

〈主 題〉

영상압축 및 재생 과정에서의 화질 개선 기술

정유찬 · 김태근 · 우헌배 · 백준기

(중앙대학교 전자공학과 디지털영상처리 연구실)

□ 차 례 □

- | | |
|---------------------------|---------------------------|
| I. 서 론 | IV. 압축 후처리 과정에서의 화질 개선 기술 |
| II. 압축 전처리 과정에서의 화질 개선 기술 | V. 채널 에러의 보상을 통한 화질 개선 기술 |
| III. 압축 과정 내에서의 화질 개선 기술 | VI. 결 론 |

I. 서 론

인간의 정보에 대한 욕구가 증대함에 따라 영상신호의 중요성은 매우 높아져왔다. 그 이유는 영상신호가 일반적으로 음성이나 문자등 다른 형태의 신호에 비해 훨씬 많은 정보를 갖고 있기 때문이다. 또한 영상신호는 인간의 고유한 시각체계에 의해서 처리되는 2차원의 형태로 구성되어 있기 때문에 다른 종류의 신호들과 그 성격이 다르고 색(color)성분이 추가로 포함될 수 있기 때문에 보다 많은 정보량은 물론, 인간에게 보고 느끼는 즐거움까지도 제공할 수 있다.

그러나 영상신호는 이와 같은 장점에도 불구하고 그 특성상 다음과 같은 두 가지 어려운 문제를 가지고 있다. 첫째는 방대한 정보량 때문에 처리, 전송, 저장에 하는 데 많은 시간과 비용이 든다. 둘째는 일반적으로 영상신호는 형성, 전송, 혹은 저장되는 일련의 과정에서 변형(distortion)을 피할 수 없고, 이는 화질의 저하로 연결되어 정확한 정보 전달의 기능을 어렵게 한다. 따라서 이 두 문제를 해결하기 위한 많은 연구가 수행되어 왔는데 우선 정보량의 문제를 해결하기 위한 방법으로 영상 압축기술이 있다. 영상 압축 기술은 세계적으로 이미 표준화가 이루어져 있어

서 정지 영상에 대해서는 JPEG, 동영상에 대해서는 H.261, MPEG-1, 및 MPEG-2 등이 이미 국제적 표준안으로 결정되어 사용되고 있다. 두 번째로 화질 저하의 문제는 영상복원 기술로써 해결하고자 하고 있는데 영상복원 기술이란 일련의 영상처리 과정에서 발생하는 영상의 열화요인을 찾아낸 후, 그 요인을 제거하여 영상의 품질을 개선시키는 것이다. 따라서 영상압축기술과 관련된 영상복원 기술의 연구 및 개발은 다가오는 멀티미디어 시대에 고품질 영상미디어 서비스를 위하여 필수적이라 할 수 있다.

본 논문에서는 이러한 영상압축기술과 관련된 영상복원 기술을 통한 화질 개선 기술을 소개하기로 한다. 본론에서는 영상의 압축 재생 과정을 몇 가지 단계로 나누어서 각 단계에 해당되는 화질 개선 기술을 설명하도록 한다.

II. 압축 전처리 과정에서의 화질 개선 기술

전처리 과정에서의 화질 개선 기술은 크게 영상에 존재하는 열화 요인을 제거하는 기술과 코딩과정에서의 화질 저하를 방지하기 위한 기술로 나눌 수 있다.

본 연구의 일부는 한국과학재단 주관의 특정 기초과제(96-0102-14-01-3) 연구비 지원하에 수행되었습니다.

본 연구의 일부는 정보통신부 주관의 대학기초 연구과제 연구비 지원하에 수행되었습니다.

우선 영상에 존재하는 열화 요인을 제거하는 기술을 살펴보자. 영상의 촬영시 발생하는 대표적인 열화는 움직임 열화(motion blur)와 초점 불안정 열화(out-of-focus blur)이다. 이 두 종류의 열화는 발생원인과 특성은 다르지만 영상의 화질을 저하시키는 근본적인 요인이 된다.

움직임 열화는 피사체의 이동에 의해 일정 영역의 화상이 확산되어 평면에 투사되기 때문에 영상이 흐려지는 현상이다. 특히 피사체들이 각기 다른 방향과 속도로 이동하게 되므로 움직임 열화는 대부분 영상의 위치에 따라 그 형태와 정도가 다르게 된다. 이러한 움직임 열화를 제거하는 데에는 제약적 최소제곱

기법(Constrained Least Square; CLS)에 근거한 적응적 반복적 복원 기법을 사용하게 되는데 이러한 알고리즘은 계층적 움직임 추정기법을 이용하여 사전에 구한 열화에 대한 정보를 이용하게 된다. 그림 1은 설명된 알고리즘에 대한 블록도이다.

적응적 반복적 복원 방식이란 반복적 복원 기법을 적용하면서 영상의 위치에 따라 각기 다른 열화정보를 이용하여 복원하게 되는 것을 뜻한다. 그림 2는 움직임 열화를 포함한 영상이고 그림 3은 앞서 설명한 방식으로 움직임 열화를 제거한 영상이다. 그림 2와 비교해 볼 때 화질을 저하시키는 움직임 열화가 많이 제거되어 운동 선수의 팔에 있는 번호를 확인할 수 있다[1].



그림 1. 적응적 반복적 복원 기법을 이용한 움직임 열화 제거 기법 블록도



그림 2. 움직임 열화를 포함한 영상



그림 3. 움직임 열화가 제거된 영상

초점 불안정 열화는 촬영기기와 피사체와의 거리가 적절하지 않을 때 발생한다. 즉 피사체에서 점의 형태로 입력된 빛이 고정되어 있는 렌즈를 통과하면서 초점이 맞지 않는 현상으로 인하여 빛이 원의 형태로 퍼지게 되어 영상을 흐리게 만든다. 이러한 원의 형태로 확산된 것을 '확산원(Circle of Confusion: COC)'이라고 한다. 따라서 어느 정도 흐려졌는가의 척도인 확산원의 크기를 알아내면 이를 이용하여 초점 불안정 열화를 제거할 수 있다. 확산원의 크기는 영상의 에지부분에서의 계단함수 응답(step response)이 얼마만큼의 경사도를 가지고 분포하였는가를 관찰하여 추정하고 이렇게 추정된 확산원을 모델링한후 영상복원 필터를 적용함으로써 초점 불안정 열화를 제거할 수 있게 된다. 초점 불안정 열화를 제거하는 기법을 살펴보면 아래의 그림과 같다.

그림 4에서 보이는 이산 여현 변환(discrete cosine transform:DCT)은 압축을 위하여 사용된 것이 아니라 이산 여현 변환 기저 함수의 특성을 이용하여 에지를 분류하고자 사용된 것이다. 이러한 방법을 사용하면 열화의 점확산 함수를 추정함에 있어서 좀 더 정확한 결과를 얻을 수 있다.

그림 5는 초점이 맞지 않은 영상의 예이고 그림 6

은 초점 불안정 열화가 제거된 영상이다[2].

많은 영상 압축기술들이 영상 신호 내에 존재하는 주파수 성분들을 선택적으로 부호화 하는 방식을 취하고 있기 때문에 그림 2나 그림 5와 같이 원하지 않는 주파수 성분을 갖는 영상을 직접 압축하는 것은 매우 비효율적이라 할 수 있다.

Ⅲ. 압축 과정 내에서의 화질 개선 기술

다음으로 압축과정에서의 화질 저하를 방지하는 기술들을 살펴보자. 동영상에는 여러 가지 요인으로 인해 잡음(noise)이 존재하게 되는데 이러한 잡음들은 부호화기의 성능을 상당히 떨어뜨린다. 따라서 다양한 종류의 필터를 사용한 잡음 제거 기술이 코딩전에 사용되는 경우가 많다[3]. 또한 동영상의 주요한 정보는 각각의 영상 그 자체보다는 영상내에 존재하는 피사체의 움직임을 정보화함으로써 더 잘 유지된다는 점을 이용하여 코딩전 영상 프레임을 프레임간 대응성 영역(interframe correspondence domain)으로 변환시키는 방법등이 있다[4]. 이를 보다 구체적으로 설명하기 위해서 그림 7에 보여진 MPEG 압축재생 과정을 살펴보기로 한다.

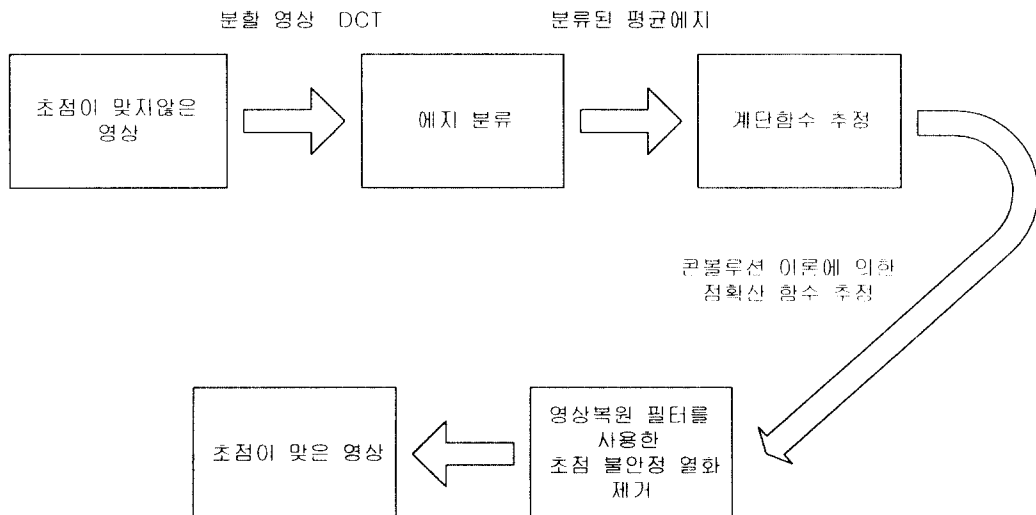


그림 1. 초점 불안정 열화 제거 기법 플리드.

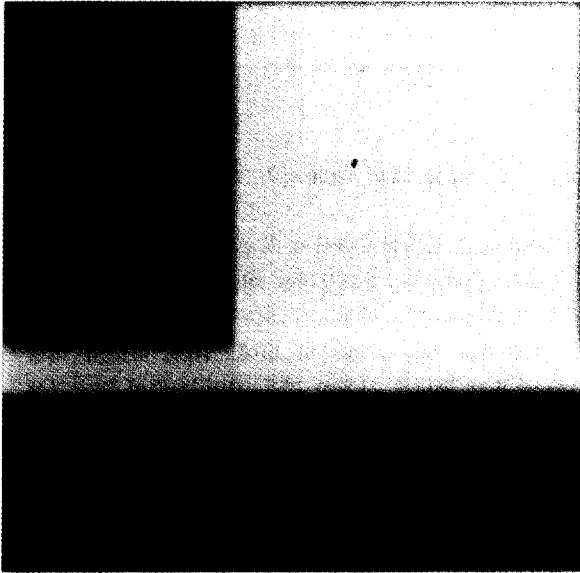


그림 5. 초점이 맞지 않은 영상

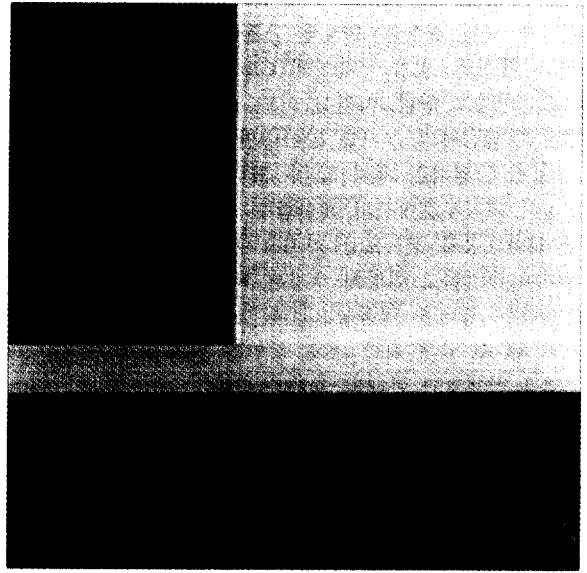


그림 6. CLS필터로 초점 불안정 열화를 제거한 영상

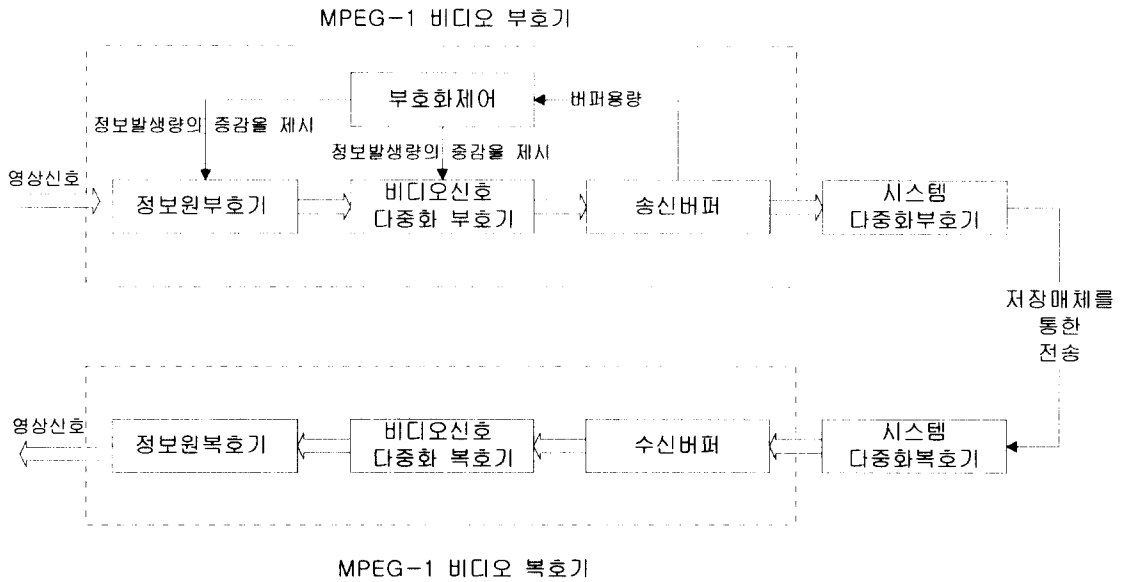


그림 7. MPEG-1 비디오 코덱의 블록도

그림 7에서 보는 바와 같이 MPEG의 압축재생 과정은 서로 다른 기능을 하는 블록들의 조합으로 구성되어 있다. 따라서 이 과정 내에서의 화질 개선 기술은 각 블록들의 기능을 개선시키거나 표준에 규정되어 있지 않고 자유설계가 허용되는 부분을 어떻게 구현 하느냐에 따라 결정된다. 특히 부호화 제어(rate control)부분은 비디오 코덱의 화질에 큰 영향을 미침에도 표준에 규정되어 있는 것이 없으므로 많은 새로운 알고리즘이 제안되고 있다.

부호화과정 중에는 여러 가지 왜곡과 에러가 발생하는 데 이는 인코더의 성능을 저하시킬뿐만 아니라 영상의 화질에도 상당한 열화를 가져온다. 따라서 이러한 코딩중의 왜곡과 에러를 줄이기 위하여 정보원 부호기 내에 루프 필터를 넣어 사용한다. 루프 필터는 대부분 블록 단위의 공간적 저역통과 필터이다. 그러나 블록기반의 루프 필터대신 Projection onto Convex Sets(POCS)기반의 루프 필터를 사용하여 인코더의 성능뿐만 아니라 영상의 화질도 개선시킬 수 있다[5].

IV. 압축 후처리 과정에서의 화질 개선 기술

압축되어 전송된 영상을 재생하는 과정에서도 화질 개선을 위한 많은 기술들이 있다. 그 중대표적인 기술로는 이산 여현 변환 기반 영상의 블록화 현상 제거 기술, 다채널 영상 확대기술, 시간축 방향의 영상 보간기술등이 있다.

우선 이산 여현 변환 기반 영상의 블록화 현상 제거기술을 살펴보자. 영상 전송에 대한 요구가 날로 늘어남에 따라 화상회의, 화상전화, 쌍방향 TV 등에 사용되는 초저비트 전송에 대한 관심이 날로 늘어나게 되었다. 영상을 초저비트로 전송하기 위해서는 압축과정과 재생과정이 필요하게 되는데 영상의 압축과 재생과정에서 가장 일반적으로 사용되는 기술이 블록 이산 여현 변환이다. 그러나 압축률이 높아지면서 영상의 화질이 저하되는데 그중에서 가장 대표적인 화질 저하 형태가 영상의 블록화 현상이다. 이는 블록 이산 여현 변환이 독립적인 블록단위의 처리를 하게 되므로 생기는 결과이다. 그러므로 이 문제를 해결하기 위해서 여러 가지 방법들이 사용되고 있다. 그 중에 한가지 예가 영상의 선체적인 경계면의 형태를 보

존하면서도 블록화 현상을 제거하는 방법이 있다. 좀더 구체적으로 살펴보면 우선 복원 과정은 몇가지 가정을 전제로 하는 데 첫째는 전체적인 블록화 현상 과정은 공간 불변적인 저주파 통과 필터링이라는 것이며 둘째는 복원에 사용되는 필터는 블록 적용적인 방향성 고주파 통과 필터인데 그 방향성은 블록의 형태에 의해 결정된다는 것이다. 블록화 현상 과정이 저주파 통과 필터링 과정이라는 가정은 압축과정의 양자화 단계에서 고주파 성분일수록 많이 감소된다는 점에 기인한 것이다. 복원과정은 다음과 같이 이루어진다. 우선 블록단위로 에지 형태를 몇가지 종류로 분류하고 각 형태에 맞는 필터를 전체 영상에 사용하여 필터링 하여 여러 장의 결과 영상을 만든다. 최종 단계에서는 분류된 에지 형태에 따라 각 영상에서 블록단위로 추출하여 한 장의 영상을 만들게 된다. 이 방법은 고속화 기법이 가능하여 실시간 처리로도 구현할 수 있다. 그림 8(a)은 영상을 33:1의 압축율로 압축한 영상이다. 실제로 영상에 상당히 많은 블록화 현상이 생긴 것을 볼 수 있다. 그러나 그림 8(b)의 복원된 영상을 보면 전체적인 영상의 형태는 보존되면서도 블록화 현상은 거의 제거된 것을 볼 수 있다.

영상확대는 영상처리 응용에 있어서 널리 사용되는 기술이다. 이 방법은 다해상도, 고해상도 영상처리에서 가장 기본적인 부분이다. 일반적인 영상확대에서는 확대된 영상의 화질저하를 감수하면서 계산량이나 하드웨어적인 복잡성 면에서 효율적인 영차, 일차 영상확대를 많이 사용한다. 그러나 이 방법들은 고배율, 고해상도의 영상확대에 대해서는 영상의 화질저하가 발생하기 때문에 적당치 않다. 이러한 단점을 해결하기 위한 한가지 방법이 공간 시간적 처리(spatio-temporal processing)를 이용한 영상확대기술이다. 이 기술은 먼저 영상을 주파수 영역에서 원하는 배율만큼의 크기로 확대한 뒤 바로 전 영상들과 현 영상과의 움직임 보상을 보정한 뒤 영상을 더하여 고배율, 고해상도의 확대영상을 만들어 낼 수 있다. 그림 9에 동영상 확대 기법의 블록도를 보이고 있다.

그림 9에서 알 수 있듯이 움직임 보상은 두 번 이루어지는데 첫 번째는 확대하고자 하는 부영상의 선택이 이루어지고 두 번째는 확대된 영상을 더하여 시간축상의 필터링을 할 때 이루어진다. 동영상의 경우 인접 프레임 간에는 공간 시간적 중복성이 많기 때문에 이러한 방식의 영상확대는 상당히 효과적이며 또한 시간축상의 필터링 효과로 인하여 잡음도 상당



그림 8(a). 33:1의 비율로 압축된 블록화 현상이 있는 영상



그림 8(b). 블록화 현상이 제거된 영상

히 줄어들게 된다. 그러나 장면이 바뀌게 되면 시간 축상의 필터링을 할 수 없기 때문에 동일한 장면이 오래 지속될 수록 높은 해상도 향상을 기대할 수 있다. 실험적으로 평균 10장 정도의 프레임을 이용하게 되면 좋은 효과를 얻을 수 있는 데 이는 1/3초 길이의 동영상에 해당한다. 그림 10에서 앞서 설명한 방식으로의 확대영상을 보이고 있다.

이외에도 채널의 전송 능력 한계 때문에 충분한 양의 프레임이 전달되지 못할 경우에는 시간축을 통한 영상보간 기술이 필요하다. 영상의 초저비트 전송을 구현하기 위해서는 전송되어지는 프레임의 수를 줄이게 된다. 이 전송된 프레임의 전송되지 않은 영상을 보간을 통해 생성해내려면 복호화된 영상과 그리고 그 이전의 복호화된 참조영상을 통해서 상호간의 운동량을 검출해낸다. 이 운동량 검출은 각각 블록 단위로 이루어지는데 각각 블록에 대한 단일 움직임 벡터를 구함으로 이루어진다. 이는 현재 블록과 과거 참조되는 블록간의 차이를 최소화 시킴으로 구해진다. 그렇게 구해진 움직임 벡터를 이용해 전송되어지지 않은 프레임을 예상해 생성할 수 있게 된다[6].

V. 채널 에러의 보상을 통한 화질 개선 기술

JPEG, MPEG 및 H.261 등과 같이 블록에 기초하는 부호기는 효율적인 압축을 위하여 시간적, 공간적 중복성을 제거하는 방법을 이용한다. 이 압축된 비트 스트림은 저장될 수도 있고 각종 통신 채널을 통해 전송될 수도 있다. 전송을 함에 있어서 전달하고자 하는 신호는 필연적으로 채널을 거치게 된다. 그러나 이러한 채널이 실세계에서는 이상적이지 못하기 때문에 채널을 거치는 신호는 심볼간 간섭(intersymbol interference; ISI)이나 다경로 왜곡(multipath distortion) 등의 오류를 갖게 된다. 이렇게 발생하는 오류는 신호의 특성에 따라 복구 방법이 다를 수 있다. 다시 말해 일반적인 신호일 경우 오류가 발생하면 재 전송이 요구되는 반면, 음성이나 영상의 신호일 경우 사람의 귀나 눈에 거슬리지 않는다면 어느 정도의 오류는 인정될 수 있는 특성을 가지고 있다.

이러한 영상의 특징을 고려하여 채널 오류에 대처하는 방법으로는 채널 에러 복구(error recovery)와 에러 은닉(error concealment)을 들 수 있다.

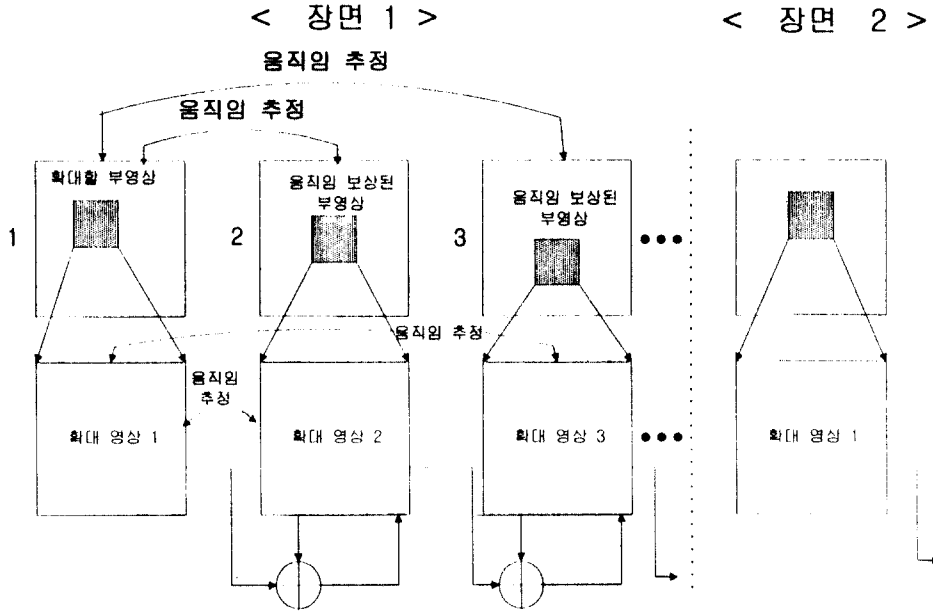


그림 9. 공간 시간적 처리를 이용한 고해상도 영상 확대 기법 블록도

채널 에러 복구는 현존하는 통신 채널이 상당히 안정적이라는 점에 주목한 것이다. 즉 비트 에러율의 수치가 아주 낮기 때문에 특정 길이의 비트 열에 에러가 생긴다는 것은 아주 드문 일이다. 이렇게 드물게 발생하는 비트 에러는 패러티 비트를 삽입함으로써 충분히 극복할 수 있다. 실제로는 패러티 비트의 삽입이외에도 에러 비트의 위치를 알아내기 위한 추가적인 과정이 요구된다[7].

두 번째로 에러 은닉의 방법의 경우 영상정보는 인접 화소끼리 높은 상관 관계를 가지고 있다는 사실을 이용하는 것이다. 가령 MPEG-2가 ATM망에서 사용되는 것을 가정할 수 있는데, ATM망에서는 망의 폭주가 일어나면 셀 상실이 생긴다. 이 셀 상실에 의해 영상 중의 일부 정보가 없어질 가능성이 있는데 이때 높은 상관 관계를 이용하여 소실된 매크로 블록을 예측함으로써 에러를 숨기는 것이다. 즉, 오류은닉은 이전에 에러 없이 전송된 매크로 블록 단위의 정보를 바탕으로 소실된 것을 보간 함으로써 이루어질 수 있다[8].

VI. 결 론

지금까지 우리는 영상의 압축 재생과정에서 사용될 수 있는 여러 가지 화질 개선 기술에 대해서 살펴보았다. 앞에서 설명한 것처럼 영상정보를 처리함에 있어서 영상 압축기술은 필 수적이며 압축과정에 의한 영상의 열화를 제거하는 영상복원 기술 역시 그 중요성이 커지고 있다.

분격적인 멀티미디어 시대에 접어들게 되면서 영상정보의 중요성은 더욱 커질 것이며 이에 따른 영상복원 기술 또한 매우 발전하게 될 것이다. 앞으로도 영상복원 기술과 관련된 연구는 자체의 이론적인 성능향상을 도모하는 방향과 그의 응용분야를 과감하게 개척하여 적용하는 방향이 병행되어야 할 것이다.

참고문헌

- [1] 홍관표, 정유찬, 백준기, "공간 가변적 움직임 열화의 해석과 적응적 복원 기법을 이용한 제거에 관한 연구," Telecommunications Review 제 7권, 2호, pp. 255-262, 1997년 5월

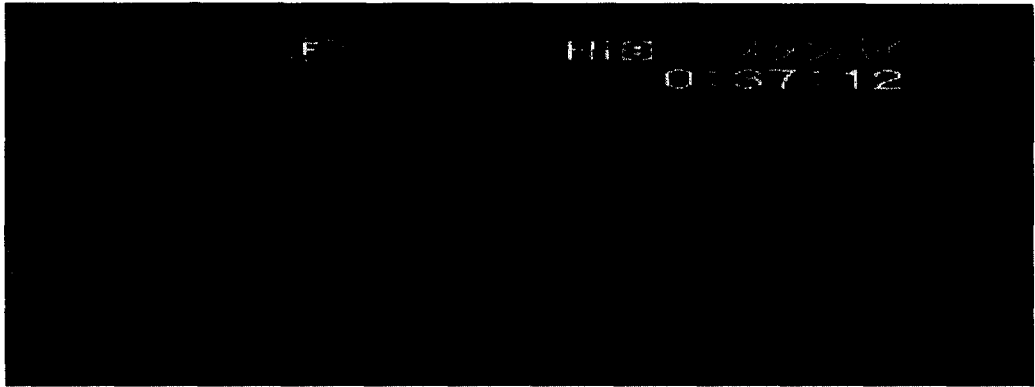


그림 10(a). 원영상

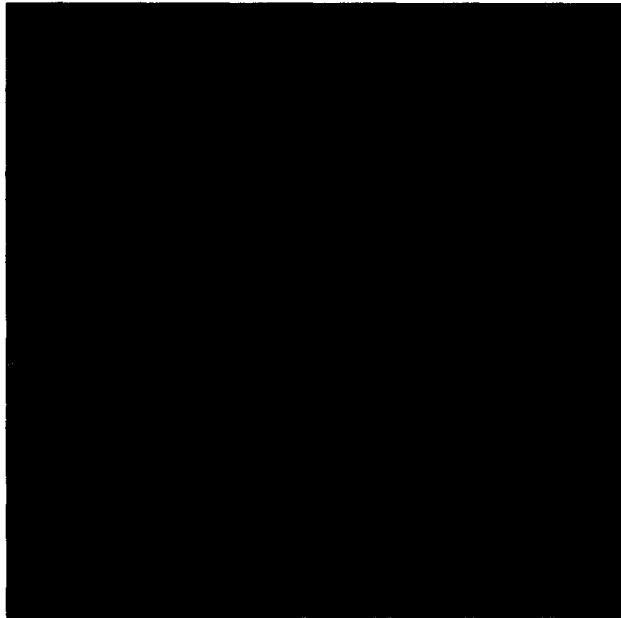


그림 10(b). 4×4로 확대된 영상

- [2] 김상구, 백준기, "디지털 영상복원 기술을 이용한 캠코더용 자동초점 시스템 개발," 삼성전자 산학과제 최종보고서, 1997년 7월
- [3] J. S. Lim, Two-Dimensional Signal and Image Processing, pp. 468-476, Prentice-Hall, 1990.
- [4] R. Rajagopalan and M. Orchard, "Preprocessing of Video for Compression," Proc. 1997 Visual Communications, Image Processing, vol. 3024, no. 2, pp. 1252-1263, February 1997.
- [5] M. Yuen, H. R. Wu, and K. R. Rao, "Performance Evaluation of POCS Loop Filtering in Generic MC/DPCM/DCT Video

Coding,” Proc. 1995 Visual Communications, Image Processing, vol. 2501, no. 1, pp. 65-73, May 1995.

[6] J. Y. Lee, Y. A. Chau, I. C. Jou, and R. H. Ju, “Motion oriented video sequence interpolation using digital image warping,” Proc. 1995 Visual Communications, Image Processing, vol. 2501, no. 3, pp. 1312-1317, May 1995.

[7] K. W. Kang, S. H. Lee, and T. Kim, “Recovery of coded video sequences from channel errors,” Proc. 1995 Visual Communications, Image Processing, vol. 2501, no. 1, pp. 19-27, May 1995.

[8] M. Chein, H. Sun, and W. Kwok, “Temporal and spatial projection onto their convex set (POCS)-based concealment algorithm for the MPEG-encoded video sequence,” Proc. 1995 Visual Communications, Image Processing, vol. 2501, no. 1, pp. 168-174, May 1995.



정 유 찬

- 1997년 2월 : 중앙대학교 전자공학과 졸업(공학사)
- 1997년 3월~현재 : 중앙대학교 전자공학과 대학원 (공학석사 재학중)



우 헌 배

- 1993년 3월~현재 : 중앙대학교 전자공학과 (공학사 재학중)



김 태 근

- 1997년 2월 : 중앙대학교 전자공학과 졸업(공학사)
- 1997년 3월~현재 : 중앙대학교 전자공학과 대학원 (공학석사 재학중)



백 준 기

- 1984년 2월 : 서울대학교 공과대학 제어계측공학과 졸업
- 1987년 6월 : Northwestern University 전기 및 컴퓨터공학과 졸업
- 1990년 6월 : Northwestern University 전기 및 컴퓨터공학과 박사
- 1984년 1월~7월 : 금성계전 중앙연구소 연구원
- 1988년 6월~89년 8월 : Northwestern University 연구조교
- 1990년 7월~93년 1월 : 삼성전자(주) 반도체 선임연구원
- 1993년 3월~97년 2월 : 중앙대학교 공과대학 전자공학과 조교수
- 1997년 3월~현재 : 중앙대학교 공과대학 전자공학과 부교수