

차세대 통신망에서의 영상압축 기술

李 尙 勳, 李 熙 暎

韓國通信 研究開發團 基礎技術研究部

I. 서 론

빠르게 발전하고 있는 광 전송기술, 영상처리기술 그리고 VLSI 기술에 힘입어 영상통신분야는 기술적 뿐만이 아니라 경제적으로도 제공이 가능한 차세대 통신의 중요한 분야로서 각광을 받게 되었다. 영상통신은 현존하고 있는 전화망, 근거리통신망(LAN) 및 곧 실현 예정인 협대역 ISDN을 통하여서도 제한적으로 가능하기 때문에 망의 전반적인 개편이 요구되는 광대역 ISDN에서는 경제적이고 고품질의 영상서비스와 음성, 데이터, 그래픽, 영상정보가 함께 전달 처리되는 복합 정보서비스의 효율적인 제공이 차세대 통신망 사활의 중요한 부분을 담당하고 있다고 보여진다.

복합 정보통신을 효율적으로 망에 수용하기 위해서는 여러가지 문제점이 있는데 광대한 정보량 및 이에 따르는 전송 및 교환문제, 동시 다발로 여러명의 사용자를 동시에 수용함으로써 발생하는 통화 절체 및 호의 연결문제, 서로 상이한 서비스의 효율적인 수용문제 등을 고려 비동기식 단일 복합망(ATM망)을 통해 제기된 문제점을 풀어나가고 있는 과정이다. 한편 망의 문제가 해결이 되어도 복합 정보통신을 수행하는 가입자 단말기의 가격이 높으면 서비스 대중화의 실현이 어려운 문제점을 지니고 있다. 특히 기타 정보보다 엄청난 대역폭이 요구되는 영상서비스의 경우 전송 대역폭을 줄이는 영상압축 기술이 그 핵심이라 할 수 있으며 복잡한 영상처리 방법과 고도의 VLSI 기술이 필요하다. 각종 영상서비스의 종류에 따라 서로 다른 영상압축기술이 사용될 경우 시장 수요의 한정으로 영상 단말 가격의 빠른 하락을 기대하기 어려운 문제점을 가지고 있다.

이러한 문제점을 해결하고 영상서비스의 경제적인 조기 보급을 위하여 국제 표준화기구를 통한 영상압축 기

술의 표준화가 진행되고 있으며 이 표준화의 일관된 흐름은 하나의 영상압축 기술이 최소한의 변경으로 영상전화, 영상회의, PC를 이용한 멀티미디어의 응용, CA-TV, HDTV 방송 및 디지털 VCR, 디지털 TV등 다양한 응용분야에 공통적으로 사용될 수 있는 방향으로 정리되어 나아가고 있다. 다시 말해서 영상압축 기술의 C³I (communication, computer, communication product integration)를 통한 응용 영역의 확대와 함께 엄청난 양산을 통해 가격의 신속한 하락을 유도하여 각종 영상서비스의 경제적인 조기 보급을 실현하는 목적을 가지고 표준화가 진행되고 있다. 따라서 이러한 경향을 조기에 파악하고 개발하는 노력의 여하에 따라 이미 시작되고 있는 영상서비스 시장의 참여 정도 및 기술의 자립도가 크게 영향을 받을 것은 자명한 사실이라 하겠다.

본고는 영상압축 기법의 세계적인 흐름과 그 내용을 소개하는 목적으로 기술되었으며 제Ⅱ장에서는 차세대 통신망에서 제공 가능한 영상서비스를 그 특성에 따라 정보제공자와 정보사용자의 측면에서 분류하였으며 이에 따른 대역폭 및 망에서의 호처리, 연결등의 복잡도에 대하여 간단히 설명하였다. 영상압축 기술의 세계 표준화 동향은 제Ⅲ장에 설명하였으며 제Ⅳ장에서는 이 압축기술의 내용과 그 응용분야를 살펴 보았다.

Ⅱ. 영상 서비스

영상 서비스는 망의 측면, 서비스 응용형태, 서비스 사용자 측면 및 대역폭 등 여러 측면에서 분류할 수 있는데 여기서는 사용자의 입장에서 정보제공자와 정보사용자에 따라 분류해 보고자 한다.

정보 제공자는 다양한 여러가지 정보를 제공할 수 있는 중앙서비스 제공자와 망에 가입되어 개인정보 또는

지역에 관한 정보를 제공하는 개인서비스 제공자로 나눌 수 있고 정보 사용자는 공공성격의 정보를 제공받는 대중가입자와 특정 정보를 제공받는 개인 및 특정 다수의 가입자로 분류할 수 있다. 중앙서비스 제공자가 대중 가입자에게 제공하는 서비스로는 대단위 전송매체를 이용한 방송서비스 및 대단위 기억매체를 이용하여 제공하는 DB(data base) 검색 서비스가 있으며 방송서비스는 공공의 성격이 있는 정보로서 CATV 방송, HDTV 방송 등이 있으며 DB 검색서비스는 각 개인 및 특정 다수가 필요로 하는 특수정보를 제공하는 서비스로서 영상 전자도서관, 부동산정보, 상품 쇼핑정보 서비스 등을 그 예로 들 수 있다.

개인서비스 제공자가 제공하는 서비스로는 대중 또는 개인 가입자를 상대로 정보를 제공하는 메시지 서비스와 개인 또는 특정 다수간에 정보를 주고받는 대화형 서비스가 있다. 메시지 서비스는 매매광고, 모임안내 등을 게시하는 영상게시판과 영상메일 서비스를 예로 들 수 있는데 일반적으로 공동저장 매체를 이용한 비실시간 서비스가 그 대중을 이루고 있다. 대화형 서비스는 일반적으로 실시간 정보교환이 요구되는 서비스로서 영상전화, 영상회의 등을 그 대표적인 예로 들 수 있다.

이와같이 다양한 영상서비스가 효율적으로 제공되기 위해서는 여러가지 문제점이 있는데 영상의 특성상 광대한 정보량 및 이에 따르는 압축과 전송문제, 정보 제공자와 사용자간의 호의 연결문제, 서비스의 특성에 따라 달라지는 통신 절차의 복잡도는 각종 서비스를 제공하는데 있어서 효율적인 망을 설계하기 위하여 매우 중요하다. 그림 1에 각종 영상서비스를 대역폭 및 통신절차에 따라 분류하였다. 대화형 서비스인 영상회의는 영상, 음성, 회의중에 발생하는 각종 데이터 및 그래픽을 전송, 교환하여야 하고 다자간의 연결로 인한 호의 연결 및 재 연결 시도가 매우 높아 가장 복잡한 통신절차 및 연결방법을 필요로 한다. 반면에 DB 검색 서비스는 그 특성상 실시간 호의 연결을 요구하지 않으므로 그 절차가 간단하여 비디오텍스 정도의 복잡도가 필요하며 영상의 저장 및 검색을 위해 대용량 기억매체와 정보 제공자에서 정보사용자 방향으로의 대역폭이 그 역방향보다 커야 하는 특성을 가지고 있다.

메시지 서비스는 DB 검색서비스와 같이 기억매체를 필요로 하는데 DB 검색 서비스와는 달리 개인 사용자가 기억매체에 저장된 정보의 내용을 바꿀 수 있으며 호 연결은 LAN에서 사용되는 전자메일 정도의 복잡도를 갖는다. 저장된 정보는 정보 이용 동호인, 그룹 또는 개인 별로 잠금장치를 두어 전혀 관계를 갖지 않는 특정인이

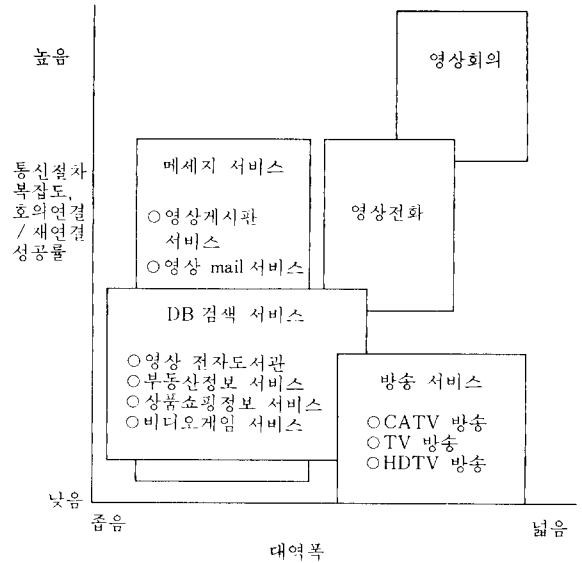


그림 1. 영상서비스의 대역폭 및 절차에 따른 분류

저장된 정보를 파괴하는 것을 방지한다. 개인의 영상 전자메일 서비스를 위해서는 중앙기억 매체 내에 사서함을 갖거나 아니면 개인 단말에 기억장치가 필요하다. 서비스되는 모든 채널이 가입자까지 연결되는 단순 방송 서비스의 경우 호의 연결기능은 필요없고 단지 서비스의 요구와 종료로 감지하는 장치만이 필요하다. 방송서비스는 매우 넓은 단방향의 대역폭을 필요로 하지만 일단 서비스가 시작되면 장시간 연결상태가 지속되므로 연결 복잡도는 매우 낮다. 이러한 점을 고려할 때 패킷망과 회선교환망의 장점을 갖춘 비동기식(ATM) BISDN 망이 위의 여러 서비스를 통합 수용할 수 있는 망으로 인식되고 있으며 위의 여러 기술적 사항을 고려하여 설계되고 있다.

Ⅲ. 영상압축 기술의 표준화 동향

영상압축 기술은 다양한 비디오 소스에서 입력된 신호를 사전처리 과정을 통하여 표준 공통 규격으로 만든 후에 이를 압축하는 3단계로 나눌 수 있다. 압축된 영상은 디지털 전송로를 통하여 전송된 후 수신측에서 이를 받아 복원한 후 표준 공통규격으로 만들어서 사후처리 과정을 통하여 디스플레이되며 이 과정을 그림 2에 나타내었다.

비디오 소스는 영상전화/회의, TV신호(NTSC, PAL, SECAM), HDTV신호(1050, 1125, 1250 주사선 등),

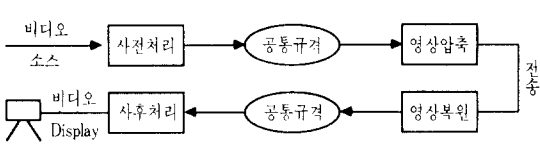


그림 2. 영상압축 및 복원단계

VTR 테이프신호(VHS, S-VHS), 영화필름등 여러가지의 다양한 형태를 갖는데 각 소스의 규격, 해상도, 전송에 요구되는 대역폭 등이 동일한 응용분야에서도 서로 다른 성질을 가지고 있다. 과거의 표준화는 이와같은 서로 다른 성질의 소스를 각 응용 분야별로 하나의 표준 비디오 소스로 통일하려는 노력이 있었으나 업체 및 각국의 이익이 첨예하게 대립함에 따라 동일한 응용분야의 비디오 소스간의 표준화는 거의 포기된 상태이고 대신에 이 서로 다른 비디오 소스로부터 사전처리 과정을 통하여 몇개의 요구되는 해상도에 따른 공통규격을 만들어서 서로 다른 비디오 소스간의 호환성을 제공하는 방향으로 나아가고 있다. 공통규격은 서로 다른 소스를 전처리를 통하여 만든 디지털 영상규격으로서 이기종간의 통신을 용이하게 하여 주며 각 규격은 그림3에 표시한 바와 같이 해상도에 따른 계층적 구조를 갖는다. TV에 525 주사선을 사용하는 국가의 경우(한국 포함) 최소 공통규격인 QCIF(quarter common intermediate format)는 영상전화의 영상 format으로 180×120화소의 크기를 가지며 CIF(common intermediate format)는 QCIF의 4배의 크기를 가지며 영상전화/회의 및 저장매체를 이용한 멀티미디어 서비스에 사용되며 표1에 표시한 바와 같이 CCITT H.261^[1], ISO MPEG1^[2]를 통해 국제권고안이 제정되었거나 거의 마무리 되고 있는 상황이다. CCIR format은 현재에는 아날로그 방식인 CATV, TV 신호와 디지털 규격으로서 CIF의 4배의 크기를 갖는다. 이 규격은 TV신호의 디지털 전송, 디지털 VTR 고화질

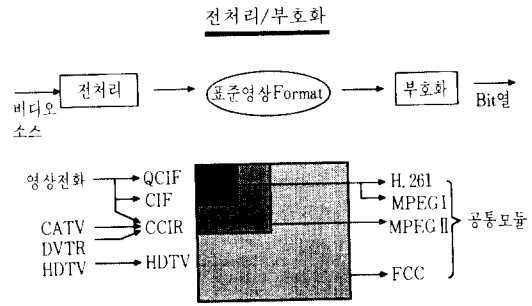


그림 3. 공통 규격

영상전화/회의 및 멀티미디어 서비스 등에 응용될 것으로 보인다^[3]. CCIR 규격에 기초를 둔 정지화 압축 방법은 현재 JPEG^[4]에서 표준 제정이 끝난 상태이며 동화에 대한 압축기법은 MPEG II에서 표준 규격안 제정을 진행하고 있다.

HDTV는 1968년 이래 일본에서 연구를 시작하여 일본 NHK에서 아날로그 방식인 MUSE HDTV시스템^[5]을 제안하여 세계 단일 방식으로서의 제정을 노력하였으나 세계 각국의 반대로 표준화가 유보되었다. 이에 맞서 유럽에서는 역시 아날로그 방식인 HD-MAC^[6]을 제안하였고 이의 실용화에 노력하고 있다. 초창기에는 HDTV를 단순한 TV 수상기로 인식하고 이에 대한 개발노력을 하였으나 미국을 중심으로 아날로그 방식이 아닌 디지털 방식으로 전환하여 종합 비디오서비스 단말기로서의 성격을 갖는 HDTV 시스템을 개발하고 있다. 즉 영상, 음성 뿐만 아니라 각종 데이터 및 그래픽 등을 함께 송수신하는 부가기능이 부착된 형태로 개발하고 있다. 미국의 디지털 방식은 영상, 음성, 그래픽 및 각종 데이터를 포함한 HDTV 신호를 약 20Mbps의 신호대역폭으로 압축한 후 이를 16-QAM등의 변조 방법을 통하여 6MHz 아날로그 전송로를 통하여 전송하는 방식을 폐하고 있

표 1. 영상압축 기법 표준화 동향

표준화 기관		응용분야	압축전 주 공통 규격	속 표	비 고
CCITT	H. 261	영상 전화/회의	QCIF (180×120) CIF (360×240)	64 Kb/s~1.5 Mb/s	완료
	JPEG	디지털 저장매체, 컴퓨터	CCIR(720×480) 등	0.75~1.5 bit/화소	완 료 (정지화상)
ISO	JPEG I	멀티 미디어	CIF(360×240)	1.0~1.5 Mb/s	완 료 VHS NTSC S-VHS 착 수
	JPEG II	멀티 미디어, TV 전송 (CD ROM, 디지털 VTR)	CCIR(720×480)	5~10 Mb/s	

표 2. 미국의 디지털 HDTV 방식

특 성		신 호 형 태						기 타	
주 관 기 관	FCC(미국)	I 비월 주사	1440	720	720			30 frames / S	
개 발 기 관 (회 사)	GI/MIT Zenith / AT & T ATRC		Y	960	C1	480	C2		480
방 식	완전 디지털 방 식	P 순차 주사	1280	640	640			60frames / S	
대 폭 역	20 - 22 Mbps		Y	720	C1	360	C2		360
변 조 방 식	16QAM 또는 4 VSB								
압 축 율		30 - 45 : 1 (560 - 750 Mbps → 20 - 22 Mbps)							

다(표 2)^[7]의 여기서 주의하여야 할 점은 영상전화에서 미국의 디지털 HDTV 방송 방식까지 표준화 기관은 다르지만 영상 압축기법은 거의 동일한 골격을 기반으로 흐름이 정리되고 있다는 사실이다.

이렇게 공통 규격으로 전환하여 동일한 방법의 영상 압축을 행할 경우 압축방법의 표준화를 통하여 서로 다른 응용분야라 할지라도 요구되는 코덱(codec)의 핵심 부품을 최대한으로 공유할 수 있도록 하여 주며 이렇게 할 경우 비디오 코덱의 응용영역을 확대하여 각 부품의 대량 생산이 가능하여지고 이로 인하여 코덱의 가격이 기하급수적으로 하락하여 각종 영상서비스를 조기 보급할 수 있는 터전을 마련하게 된다. 동일한 골격의 영상 압축 기법은 다음장에서 자세히 기술하기로 한다.

IV. 영상압축 기법

1. 부호화 방법

사전 처리과정을 거쳐서 공통 규격으로 만들어진 영상은 각 응용분야에 따라 표준화된 영상 압축방법에 따라 처리되는데 표 1에서 표시한 CCITT의 H.261과 ISO의 MPEG의 부호화 복호화 과정은 그림 4와 같이 공통 규격을 다시 바둑판처럼 압축의 기본 단위인 16×16의 매크로 블록(macro block)으로 나눈 다음 이 매크로 블록에 해당하는 8×8 크기의 4개의 휘도(luminance) 블록과 2개의 컬러(chrominance, C1, C2) 블록으로 다시 나누어 각 블록을 순서대로 부호화한다. 따라서 하나의 매크로 블록에 대한 영상압축 방법이 결정되면 공통규

Macro Block (MB)

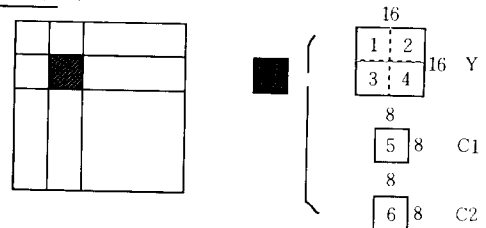
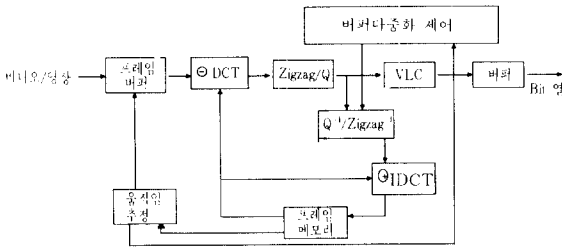


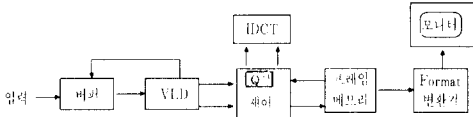
그림 4. MPEG video의 정의

격의 크기 즉 해상도에 관계없이 같은 영상압축 방법을 사용할 수가 있는 장점이 있다. 예를들어 그림 3의 CIF의 공통규격은 330개의 매크로 블록으로 나누어지며 CCIR의 공통규격은 그 4배인 1320개의 매크로 블록으로 나누어진다. 따라서 영상압축 방법에 따라 CIF 규격의 응용분야를 위해 구원된 부호화기 및 복호화기가 4배 이상의 고속으로만 동작할 수만 있다면 CCIR 규격의 응용분야에도 그대로 쓰여질 수 있는 것이다. 이러한 이점 때문에 CIF 규격을 위해 정의된 MPEG의 부호화 방법이 HDTV 영상압축에 쓰여지고 있는 것이다.^[7,8]

하나의 흐름으로 정리되고 있는 영상압축의 부호화/복호화 방법은 그림 5에 표시한 바와 같이 몇개의 기본 모듈로서 표시할 수 있는데 부호화 방법은 8×8블럭단위로 DCT변환, 양자화 및 가변길이 부호화(VLC, variable word length coding)의 과정을 거쳐 행해지며 복호화는 그 역순으로 진행된다. 부호화 방법은 크게 프



(a) 부호화기 블록도



(b) 복호화기 블록도

그림 5. 공통 압축기법의 부호화기 및 복호화기

레이프(공통규격)내의 영상정보의 중복성을 제거하는 intra frame 부호화와 프레임간의 시간축 상의 중복성을 제거하는 inter frame 부호화로 나누어진다.

1) Intra frame 부호화

이 부호화는 프레임내의 중복정보를 줄이며 그 과정을 그림 6에 나타내었다. 먼저 8×8 크기의 블록을 DCT 변환하고 변환된 계수들을 양자화한 후 zig-zag 주사방법으로 고차원 계수 배열을 1차원 데이터 열로 만든다. 이 데이터 열들을 가변길이 부호화를 적용하여 더 압축한다. 각 과정을 세부적으로 살펴보면 DCT변환은 영상의 중복 정보를 제거하는 성질이 있는데 DCT변환을 하면 계수들의 대부분은 낮은 주파수 쪽으로 몰려서 분포하고 높은 주파수 성분들은 거의 0에 가깝다. 그러므로 이를 dead-zone을 가진 양자화기를 사용하여 양자화 하면 상당히 많은 계수들이 0의 값을 갖는다. 양자화는 각 계수들에 대해서 다른 step-size를 갖는 테이블에 미리 저장된 값들을 이용한다. 이렇게 양자화된 계수들은 가능한 한 긴 0의 데이터열을 만들기 위하여 zig-zag 스캐닝을 한다. 이것은 변환된 계수가 첫 계수를 중심으로 그 크기가 등고선 형태로 분포함에 기인한다. 이렇게 만들어진 1차원 데이터열은 값이 0인 데이터수가 매우 많으므로 이를 효과적으로 이용할 수 있는 2차원 줄길이 부호화 방법을 이용하여 부호화 한다. 줄길이 부호화는 계속되는 0의 갯수와 0이 아닌 계수값으로 구성된 2차원 좌표를 만들어서 부호화를 하는 방법이다. 그리고 마지막으로 각 좌표들은 빈도수가 높은 word에는 적은 비트를 할당으로 빈도수가 낮은 word에는 많은 비트를 할당

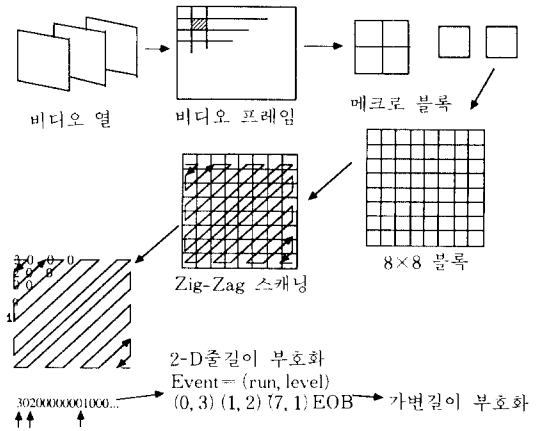


그림 6. Intra frame 부호화

하여 압축 효과를 얻는 가변길이 부호화를 행하여 더욱 압축된다. 이렇게 압축된 정보는 전송을 위하여 버퍼에 저장되는 한편 다음 프레임의 inter frame 부호화를 위하여 이를 다시 역변환하여 프레임 메모리에 그림 7과 같이 저장한다^[2,10,11].

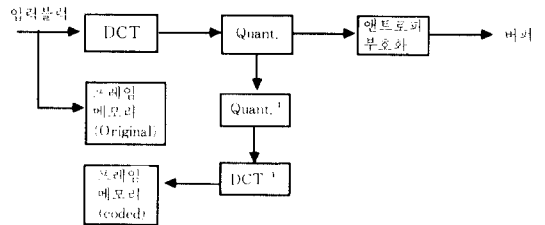


그림 7. Intra frame 부호화 과정 블록도

2) Inter frame 부호화

영상은 프레임간에 매우 많은 중복정보가 있으므로 이를 제거하면 압축률을 매우 높일 수 있다. 보통 영상의 움직임이 적을수록 중복성은 증가하고 움직임이 많은 영상은 그 중복성이 적다. 프레임간의 움직임 정보를 검출하여 이를 이용하여 움직임을 추정하고 보상하여 주면 매우 효과적으로 부호화를 할 수 있다.

움직임의 검출은 그림 8과 같이 매크로 블록 단위로 블록 정합(block matching)기법을 사용하여 검출하는데 사전에 주어진 일정한 범위안에서 현재 프레임의 블록 (A)을 움직여 가면서 메모리 안에 저장된 이전 프레임 (B)과의 사이에 가장 큰 차이(A-B)가 적은 블록을 검출

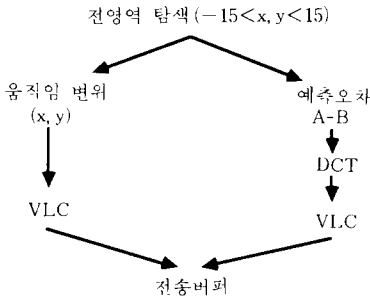
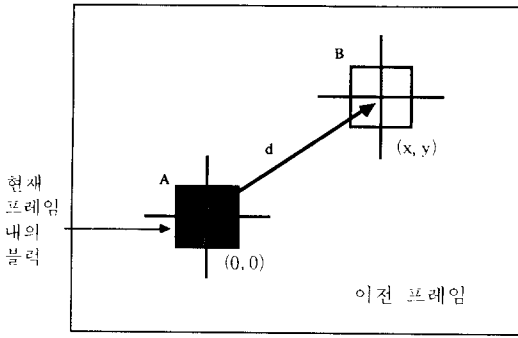


그림 8. 운동변위 추정 및 부호화

하여 거기에 해당하는 움직임 (x, y)의 이차원 좌표로 검출한 다음 A, B를 intra frame과 같은 방법으로 부호화하여 움직임의 변위와 함께 전송 버퍼로 보낸다.

2. 전송 버퍼

영상은 그 통계적 특성상 압축을 하여 부호화를 할 경우 bit rate가 일정하지 않고 변한다. 프레임간 예측 부호화를 쓸 경우 첫 프레임과 영상의 내용이 바뀔때마다 bit rate는 매우 올라간다. 또한 전송의 예러가 복호화 과정에서 inter frame 부호화 때문에 계속 증폭 진행되는 것을 방지하고 주기적인 기준점을 마련하기 위하여 주기적으로 M개의 프레임마다 intra frame 부호화를 행할 필요가 있다. 따라서 그림 9와 같이 압축기로부터 전송버퍼로 들어오는 bit rate가 주기적으로 매우 높아진다.^[12] 이처럼 bit rate가 변하므로 전송로의 대역폭을 결정하기가 매우 어렵다. 이 문제는 부호화기의 끝부분에 그림 10과 같은 버퍼 메모리를 두어서 bit rate를 제어하면 상당히 해결된다. 이때 버퍼 출력은 일정한 bit rate가 된다.

버퍼의 제어는 버퍼 메모리가 일정 표시선을 넘으면 부호화기에서 압축율을 매우 높여서 버퍼에 입력되는 데이터량을 적게하고 버퍼 메모리가 일정선 이하로 비

Bit Rates (Kbits/Frame)

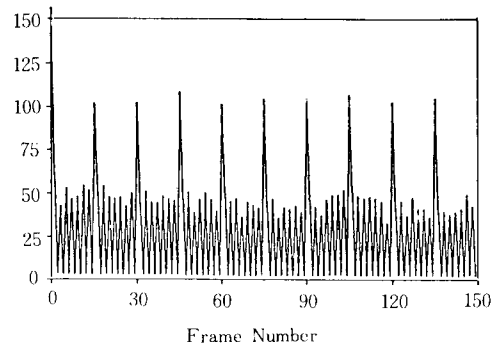


그림 9. 전송 버퍼로 들어오는 CIF의 압축 비트율

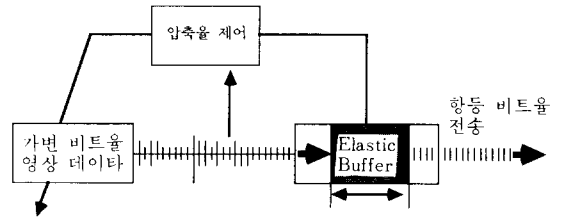


그림 10. 전송 버퍼의 제어

게되면 압축율을 낮추어 버퍼에 입력되는 데이터량을 많게하여 제어한다. 회선교환망의 경우는 이와같이 일정한 비트율의 전송을 요구하므로 영상의 화질이 버퍼 메모리의 정도에 따라 변할 수 있는 단점이 있다. 가변 비트율을 전송하는 것이 가능한 비동기식(ATM) BISDN 망에서는 보다 일정한 화질의 영상을 유지할 수 있는 이점이 있다^[13]

V. 결 론

지금까지 차세대 통신망에서의 영상서비스의 종류 및 특성 그리고 이의 구현을 위한 몇가지 문제점을 간략히 기술하고 단말 측면에서의 영상서비스 구현을 위한 핵심기술인 영상압축 기법에 대해서 중점적으로 살펴보았다. 현재까지 종료되었거나 또는 진행중인 영상압축 기술의 표준화 동향을 정리해 보면 그 흐름을 다음과 같이 요약할 수 있다.

(1) 다양한 영상서비스의 디지털 영상처리는 몇개의 계층적 해상도를 갖는 사전처리를 통한 공통 규격을 통하여 이루어진다.

(2) 서비스의 분류에 따른 응용분야별로 표준화 규격이 서로 독립적으로 진행이 되는 것 같지만 실제 내용면에서는 거의 동일한 골격을 기준으로 진행되고 있다.

(3) 향후의 표준화 동향은 ISO MPEG을 중심으로 고화질 HDTV까지의 영상압축 기술도 같은 흐름을 가지고 전개될 것으로 보여진다. (표 3)

(4) 영상압축 기술 표준화에 따른 가전, 컴퓨터, 통신 응용분야의 영상압축 핵심 부품의 공통사용으로 시장이 방대하고 그 파급효과가 막대할 것으로 예상되는 바 국제표준화 연구 단체의 적극적인 참여와 국내개발이 시급한 실정이다.

표 3. MPEG의 향후 방향

공동규격	파라미터	압축후 Bit Rate
CCIR601	720×480, 30Hz	5-10 Mbps
EDTV	960×480, 30Hz	7-15 Mbps
HDTV	1920×1080, 30Hz	20-40 Mbps

參 考 文 獻

[1] CCITT H. 261 Draft, "Video codec for audio-visual services at p×64Kbit/s," The International Telegraph and Telephone Consultative Committee, Mar. 1990.
 [2] MPEG Draft, "Coding of moving pictures and associated audio for digital storage media at up to about 1.5 Mbit/s video coding," ISO/IEC JTC1/SC2/WG11, Sep. 1990.

[3] D.J. LeGall, "MPEG: A video compression standard for multimedia applications," *Com. of the ACM.*, vol. 34, no. 4, Apr. 1991.
 [4] JPEG Draft, "Coded representation of picture and audio information," ISO/IEC JTC1/SC2/WG8, Jan. 1990.
 [5] Yuichi Ninomiya, "An HDTV broadcasting system utilizing a bandwidth compression technique-MUSE," *IEEE Trans. on Broad.*, vol. 33, no. 4, Dec. 1987.
 [6] M.R. Haghiri and F.W.P. Vreeswijk, "HDMAC coding for MAC compatible broadcasting of HDTV signals," *IEEE Trans. on Broad.*, vol. 36, no. 4, Dec. 1990.
 [7] Woo Paik, "Digicipher-all digital, channel compatible, HDTV broadcast system," *IEEE Trans. on Broad.*, vol. 36, no. 4, Dec. 1990.
 [8] ATRC, "System description of advanced digital television," Feb. 1991.
 [9] Zenith, AT&T, "Technical description of digital spectrum compatible HDTV," Feb. 1991.
 [10] Bellcore proposal to MPEG, Oct. 1989.
 [11] SONY proposal to MPEG, Oct. 1989.
 [12] C. K. Kim and S. H. Lee, "Statistical analysis of a hybrid DPCM/DCT algorithm with periodic replenishment," 4th International Packet Video Workshop, Kyoto, Japan, Aug. 1991.
 [13] S. H. Lee and L. T. Wu, "Variable rate video transport in broadband packet networks," *Visual Com. and Image Processing 88*, Proc. vol. 1001, pp. 954-964, Nov. 1988.

筆 者 紹 介



李 尚 勳

1955年 1月 24日生
 1978年 2月 서울대학교 전기공학과 (학사)
 1982年 12月 University of Pennsylvania 전기공학과(석사)
 1984年 9月 University of Pennsylvania 전기공학과(박사)

1984年 - 1991年 미국 Bellcore
 1988年 - 1990年 미국 Polytechnic 대학 객원 교수
 1991年 - 현재 한국통신 연구개발단 기초기술연구부장



李 熙 暎

1963年 3月 20日生
 1987年 2月 고려대학교 전기공학과 (학사)
 1989年 8月 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (석사)

1989年~현재 한국통신 연구개발단 기초기술연구부, 전임연구원