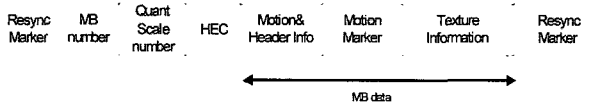


그림 1. 데이터 구분화 기술이 적용된 MPEG-4 비디오 패킷의 구조 (P-VOP의 경우)

Fig. 1. Structure of a video packet in MPEG-4 with data partitioning(in case of P-VOP).

_marker라고 명명된 비트정보를 삽입하여 분할 한다. MPEG-4의 데이터 구분화 기술은 B-VOP에는 적용되지 않는다.

3. MPEG-4 역방향 가변장 부호화 기술

전송 에러가 검출된 경우, 그 지점의 전후에 존재하는 재동기 마커 신호사이의 정보는 무시하게 되는데 이 방법은 버리는 정보가 많다는 문제점이 있다. 이를 최소화하기 위하여 역방향 가변장 부호화 (Reversible Variable Length Code) 기술을 사용할 수 있다. 역방향 가변장 부호화 기술은 순방향 복호화 (입력되는 비트열 순서대로 복호화)와 역방향 복호화(입력되는 비트열의 역순으로 복호화)가 둘다 가능한 가변장 부호어를 사용한다. 만일 전송 에러의 존재로 인하여 순방향 복호화가 불가능한 경우, 전송 에러가 발생한 이후에 위치한 재동기화 마커 (resync_marker)로부터 시작하여 역방향 복호화를 시도한다. 즉, 순방향과 역방향으로 각각 복호화하여, 전송 에러때문에 버려야 하는 데이터량을 최소화한다. MPEG-4에서는, 데이터 구분화 기술을 사용할 때의 DCT 계수에 한해서만 역방향 가변장 부호화 기술을 적용하고 있다.

4. H.264/AVC 유연한 매크로블록 순서(FMO)

기존의 많은 부호화 방법은 슬라이스를 구성할 때 통상적으로 주사순서대로 매크로블록을 나열한다. 하지만 H.264/AVC의 유연한 매크로블록 순서(FMO: Flexible Macroblock Ordering) 기술은 슬라이스를 구성하는 매크로블록이 주사 순서가 아닌, 임의의 순서로 이루어질 수 있도록 한다. 이를 위해 FMO는 매크로블록들로 구성된 픽처 내의 하위 집합인 슬라이스 그룹(slice group)과 한 슬라이스 그룹 내에서 주사순서대로 매크로블록을 포함하는 슬라이스를 정의한다. 슬라이스는 슬라이스 그룹내에서는 주사순서대로 연속적이지만 한 픽처 내에서는 연속일 필요가 없다. FMO기술을 이용하여 슬라이스 그룹을 구성하는 방법은 총 7 가지가 있는데, 임의의 매크로블록 조합으로 슬라이스를 정의 할

1	1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1

(a) Interleaved slice

0	1	0	1	0	1	0
1	0	1	0	1	0	1
0	1	0	1	0	1	0
1	0	1	0	1	0	1
0	1	0	1	0	1	0

(b) Scattered slice

1	1	1	1	1	1	1
1	1	0	0	0	1	1
1	1	0	0	0	1	1
1	1	0	0	0	1	1
1	1	1	1	1	1	1

(c) Rectangular slice

그림 2. FMO를 사용한 슬라이스 그룹(Slice Group) 구조의 예

Fig. 2. Example of Slice group structure using FMO.

수 있는 것은 부호기에서 MBAmapping(MacroBlock Allocation map)에 각각의 매크로블록이 속하게 되는 Slice group ID가 저장되어 있기 때문이다. 또한 Slice group ID가 같은 매크로블록들은 여러 슬라이스로 구성할 수 있다. MBAmapping을 구성하거나 전송하는 방법은 각 FMO모드에 따라 다르며, 각 모드에 대한 MBAmapping은 부호기와 복호기 양쪽 모두 동일해야 된다. 그림 2는 두개의 슬라이스 그룹으로 구성된 3가지 예를 보여준다. 그림 2(a)에 나타난 구조는 FMO 모드 0인 Interleaved slice 구조로써 공간적으로 서로 다른 슬라이스 그룹을 끼워(interleaving) 넣는 방식이다. 그림 2(b)의 Scattered 슬라이스 구조는 FMO 모드 1로 인접 매크로블록 간에 같은 슬라이스가 존재 하지 않도록 하는 방식이다. 기존의 슬라이스 구조와 매우 유사한 방식인 그림 2(a) 구조에 비해 그림 2(b) 구조는 인접 매크로블록을 통한 공간 예측이 불가능하기 때문에 부호화 효율이 떨어지는 반면 에러 은닉 측면에서 이용할 주변 매크로블록이 많기 때문에 좀 더 에러에 강인한 복호화가 가능하다.

그림 2(c)는 슬라이스 그룹을 사각형 형태로 구성하는 것으로 FMO 모드 2의 예이다. 이렇게 사각형 형태로 슬라이스 그룹을 구성하면, 예측 부호화 효율을 높일 수 있고, 각각의 슬라이스 그룹마다 가중치를 두어, 관심영역(ROI)을 에러에 좀더 강인하도록 부호화 할 수

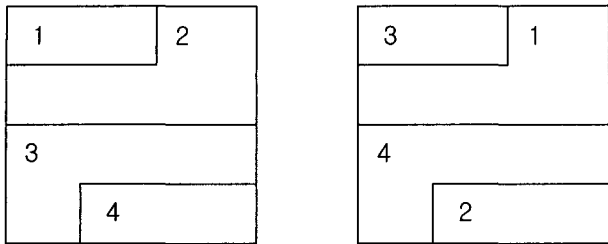


그림 3. H.264/AVC ASO 전송 순서의 예
Fig. 3. Example of transmission orders of slices in ASO mode.

있다. 이 외의 모드 3, 4, 5 가 있으며, 모드 6은 사용자 정의 슬라이스 모드로, 부호화 시 사용자가 임의대로 MBAmap을 정의 할 수 있다. 모드 6을 제외하고는 MBAmap을 복호화기에 전송할 필요가 없다. FMO 기술은 기존의 슬라이스 구조에 비해 부호화 효율은 떨어지지만 더욱 효과적인 에러 은닉방법이 가능한 장점이 있어, 에러 복구의 관점에서 매우 매력적인 부호화 방법이다.

5. H.264 임의의 슬라이스 순서(ASO)

ASO(Arbitrary Slice Ordering)는 H.263 Annex.N (Slice Structured mode)에서 이미 사용되던 것으로 슬라이스의 전송순서에 있어 프레임 내에서 그 순서를 임의로 변경할 수 있는 기술이다. ASO기술에 대한 적용 예가 그림 3에 나타나 있다. 일반적으로 슬라이스 전송 순서는 통상의 부호화 순서인 래스터 주사방향과 동일하지만 ASO를 이용하게 되면 그림 3의 오른쪽에 나타난 것처럼 프레임 내에서 임의순서로 전송할 수 있다.

III. H.324/M 환경하의 MPEG-4 심플 프로파일 에러 강인 기술의 성능 평가

고도화된 무선 이동망이 확대되어감에 따라 무선 환경에서도 통합 멀티미디어 서비스를 제공하기 위한 연구가 최근 활발히 진행되고 있다. 이러한 무선 환경에서 사용될 수 있는 단말로서 기존의 H.324 단말을 무선 환경으로 확장시킨 것이 H.324/M 단말이다. 따라서 본 논문에서는 MPEG-4 비디오 심플 프로파일의 에러 강인 기술의 성능을 H.324/M 전송 채널 모의 실험을 통하여 평가 한다.

1. 실험조건

본 논문에서는 MPEG-4의 에러 강인 기술 성능평가

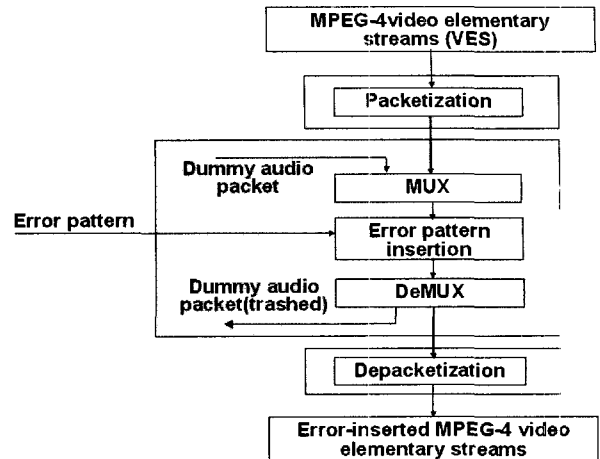


그림 4. H.324/M 시뮬레이터
Fig. 4. H.324/M Simulator.

를 위해 ITU-T에서 제안된 H.324/M 환경을 고려한 H.324/M 시뮬레이터를 사용하여 실험 하였다^[3,4].

그림 4에 나타난 바와 같이 H.324/M 시뮬레이터는 패킷화(Packetization), 다중화(MUX) 및 역 다중화(DeMUX), 그리고 역 패킷화(Depacketization)의 3단계로 구성된다. 패킷화과정은 다중화 과정을 위해 영상 비트스트림을 패킷으로 분할하는 과정으로, 입력 비트스트림의 재동기화 마커나 start code를 찾아 다음 재동기화 마커나 start code가 나오기 전까지 데이터들을 payload로 정하고, 이들 바이트 수를 계수하여 4바이트의 패킷길이 정보를 생성한다. 패킷화된 MPEG-4 영상 비트스트림은 MUX과정에서 오디오 데이터와 다중화되며, 시뮬레이터는 다중화후 산발(Random) 혹은 군집(Burst) 에러를 삽입하여 에러채널을 통과한 모의 비트스트림을 생성한다. 이때, 다중화 과정에서 삽입한 CRC 정보를 이용하여 해당 오류 패킷을 복호화기에 전송할지 여부를 선택할 수 있다. 마지막으로, 역패킷화 과정은 에러채널을 통과한 패킷화 비트스트림을 원래 형태의 MPEG-4 비트스트림으로 변경한다.

실험에 사용된 영상은 표 1에서 보는 바와 같이 QCIF 와 CIF 각각 3개의 영상시퀀스를 대상으로 하였으며, 을 제어 알고리즘을 적용하지 않고 고정된 QP값을 이용하여 부호화 하였다. Hall monitor와 Akiyo의 QCIF 영상의 경우, QP 값이 21인 경우 비트율이 20kbps 미만으로 너무 적어 실험에서 제외 하였다.

산발 비트에러 실험을 위하여 NTT DoCoMo^[5]의 시뮬레이터를 이용하여 BER = 10⁻⁴의 에러 패턴 파일을 생성하였다. 군집에러 실험을 위해서도 역시 NTT DoCoMo^[5]에서 제공된 Gilbert Model을 기반으로 한

표 1. 실험 영상

Table 1. List of test sequences.

영상	영상 크기	프레임 율	부호화 영상수	QP (for MPEG-4)	QP (for H.264)
Foreman	QCIF	10fps	100	3, 6, 11, 21	19, 26, 34, 40
Hall Monitor	QCIF	10fps	100	3, 6, 11	19, 26, 34, 40
Akiyo	QCIF	10fps	100	3, 6, 11	19, 26, 34, 40
Foreman	CIF	30fps	300	3, 6, 11, 21	19, 26, 34, 40
Hall Monitor	CIF	30fps	300	3, 6, 11, 21	19, 26, 34, 40
Paris	CIF	30fps	300	3, 6, 11, 21	19, 26, 34, 40

표 2. 시뮬레이션을 위한 에러 강인 기술 선택 사항

Table 2. Selected error resiliency tools for simulation

에러 강인 기술 선택			에러 삽입	기호
Resynchronization	Data Partitioning	RVLC		
X	X	X	X	Error Free(A [*])
X	X	X	O	Resync OFF(A)
O	X	X	O	Resync ON(B)
O	O	X	O	Resync ON, DP ON (C)

시뮬레이터를 이용하여 10^{-3} 에러 패턴 파일을 생성하였다. 이때, Burst length는 10ms로 그리고, Burst duration에서의 BER은 각각 50%와 20%로 하였다. 또한 각 채널 비트율에 따라 서로 다른 seed 값으로 5개의 에러 패턴 파일을 생성하였으며, 초기 인트라프레임의 손실을 방지하기 위해 초기 비트율에 따른 1.5초 동안은 에러가 삽입되지 않도록 설정 하였다. MPEG-4 코덱은 MoMuSys-FPDAM-1.0-001220_sony 참조 코덱을 사용하되, 에러 삽입 비트스트림 복호시 프로그램이 멈추는 경우가 없도록 수정하여 사용하였다. 참조 코덱은 에러 발생시 복구 대책으로 가장 간단한 에러 은닉 방법인 참조 영상의 동일 위치의 해당 매크로블록을 그대로 복사하는 Temporal Replacement 방법을 사용하였다. 또한 VOP 헤더 정보가 손상 되었을 경우 손상된 VOP은 이전의 VOP을 복사하는 방법을 사용하였다.

표 2는 MPEG-4 에러 강인 기술의 성능 평가시 적용된 선택 기술들을 나타내고 있으며 MPEG-4의 역방향

표 3. 비디오 패킷 길이에 따른 성능 분석을 위한 패킷 길이와 개수

Table 3. Video packet length and number of packets used in performance evaluation.

(a) 비디오 패킷의 길이

구분	비디오 패킷 길이 [Bits]				
	Resync 1	Resync 2	Resync 3 (default)	Resync 4	Resync 5
rates (kbps)					
32	240	360	480	600	720
48	240	360	480	600	720
64	360	480	600	720	840
128	360	480	600	720	840
256	1,024	2,048	3,072	4,096	6,144
384	2,048	3,072	4,096	6,144	8,192
1,280	3,072	4,096	6,144	8,192	10,240
1,920	6,144	8,192	10,240	12,288	16,384
2,480	8,192	10,240	12,288	16,384	24,576

(b) 비디오 패킷의 평균 개수

구분	한 프레임에 포함된 비디오 패킷의 평균 개수				
	Resync 1	Resync 2	Resync 3 (Default)	Resync 4	Resync 5
rates (kbps)					
32	13	9	7	5	4
48	20	13	10	8	7
64	18	13	11	9	8
128	36	27	21	18	15
256	25	13	8	6	4
384	19	13	9	6	5
1,280	14	10	7	5	4
1,920	10	8	6	5	4
2,480	10	8	7	5	3

가변장 부호화(RVLC) 기술은 참조 코덱에서 비디오 패킷에 에러가 발생하였을 경우 역방향으로 복호화를 수행 하는 기능이 구현 되어 있지 않기 때문에 성능 평가에서 제외하였다. 비디오 패킷의 크기는 표 3의 Resync 3 (Default)에 정의된 길이를 사용하였다. 산발 비트에러와 군집 비트에러에 대한 결과는 5개의 에러 패턴을 적용했을 경우 발생하는 평균 PSNR 및 평균 비트율을 계산하여 비교 하였다. 또한 재동기화 비디오 패킷의 길이에 따른 성능 분석도 위의 에러 종류에 대해 각각 수행하였다. 표 3은 비디오 패킷 크기에 따른 성능 분석을 위한 패킷길이와 한 프레임에 들어가는 평균 패킷의 개수를 나타낸다. 표 3의 Resync 3 (default)에 해당하는 패킷길이는 MPEG-4 표준화 그룹에서 권고 하고 있는 길이이며^[6], 성능 비교를 위한 Resync 1, Resync 2, Resync 4, Resync 5의 경우는 Resync 3에 해당하는

표 4. 산발 비트에러하의 시뮬레이션 결과 (BER = 10⁻⁴)

Table 4. Performance comparison with random bit errors (BER = 10⁻⁴)

에러강인 기술	ΔPSNRY [dB]			비트증가율 [%]		
	계산	QCIF	CIF	계산	QCIF	CIF
Error Free (A*)	A*	36.10	34.66	A*	75.16 (Kbps)	728.1 (Kbps)
Resync OFF (A)	A-A*	-9.81	-11.38	(A-A*)/A*	0.00	0.00
Resync ON (B)	B-A	3.23	1.12	(B-A)/A	5.17	1.77
Resync ON, DP ON (C)	C-A	4.36	2.26	(C-A)/A	7.61	2.63

한 프레임당 평균 비디오 패킷 개수에 2, 1.5, 0.75, 0.5의 배수를 각각 적용하여 산출한 값을 이용하였다.

2. H.324/M 환경하에서의 MPEG-4 심플 프로파일 실험 결과

표 1에 나타낸 QCIF 와 CIF 영상 각각에 대해, 산발 및 군집 비트에러에 실험 결과를 평균 PSNR과 평균 비트율을 이용하여 비교한 결과를 표 4 ~ 7에 나타내었다.

가. 산발 비트에러에 대한 성능 분석

표 4에서 보는 바와 같이 재동기화 기술만을 적용한 경우(Resync ON)가 재동기화 기술을 적용하지 않은 경우(Resync OFF)에 비해서 평균 비트율이 QCIF영상의 경우 5.17% 증가하지만 평균 PSNR 은 약 3.23dB의 성능 개선이 있음을 확인할 수 있다. CIF 영상의 경우 비트율 증가는 1.77%이지만, 에러가 발생하더라도 재동기화 기술을 사용하지 않은 경우의 약 11.38dB의 PSNR 감소와는 달리 1.12dB만의 화질저하가 있을 뿐이므로 재동기화 기술은 매우 유용한 기술로서 평가된다. 또한 데이터 구분화 기술(Resync ON + DP ON)을 추가로 사용하면 QCIF의 경우 평균 비트율은 7.61% 증가하지만 PSNR은 약 4.36dB의 성능 개선을 얻을 수 있었다. CIF 영상의 경우 QCIF 영상보다 복원 영상에 주는 에러의 영향이 더욱 크며, 에러 강인 기술 사용에 따른 성능 개선이 QCIF 보다 적게 나타난다. 평균적으로 CIF 영상이 QCIF 영상보다 더 많은 비트가 발생하기 때문

표 5. 비디오 패킷 크기에 따른 산발 비트에러 하에서의 성능 비교 (BER = 10⁻⁴)

Table 5. Performance comparison with different video packet lengths for random bit errors (BER = 10⁻⁴)

에러강인 기술	ΔPSNRY [dB]			Percent bit rate increase [%]		
	계산	QCIF	CIF	계산	QCIF	CIF
Error Free (A*)	A*	36.10	34.66	A*	75.16 (Kbps)	728.1 (Kbps)
Resync OFF (A)	A-A*	-9.81	-11.38	(A-A*)/A*	0.00	0.00
Resync 1 (B)	B-A	3.37	2.05	(B-A)/A	8.48	3.22
Resync 2 (C)	C-A	3.33	1.82	(C-A)/A	6.38	2.30
Resync 3 (D)	D-A	3.23	1.12	(D-A)/A	5.17	1.77
Resync 4 (E)	E-A	2.56	0.93	(E-A)/A	3.99	1.42
Resync 5 (F)	F-A	2.44	0.44	(F-A)/A	3.31	1.08

에 에러 강인 기술 사용에 따른 성능 개선은 저 비트율(QCIF)보다 고 비트율(CIF)에서 상대적으로 낮게 나타난다. 이것은 동일한 영상 환경과 BER조건에서 비트율이 증가함에 따라 한 장의 프레임에서 발생하는 에러의 수가 상대적으로 많아지기 때문이다.

그림 5는 산발 비트에러의 경우 실험 영상의 비트율 대비 PSNR 성능을 보여준다. 각 그래프를 살펴보면, 에러가 있는 채널에서는 PSNR이 크게 감소하지만, 재동기화 기술과 데이터 구분화 기술을 사용할 경우 PSNR 성능 저하 정도를 어느 정도 막을 수 있음을 보여준다.

표 5는 비디오 패킷 길이에 따른 성능비교 결과로써 비디오 패킷 길이가 작을수록 더 좋은 PSNR 성능을 갖는 것을 보여주고 있다. 또한 표 4와 그림 5의 결과와 마찬가지로 비디오 패킷의 길이에 따른 PSNR 성능 향상도 QCIF (저 비트율) 영상이 CIF (고 비트율) 영상보다 더 크다는 것을 보여준다. 이것은 고 비트율에서의 비디오 패킷길이가 저 비트율보다 크기 때문에, 산발 비트 에러하에서 저 비트율보다 고 비트율에서 비디오 패킷에 에러가 발생할 확률이 높아서 나타나는 결과이다. 표 4의 데이터 구분화기술(ResyncON, DP ON)을 추가로 사용한 경우와 표 5의 비디오 패킷 길이에 따른 성능비교를 보면, Resync 1과 같이 비디오 패킷 길이를 작게 하는 것보다 Resync 3의 비디오 패킷 길이에 추가로 데이터 구분화기술을 사용하는 것이 비트가 적게 발생하면서 PSNR의 성능 향상은 더 큼을 알 수 있다.

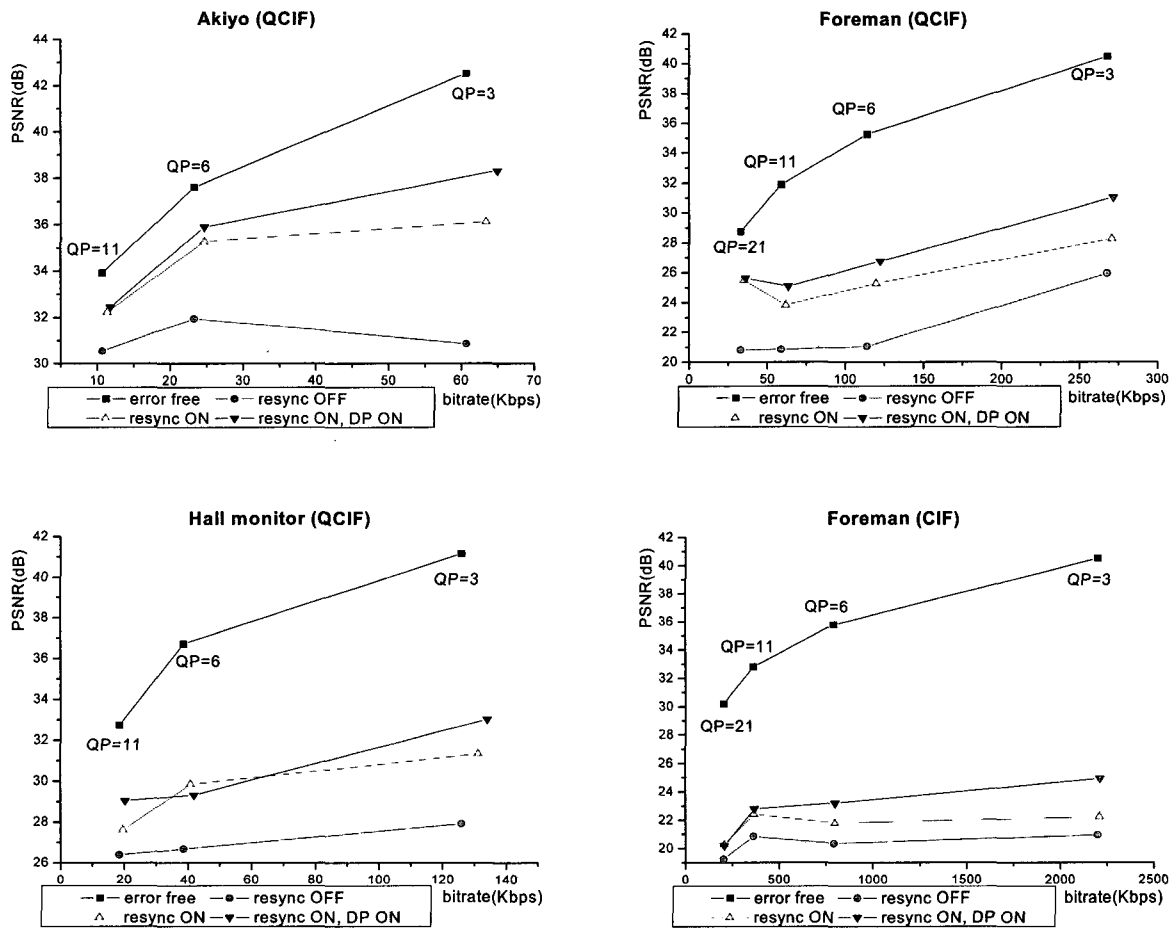


그림 5. 산발 비트에러에서 MPEG-4 에러 강인 기술의 Rate-vs-PSNR 비교 (BER=10⁻⁴)

Fig. 5. PSNR comparison of the MPEG-4 error resilient tools with random bit error (BER=10⁻⁴)

표 6. 군집 비트에러하의 시뮬레이션 결과
(BER = 10⁻³, 20%, 50%)

Table 6. Performance comparison with burst errors
(BER = 10⁻³, 20%, 50%)

에러강인 기술	계산	ΔPSNRY [dB]				Percent bit rate increase [%]		
		Burst error = 20%		Burst error = 50%		계산	QCIF	
		QCIF	CIF	QCIF	CIF		QCIF	CIF
Error Free (A*)	A*	36.10	34.66	36.10	34.66	A*	75.16 (Kbps)	728.1 (Kbps)
Resync OFF (A)	A-A*	-5.27	-4.74	-3.21	-2.76	(A-A*) / A*	0.00	0.00
Resync ON (B)	C-A	1.97	1.31	1.32	1.03	(B-A) / A	5.17	1.77
Resync ON, DP ON (C)	D-A	2.60	1.28	1.55	1.3	(C-A) / A	7.61	2.63

따라서 산발 비트에러하에서 데이터 구분화 기술 사용은 에러강인 성능 향상면에서 중요하다.

나. 군집 비트에러에 대한 성능 분석

산발 비트에러와 같은 실험 방법으로 군집 비트에러 하에서 수행한 결과가 표 6과 표 7에 나타나 있다. 표 6에서 'Resync OFF'의 복원된 영상은 에러가 없는 경우에 비해 5.27dB (QCIF, 20% burst error) ~ 2.76dB (CIF, 50% burst error)의 평균 PSNR 손실을 나타내었다. 이것은 산발에러의 경우 보다 더 적은 손실이다. 이는 군집에러의 경우 비트스트림 특정 위치의 burst length에 해당하는 곳에 에러가 집중되어 발생되기 때문에 비트에러가 분산되어 발생하는 산발에러 경우와 비교해 에러가 매우 국부화되기 때문이다. 재동기화 기술을 적용한 경우(Resync ON) 복원된 영상의 화질은 1.97dB (QCIF, 20% burst error) ~ 1.03dB (CIF, 50% burst error)의 평균 PSNR 향상을 가져온다. 데이터 구분화 기술을 적용한 경우(Resync ON, DP ON)는 평균 PSNR이 2.60dB (QCIF, 20% burst error) 증가하는 것

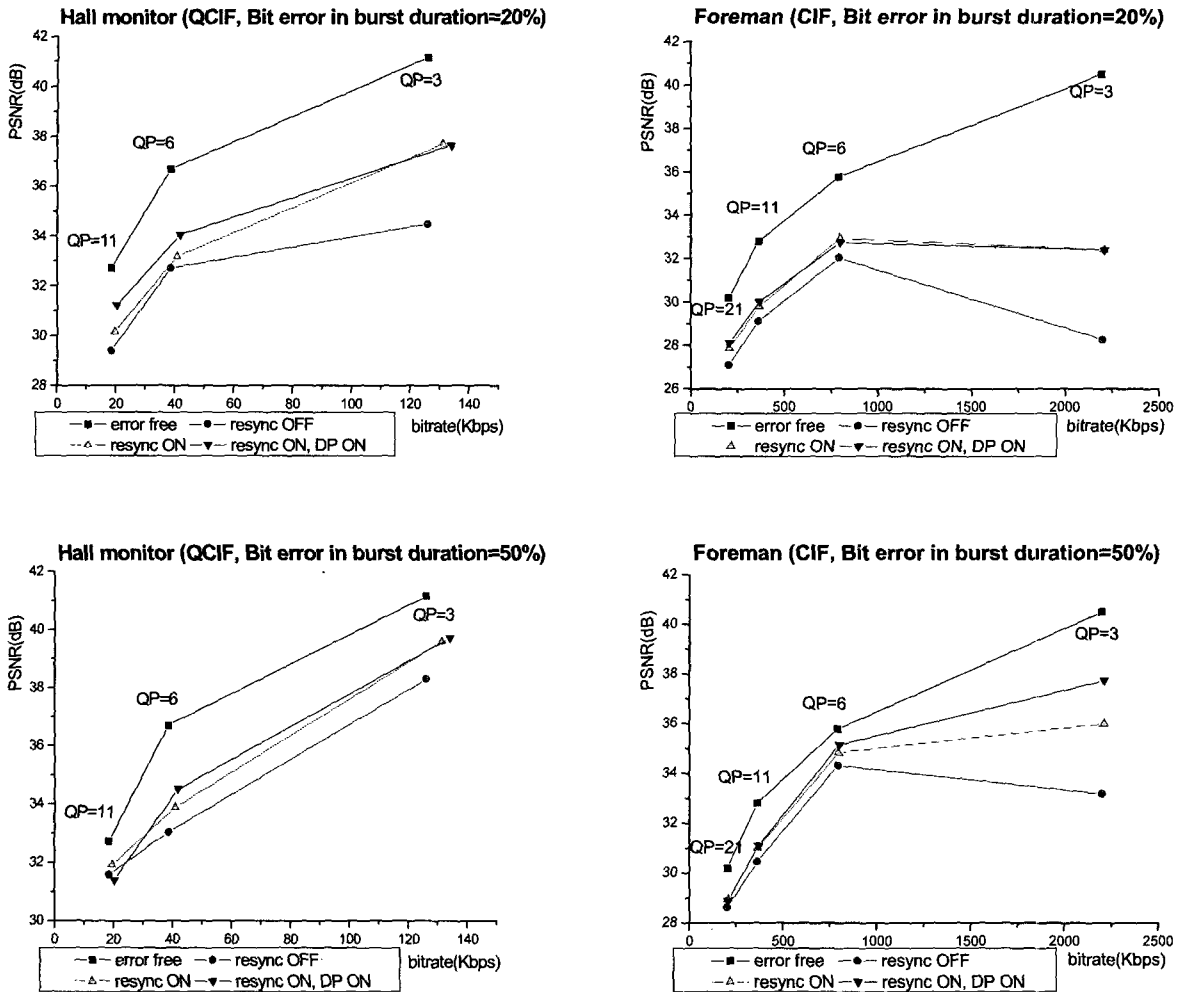


그림 6. 군집 비트에러에서 에러 강인 기술의 Rate-vs-PSNR (BER=10⁻³)
 Fig. 6. PSNR comparison of the error resilient tools with burst error (BER=10⁻³)

을 확인 할 수 있다.

그림 6은 군집에러 환경하에서의 에러 강인 기술에 대한 rate-vs-PSNR 성능을 보여준다. 그림 6의 Foreman 영상을 살펴보면 아무런 에러 강인 기술을 사용하지 않고 부호화 하였을 경우 700kbps 이상으로 부호화 하여도 에러 채널을 통과한 복호화 영상의 PSNR이 증가하지 않음을 볼 수 있다. 이는 주어진 에러조건하에서 화질을 향상시키기 위해 더 많은 비트를 압축 데이터에 소비하는 것이 무의미할 뿐만 아니라, 에러에 의해 영향받는 패킷의 수가 오히려 더 많아져 화질이 거꾸로 감소할 수 있음을 의미한다. 따라서 에러 채널 상에서 고 비트율의 비트스트림을 전송할 경우, 특정 비트율(즉, 한계비트율) 이상으로는 부호화 할 필요가 없다. 그러나 에러 강인 기술을 사용할 경우는 이런 현상이 발생하는 한계비트율을 좀 더 높힐 수 있는 효과

가 있음을 알 수 있다. 한편, 앞의 산발 비트에러의 경우와 비교해 보면, 재동기화기술은 에러 강인성 향상에 중요하지만, 데이터 구분화 기술은 군집 비트에러의 경우 효과가 미미함을 알 수 있다. 이는 데이터 구분화 기술이 한 패킷내 에러가 발생한 위치에 따른 에러 강인성 증대를 위해 개발된 기술이기 때문이다.

표 7은 비디오 패킷 크기에 따른 PSNR 성능을 나타낸다. 군집 에러환경에서 비디오 패킷 크기에 따른 성능을 비교해 보면 산발 비트에러의 경우와 틀리게 비디오 패킷이 작을수록 PSNR이 항상 개선 되지 않는음을 알 수 있다. 이는 군집 에러의 경우 산발 비트에러와는 달리 비트스트림의 특정 위치에서 집중적으로 발생하기 때문인 것으로 판단된다. 한 예로, 산발 바트에러에서 비디오 패킷에 에러가 발생할 경우 해당 패킷만 손실 되지만 군집 에러는 특정 위치의 burst length에 해당

표 7. 군집 에러에서 비디오 패킷 크기에 따른 성능 비교 (BER = 10⁻³, 20%, 50%)

Table 7. Performance comparison with different video packet lengths for burst errors.

(BER = 10⁻³, 20%, 50%)

Type	APSNRY [dB]				비트증가량 [%]			
	계산	Burst error = 20%		Burst error = 50%		계산		
		QCIF	CIF	QCIF	CIF			
Error Free (A*)	A*	36.10	34.66	36.10	34.66	A*	75.16 (Kbps)	728.1 (Kbps)
Resync OFF (B)	B-A*	-5.27	-4.74	-3.21	-2.76	(A-A*) / A*	0.00	0.00
Resync 1 (C)	C-B	2.14	1.72	1.41	1.40	(B-A) / A	8.48	3.22
Resync 2 (D)	D-B	2.15	1.62	1.32	1.44	(C-A) / A	6.38	2.30
Resync 3 (E)	E-B	1.97	1.31	1.32	1.03	(D-A) / A	5.17	1.77
Resync 4 (F)	F-B	2.13	1.15	1.37	0.94	(E-A) / A	3.99	1.42
Resync 5 (G)	G-B	2.22	1.01	1.28	0.90	(F-A) / A	3.31	1.08

하는 곳에 에러가 집중되기 때문에 burst length에 패킷들의 경계가 포함 될 경우 두 패킷이 연속해서 손실 될 수 있다. 표 6의 데이터 구분화기술(Resync ON, DP ON)을 추가로 사용한 경우와 표 7의 비디오 패킷 길이에 따른 성능비교를 보면, Resync 1과 같이 비디오 패킷 길이를 작게 하는 것보다 Resync 3의 비디오 패킷 길이에 추가로 데이터 구분화기술을 사용하는 것이 산발 에러에 비해 PSNR의 성능 향상이 미비하며 CIF 영상(고 비트율)의 경우 오히려 성능이 좋지 않게 나타난다. 따라서 군집 에러하에서는 적절한 비디오 패킷의 크기를 선택하는 것이 무엇보다 중요하다.

IV. RTP/IP 환경하의 H.264/AVC 베이스라인 에러 강인 기술 성능 평가

1. 실험 조건

H.264/AVC의 에러 강인 기술 평가에는 ITU-T VCEG 그룹에서 제안한 3GPP/3GPP2에 대한 UMTS 혹은 CDMA-2000의 RTP/IP 시뮬레이터를 사용하였다^[10]. 그림 7은 본 모의실험에 사용한 CDMA-2000의 프로토콜 스택구조이다. 픽처를 구성하는 슬라이스 데이터는 비디오 payload로써 전송되고 비디오 payload를 포함하는 RTP/UDP/IP 패킷은 하나의 PDCP/PPP 패킷에서 구조화 된다. RLC-SDU는 물리 계층에서 하나 혹은

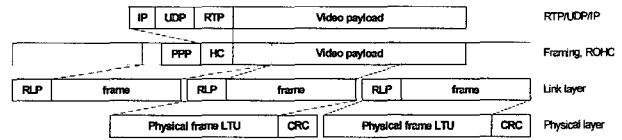


그림 7. CDMA-2000 패킷화^[10]
Fig. 7. CDMA-2000 Packetization.^[10]

은 여러 개의 LTU로 구조화 된다. 만약 RLC-SDU가 포함된 LTU에서 비트에러가 CRC에 의해 검출된다면 그에 해당하는 RLC-SDU는 버린다. 결과적으로, 버려진 RLC프레임의 해당 비디오 payload는 손실된 것이다. 시뮬레이터는 패킷화된 데이터와 주어진 에러 패턴 파일의 비트에러를 비트별로 대응시킴으로써 네트워크의 동작을 흉내낸다. 만약 패킷화된 데이터의 특정 위치가 에러 패턴 파일에서 에러가 위치하는 곳에 대응되면, 해당 RLC 프레임에 에러가 발생했다고 판단한다. 여기서, 오디오 데이터의 경우 RTP/IP시스템에서는 비디오와 독립적으로 전송 가능하므로 시뮬레이션에서는 오디오 데이터를 고려하지 않았다.

에러때문에 손상된 패킷을 버렸을 때 비디오 데이터의 손실된 부분에 대한 에러은닉을 수행할 필요가 있다. 일반적으로 에러 은닉기술은 표준화 대상이 아니지만 H.264/AVC 표준은 테스트모델로써 에러은닉기술을 정의하고 있다. FMO기술은 비트스트림에 에러가 발생하였을 때 복호기에서 효과적인 에러은닉이 가능하도록 하는 방법이기 때문에, 에러 성능평가시 적절한 에러은닉 기술 선정이 중요하다. 따라서 H.264/AVC의 보다 현실적인 에러 강인 성능 평가를 위해 MPEG-4의 간단한 에러은닉 방법인 손실 매크로블록의 동일 위치의 참조 영상의 매크로블록을 그대로 복사하는 방법 대신, 테스트모델에 있는 H.264/AVC의 좀더 정교한 에러은닉 기술을 사용하였다. 이 방법은 손실 블록 주변의 빠르게 복호화된 매크로블록의 움직임 벡터값을 이용하는 것이다. 즉, 이전 프레임의 해당 움직임 벡터 위치의 매크로블록을 이용하여 경계 화소들간의 유사성을 고려한 가장 유사한 블록경계선을 갖는 블록으로 손실 블록을 대체하는 방법이다^[15]. 또한 픽처의 헤더 정보가 손상된 경우는 이전의 복호화된 픽처를 복사하도록 하였다.

RTP/IP 망에 대한 실험에도 표 1의 MPEG-4와 같은 영상을 사용하였으며, MPEG-4의 양자화 파라미터(QP)값에 해당하는 H.264/AVC QP값을 실험을 통하여 정하여 사용하였다. 산발 및 군집 에러 패턴은 MPEG-4와 같이 NTT DoCoMo 시뮬레이터^[6]를 사용하여 생성하였다. 에러환경에서의 성능 평가는 'N-slice'와 'Scattered

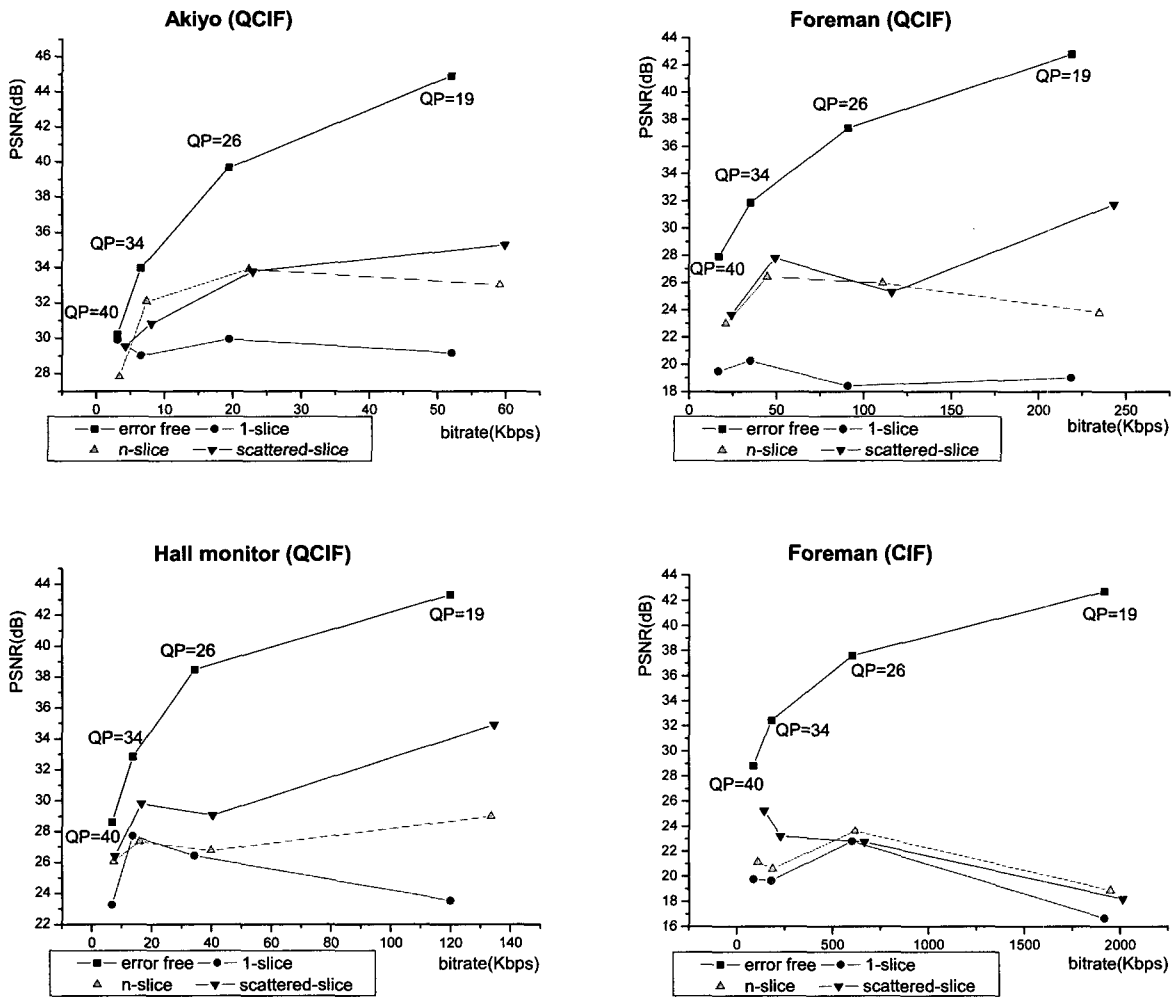


그림 8. 슬라이스 구조별 산발 비트에러하의 Rate-vs-PSNR 비교(BER=10⁻⁴)
 Fig. 8. PSNR comparison under different slice structures for random bit error (BER=10⁻⁴)

'-slice'의 경우를 비교 하였는데, 여기서 'N-slice'는 한 픽처를 N개의 슬라이스로 구성된 하나의 슬라이스 그룹(slice group)으로 정의한 경우로 MPEG-4의 재동기화 기술과 비슷한 구조이다. 그리고 'Scattered-slice'는 H.264/AVC에서 정의한 FMO기술을 지칭한다. 'N-slice'와 'Scattered-slice' 구조하의 슬라이스 길이는 표 3에서 사용한 Resync 3의 값을 사용하였다. 시뮬레이션에서 사용한 코덱은 H.264 JM4.1d 참조 코덱을 사용 하였다.

2. RTP/IP 환경하에서의 H.264/AVC 실험 결과

표 8 ~ 11은 산발 및 군집 에러하의 성능평가 결과를 보여 주며 비교를 위해 MPEG-4의 실험과 같이 QCIF 영상과 CIF 영상의 평균 PSNR과 평균 비트율을 사용 하였다.

가. 산발 비트에러에 대한 성능 분석

'N-slice'와 'Scattered-slice' 구조하에서는 한 프레임이 여러 개의 작은 슬라이스들로 구성되고, 각 슬라이스는 독립적으로 부호화된 후 네트워크에서 서로 다른 패킷으로 전송 된다. N-slice에서 N=1인 경우에 해당하는 '1-slice'의 경우 한 프레임이 하나의 슬라이스로 되어 동일 패킷으로 전송되므로, 'N-slice' (단, N > 1)와 'Scattered-slice' 구조보다 에러에 노출될 확률이 높고, 에러 발생시 복호기는 단순히 몇 개의 매크로블록을 잃어버리는 것이 아니라 프레임 전체를 잃어버리게 된다. 따라서 '1-slice'는 표 8에서 보는 것과 같이 QCIF 영상에서 평균 11.32dB의 큰 PSNR 손실을 가져온다. 반면에, N > 1 인 'N-slice'를 사용하면 '1-slice'에 비하여 평균 3.25dB의 PSNR이 증가한다. 그러나 'Scattered-slice'의 경우 5.16dB의 PSNR 향상을 나타

표 8. 산발 비트에러에서 서로 다른 슬라이스 구조의 실험 결과 (BER = 10⁻⁴)

Table 8. Simulation result of different slice structures with random bit errors(BER = 10⁻⁴).

에러강인 기술	ΔPSNRY [dB]			비트증가량 [%]		
	계산	QCIF	CIF	계산	QCIF	CIF
Error Free (A*)	A*	35.99	35.39	A*	51.43 (Kbps)	639.30 (Kbps)
1 slice (A)	A-A*	-11.32	-13.73	(A-A*) / A*	0.00	0.00
N-slice (B)	B-A	3.25	0.98	(B-A) / A	15.65	6.84
Scattered-slice (C)	C-A	5.16	2.21	(C-A) / A	23.49	15.00

표 9. 슬라이스 길이에 따른 산발 비트 에러하에서 성능비교 (BER = 10⁻⁴)

Table 9. N-slice for different video packet lengths with random bit errors (BER = 10⁻⁴)

에러강인 기술	ΔPSNRY [dB]			비트증가량 [%]		
	계산	QCIF	CIF	계산	QCIF	CIF
Error Free (A*)	A*	35.99	35.39	A*	51.43 (Kbps)	639.30 (Kbps)
1 slice (A)	A-A*	-11.32	-13.43	(A-A*) / A*	0.00	0.00
Resync 1 (B)	B-A	5.07	1.46	(B-A) / A	23.89	3.87
Resync 2 (C)	C-A	5.21	0.77	(C-A) / A	17.12	2.66
Resync 3 (D)	D-A	3.25	0.70	(D-A) / A	13.49	1.97
Resync 4 (E)	E-A	3.86	0.56	(E-A) / A	11.34	1.55
Resync 5 (F)	F-A	2.93	0.34	(F-A) / A	9.34	1.09

낸다. 이것은 'N-slice' 구조의 경우 연속된 매크로블록이 하나의 슬라이스를 구성하기 때문에 패킷 손실시 에러 복원에 이용할 수 있는 주변 블록의 데이터가 'Scattered-slice' 구조로 만들어진 슬라이스보다 적기 때문이다.

그림 9는 산발 비트에러 환경에서 실험 영상의 rate 대비 PSNR 성능을 보여준다. 각 그래프를 보면 'N-slice'와 'Scattered-slice'가 '1-slice' 보다 우수한 성능을 나타냄을 알 수 있다. 또한 그림 9를 보면 MPEG-4의 실험 결과와 비슷한 현상으로 특정 비트율 이상에서는 PSNR 성능 개선이 없으며, 오히려 감소하는 결과를 보여준다.

일반적으로 한 프레임을 구성하는 슬라이스 개수에

표 10. 슬라이스 구조별 군집 비트에러 환경에서의 성능 비교 (BER = 10⁻³, 20%, 50%)

Table 10. Simulation result of different slice structures with burst errors (BER = 10⁻³, 20%, 50%)

에러강인 기술	ΔPSNRY [dB]				비트증가량 [%]			
	계산	Burst error = 20%		Burst error = 50%				
		QCIF	CIF	QCIF	CIF	계산	QCIF	CIF
Error Free (A*)	A*	35.99	35.39	35.99	35.39	A*	51.43 (Kbps)	639.30 (Kbps)
1-slice (A)	A-A*	-5.95	-6.12	-3.61	-2.99	(A-A*) / A*	0.00	0.00
N-slice (B)	B-A	2.39	1.28	1.83	0.92	(B-A) / A	15.65	6.84
Scattered-slice (C)	C-A	3.43	3.30	2.24	2.01	(C-A) / A	23.49	15.00

표 11. 군집 비트에러하의 슬라이스 길이별 성능비교 (BER = 10⁻³, 20%, 50%)

Table 11. N-slice for different video packet lengths with burst errors (BER = 10⁻³, 20%, 50%)

에러강인 기술	ΔPSNRY [dB]				비트증가량 [%]			
	계산	Burst error = 20%		Burst error = 50%				
		QCIF	CIF	QCIF	CIF	계산	QCIF	CIF
Error Free (A*)	A*	35.99	35.39	35.99	35.39	A*	51.43 (Kbps)	639.30 (Kbps)
1-slice (A)	A-A*	-5.95	-6.12	-3.61	-2.99	(A-A*) / A*	0.00	0.00
Resync 1 (B)	B-A	3.78	1.54	2.52	1.12	(B-A) / A	23.89	3.87
Resync 2 (C)	C-A	3.64	1.29	2.40	1.04	(C-A) / A	17.12	2.66
Resync 3 (D)	D-A	2.39	1.28	1.83	0.92	(D-A) / A	13.49	1.97
Resync 4 (E)	E-A	2.85	0.75	2.21	0.73	(E-A) / A	11.34	1.55
Resync 5 (F)	F-A	2.66	0.69	1.96	0.71	(F-A) / A	9.34	1.09

따라 에러 강인성이 많이 좌우되기 때문에 'N-slice' 구조하에서 서로 다른 슬라이스 길이에 대한 성능 비교를 수행하여 그 결과를 표 9에 나타내었다. MPEG-4의 패킷 크기에 따른 성능 결과와 비슷하게 저 비트율(QCIF)

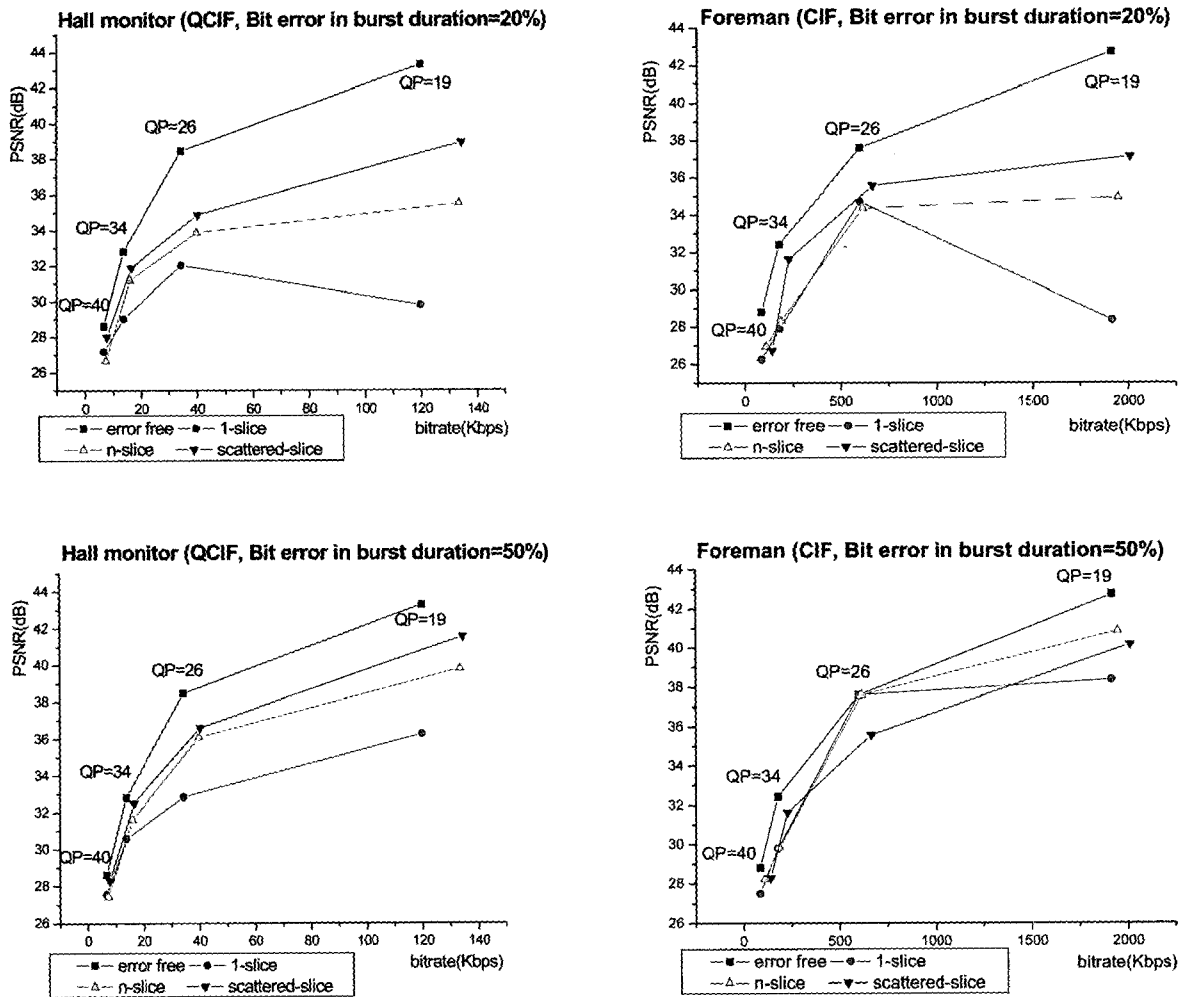


그림 9. 슬라이스 구조별 균집 비트에러 환경에서의 Rate-vs-PSNR 비교 (BER=10⁻³, 20%, 50%)
 Fig. 9. PSNR comparison with different slice structures for burst error (BER=10⁻³, 20%, 50%)

과 고 비트율(CIF)에서 비디오 패킷의 크기가 작을수록 더 좋은 성능을 나타냄을 알 수 있다. 또한 표 8과 표 9를 보면, QCIF와 같이 화면의 크기가 작은 영상의 경우 'Scattered-slice'를 사용하는 것이 비디오 패킷의 크기를 작게 하는 것에 비하여 PSNR 성능 개선이 미비하다. 하지만 CIF 영상의 경우 일정 비트량의 증가는 발생하지만 패킷 크기를 작게하는 것보다 'Scattered slice'를 사용하는 것이 PSNR 성능 개선이 큰 것을 알 수 있다. 이것은 FMO기술은 비트스트림에 에러가 발생하였을 때 복호기에서 효과적인 에러은닉이 가능하도록 하는 기술이기 때문에, 동일 영상에서 화면의 크기가 큰 경우 에러은닉을 더 잘 할 수 있기 때문이다.

나. 균집 비트에러에 대한 성능 분석

그림 9와 표 10은 앞서와 마찬가지로 균집 비트에러

환경하에서의 서로 다른 슬라이스 구조간의 성능비교 실험 결과이다. 표 8의 실험 결과와 비교해 보면 일반적으로 산발 비트에러때보다 균집 비트에러가 발생하였을 경우 PSNR 성능 감소가 더 적음을 알 수 있다. 이것은 산발 비트에러는 비트열에 에러 비트가 분산되어 발생하는 반면, 균집 에러는 에러가 특정 위치에 집중되어 발생되기 때문에, 균집 에러에서는 비디오 퍼킷 손실의 개수가 산발 비트에러때 보다 적게 발생하기 때문이다. 또 산발 에러때와는 다르게, 균집에러는 비트율이 증가 할수록 PSNR이 특정 비트율 이상에서도 감소하지 않고 약간의 성능 개선 효과가 있다. 이는 균집 에러가 몇 개의 슬라이스에만 집중적으로 발생하여, 복호될 수 있는 슬라이스가 많이 존재하기 때문이다. 한편, 에러 강인 기술은 특히 고 비트율에서 성능 향상 정도가 큰 것을 볼 수 있다. 따라서 저 비트율 통신에서는

하나의 슬라이스로 프레임을 구성하는 통상의 방법을 사용해도 좋으나, 고 비트율로 통신 할 경우에는 보다 정교한 슬라이스 구조를 사용하는 것이 유리하다.

표 11은 군집 비트에러환경에서 N-slice구조를 사용할 경우, 비디오 패킷 길이에 따른 PSNR 성능과 비트 증가율 변화를 나타내었다. MPEG-4의 군집 에러의 경우와 같이 비디오 패킷의 크기가 작아 질수록 PSNR의 성능이 항상 개선되지 않음을 알 수 있다. 또한 표 10과 표 11을 보면, 'Scattered-slice' 사용과 비디오 패킷의 크기를 작게하는 것과의 성능은 산발 에러와 비슷한 경향을 보여 준다. 또한 고 비트율에서는 비디오 패킷의 크기를 작게하는 것 보다 'Scattered-slice' 구조가 복호기에서 효과적인 에러 은닉을 할 수 있기 때문에 에러 강인 성능이 좋게 나타난다.

V. 결 론

본 논문에서는 MPEG-4 심플 프로파일과 H.264/AVC 베이스라인의 에러 강인 기술의 성능을 평가 하였다. MPEG-4 심플 프로파일에서는 에러에 노출된 환경에서 에러 강인 기술의 사용에 따라 10% 미만의 비트율 증가를 가져 오면서 영상의 화질이 현격히 개선되는 결과를 보여 주었다. 또한 저 비트율에서 고비트율 경우보다 에러 강인 기술 적용에 따른 성능 개선 효과가 더 크게 나타났다. 특히, 에러에 노출된 환경에서는 특정 비트율 이상에서는 성능 개선이 없거나 오히려 감소하기 때문에 특정 비트율 이상으로 부호화 할 필요가 없다는 것을 알 수 있었다. H.264/AVC 베이스라인에서는 에러 강인 기술에 따른 성능 개선효과를 확인 할 수 있었으며, 특히, scattered 슬라이스 구조는 에러 은닉에 효과적으로 대응 할 수 있기 때문에 N-slice 보다 더 좋은 성능을 나타냄을 알 수 있었다. 또한 MPEG-4의 실험 결과와 같이 패킷 손실 환경에서 영상의 화질은 특정 비트율 이상에서 포화되거나 다소 감소하였다. 따라서 주어진 네트워크 에러 환경에 따라 적합한 비트율의 선택이 중요하다.

참 고 문 헌

- [1] Raj Talluri, "Error-Resilient Video Coding in the ISO MPEG-4 Standards," IEEE Communication Magazine, Vol.26, No. 6, pp.112-119, June 1998.
- [2] Yao Wan, Stephan Wenger, Jiangtao Wen, and Aggeolos K. Katsaggelos, "Error Resilient Video Coding Techniques," IEEE Signal Processing Magazine, Vol.17, No.4, pp.61-82, July 2000.
- [3] S. Wenger and B. Srinivas, "Mobile Mux Simulation Tools," ITU-T Q15-I-53, Red Bank Meeting, Oct. 1999.
- [4] S. Wenger, "Common Condition for Video Performance Evaluation in H.324M Error-prone System," ITU-T document Q15-I-60, Red Bank Meeting, Oct. 1999.
- [5] Bernhard Wimme, "List of Error-Patterns for Error Robust Video-codec Development," ITU-T document Q15-I-27, Red Bank Meeting, Oct. 1999.
- [6] Ad-hoc group on core experiments on error resilience aspects MPEG-4, "Description of Error Resilient Core Experiments," ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, N2175, Mar. 1998.
- [7] Weiping Li, et al, "MPEG-4 Video Verification Model version 17.0," ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, N3515, July 2000.
- [8] Stephan Wenger, "FMO: Flexible Macroblock Ordering," ITU-T JVT-C089, May 2002.
- [9] Daniel Collins, "Carrier Grade VOICE OVER IP," McGraw-Hill, pp. 8-39, pp. 49-71, Sept. 2000.
- [10] Viktor Varsa, et al, "Common Test Conditions for RTP/IP over 3GPP/3GPP2", ITU-T VCEG-M77, Apr. 2001.
- [11] Thomas Wiegand, "Study of Final Committee Draft of Joint Video Specification (ITU-T Rec. H.264 | ISO/IEC 14496-10 AVC)", JVT-F100, Dec. 2002.
- [12] Y.H. Jung, et al, "Robust error concealment algorithm using iterative weighted boundary matching criterion," Proc. of Intern. Conf. on Image Processing (ICIP), Volume: 3, pp.384-387, Oct. 2000.
- [13] M. E. Al-Mualla, N. Canagarajah, and D. R. Bull, "Error concealment using motion field interpolation" Proc. of Intern. Conf. On Image Processing (ICIP), Volume: 3, pp.512-516, Oct. 2000.
- [14] Thomas Wiegand, "Working Draft Number 2, Revision 2(WD-2)", JVT-B118r2, Mar. 2002.
- [15] 황영희, 전병우, "연성 워터마크를 이용한 비디오의 효율적인 에러 검출 방법", 대한전자공학회 논문지, 제 39권 SP편, 제 6호, 38-47쪽, 2002년 11월.
- [16] 윤승현, 김중호, 정제창, "에러 내성 기법을 활용한 MPEG-4 비디오 데이터의 전송", 대한전자공학회, 제14회 신호처리 합동 학술대회 논문집, 319-322쪽, 2001년 9월.

[17] W. Park and B. Jeon, "Error detection and recovery by hiding information into video bit-stream using fragile watermarking", Proc. of SPIE, Visual Communications and Image Processing 2002, Vol. 4671, pp. 1-10, 2002.

— 저 자 소 개 —



정 봉 수(학생회원)
 2002년 2월 성균관대학교 전기전자 및 컴퓨터공학부 졸업(학사)
 2004년 8월 성균관대학교 정보통신공학부 졸업(석사)
 2004년 9월~현재 성균관대학교 정보통신공학부 박사과정

<주관심분야: 영상압축, 멀티미디어 통신, 멀티미디어 VLSI, 에러 강인 디지털 비디오>



황 영 휘(정회원)
 1997년 2월 성균관대학교 전자공학과 학사 졸업(학사)
 2003년 2월 성균관대학교 정보통신공학부 석사졸업(석사)
 2003년~현재 LG전자 기술원 Mobile Multimedia 연구소 주임 연구원

<주관심분야: 영상압축, 멀티미디어 응용>



전 병 우(정회원)
 1985년 2월 서울대학교 전자공학과 졸업(학사)
 1987년 2월 서울대학교 전자 공학과 졸업(석사)
 1992년 12월 Purdue Univ, School of Elec. 졸업(공학박사).

1993년~1997년 8월 삼성전자 신호처리연구소 수석연구원
 1997년 9월~현재 성균관대학교 정보통신공학부 부교수

<주관심분야: 멀티미디어 영상 압축, 영상인식, 신호처리>



김 명 돈(정회원)
 1993년 2월 동아대학교 전자공학과 졸업(학사)
 1995년 2월 동아대학교 전자공학과 졸업(석사)
 2000년 3월~현재 충남대학교 전자공학과 박사과정

1995년 8월~현재 한국전자통신연구원 이동A/V 연구팀 선임연구원

<주관심분야: 이동통신, 영상신호처리, 음성신호처리>



최 승 인(정회원)
 1982년 2월 광운대학교 응용전자공학과 졸업(학사)
 1987년 2월 광운대학교 전자계산기공학과 졸업(석사)
 1982년 7월~현재 한국전자통신연구원 이동 A/V연구팀 책임연구원

<주관심분야: 이동통신, 음성신호처리, 영상신호처리>