

하드웨어 효율적인 동적 커패시턴스 보상 구현을 위한 고속 영상 압축 및 화소별 스위칭 기법

(Fast Image Compression and Pixel-wise Switching Technique for Hardware Efficient Implementation of Dynamic Capacitance Compensation)

최 준 환[†]송 원 석[†]최 혁^{**}

(Joon Hwan Choi)

(Wonsuk Song)

(Hyuk Choi)

요약 동적 커패시턴스 제어(DCC) 기술로 인하여 액정 디스플레이 장치의 약점 중 하나였던 응답 시간 성능이 크게 개선되었다. 하지만 DCC는 계산 과정에서 이전 프레임 영상의 실시간 저장 및 출력을 반복해야 하며, 이 과정에 활용되는 고속 메모리는 HD 고해상도 디스플레이 제작에 있어 높은 하드웨어적 부담 및 비용 상승의 원인이 된다. 본 연구에서는 복잡도가 낮은 고속 영상 압축 기법인 변형 지수-골롬(MEG) 코딩을 제안하며, 이를 통해 DCC 기술에 요구되는 메모리의 양을 크게 줄일 수 있다. 또한 본 연구에서는 화소별 DCC 스위칭 기법을 제안하여 압축 오차가 최종 액정 디스플레이 영상의 시각 품질에 악영향을 미치지 않도록 하였다. 제안된 방식을 이용해 DCC 처리용 메모리의 크기를 1/3로 줄여도 최종 영상의 시각 품질 손상이 거의 없음을 실험을 통해 확인할 수 있었다.

키워드 : 동적 커패시턴스 제어(DCC), 고속 영상 압축, 개선된 지수 골롬(MEG) 코딩, 화소별 DCC 스위칭

Abstract Thanks to Dynamic Capacitance Control (DCC) technique, response time of an LCD display has greatly improved. However, DCC requires hi-speed memory for the real-time writing/reading of an image of a previous frame, which results in increases in hardware overhead and cost. In this paper, we propose Modified Exponential Golomb (MEG) coding, a low-complex high-speed image compression method, which can remarkably reduce memory requirement for DCC. We also propose a pixel-wise DCC switching technique to prevent a compression error from affecting the quality of a final image on LCD. In our experiment, the degradation in visual quality was not noticeable when we cut the DCC memory size of 1080i HD data by 1/3.

Key words : Dynamic Capacitance Control(DCC), Fast Image Compression, Modified Exponential Golomb(MEG) Coding, Pixel-wise DCC Switching

1. 서론

액정 디스플레이(LCD) 장치는 기존의 CRT(Cathode Ray Tube)에 비해 매우 얇고 가벼우며 전력 소모가 적고 평면 설계가 용이하다는 장점을 가지고 있기 때문에 TV 또는 PC모니터 등 디스플레이 시장에서 그 점유율을 꾸준히 높여 왔다. 특히 최근에는 CRT에 비해 약점으로 지적되었던 시야각, 색상표현력 및 응답 시간(Response time) 등이 현저히 개선되면서 액정 디스플레이가 곧 CRT를 대부분 대체할 수 있을 것으로 예상되고 있다.

위에서 액정 디스플레이 장치의 약점 중 하나로 언급한 응답시간이란 액정 디스플레이의 한 화소가 완전한 검은색에서 흰색으로, 또는 반대로 흰색에서 검은색으로

[†] 비회원 : 서울대학교 전기·컴퓨터공학부

ilico@infolab.snu.ac.kr

metro@infolab.snu.ac.kr

^{**} 비회원 : 서울시립대학교 컴퓨터과학부 교수

chyuk@venus.uos.ac.kr

논문접수 : 2008년 8월 7일

심사완료 : 2009년 6월 11일

Copyright©2009 한국정보과학회 : 개인 목적이나 교육 목적인 경우, 이 저작물의 전체 또는 일부에 대한 복사본 혹은 디지털 사본의 제작을 허가합니다. 이 때, 사본은 상업적 수단으로 사용할 수 없으며 첫 페이지에 본 문구와 출처를 반드시 명시해야 합니다. 이 외의 목적으로 복제, 배포, 출판, 전송 등 모든 유형의 사용행위를 하는 경우에 대하여는 사전에 허가를 얻고 비용을 지불해야 합니다.

정보과학회논문지 : 소프트웨어 및 응용 제36권 제8호(2009.8)

전환되는데 필요한 시간을 말하며, 일반적으로 밀리세컨드(ms) 단위로 측정된다. 이 응답시간이 길 경우 화면 전환 속도를 액정의 반응 속도가 따라가지 못하여 잔상이 생길 수 있다. 예전의 액정 디스플레이 장치는 이 응답 속도가 16ms 이상으로 스포츠 중계나 게임 등과 같은 화면 전환이 빠른 영상에서 잔상이 뚜렷이 나타나 영상의 품질이 크게 떨어졌으며 눈의 피로를 가중시키는 원인이 되었다. 그림 1(a)는 이러한 잔상 현상의 원리를 설명하는 응답 곡선의 예이다. 그림 1(a)의 점선과 같이 액정 디스플레이 화소의 값이 순간적으로 변화하도록 전압을 인가할 경우, 실제로는 액정의 느린 반응 속도로 인해 실선과 같이 응답의 지연이 발생하며, 이는 움직이는 영상의 잔상으로 나타난다. 그림 1(b)는 텍스트가 아래쪽으로 스크롤되는 영상을 액정 디스플레이에 나타나게 한 후 발생하는 잔상 현상을 촬영한 사진이다. 이 그림에서 이전 프레임의 텍스트 위치의 화소 값이 빠르게 배경색으로 변하지 못하여 잔상이 생긴 것을 확인할 수 있다.

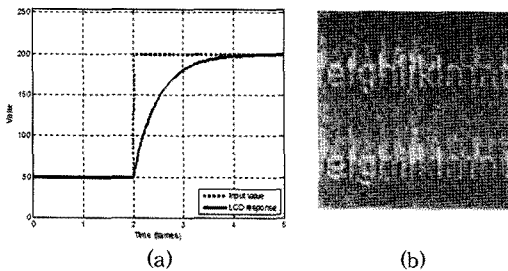


그림 1 잔상 현상의 원리 및 예

현재 출시되고 있는 액정 디스플레이 장치에서는 이러한 잔상 현상을 거의 느낄 수 없는데, 이는 DCC (Dynamic Capacitance Control)[1,2] 기술 덕분이다. DCC는 액정의 각 화소에 대해 이전 프레임의 값과 현재 프레임의 값을 비교하여 그 차이를 증폭해줌으로써 느린 액정의 반응 속도를 보상하는 기술이다. 이 기술로 인하여 액정 디스플레이의 응답 시간은 8ms 이하로 떨어지게 되었으며, 최근에는 DCC 기술의 개선 및 액정 패널 자체의 기술 향상으로 인해 2ms 이하의 응답 시간을 가진 제품도 생산되고 있다. 최근에는 보다 빠른 움직임의 영상에 대응하여 높은 효율을 보이는 개선된 DCC[3]도 발표되고 있는데 차이를 증폭하여 LCD 응답 속도를 높이는 기본 원리는 기존의 DCC와 크게 다르지 않다. 그림 2(a)는 DCC의 동작 원리를 나타내는 예제이다. 이 그림에서는 2-3프레임간의 화소 값 전환 시 실제 화소 값의 차이보다 더 큰 차이가 나도록 전압을 인가함으로써 액정의 느린 반응 속도를 보상하여 3프레임에서 올라

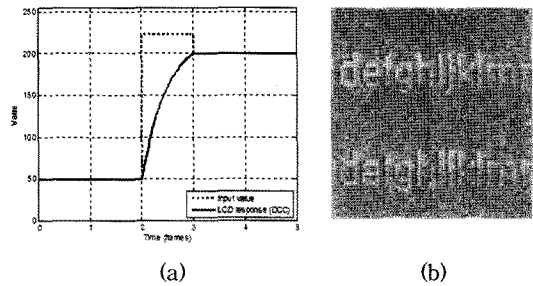


그림 2 DCC의 동작 원리 및 적용 예

른 출력 값을 내는 원리를 보여주고 있다. 그림 2(b)는 그림 1(b)에서 이용된 패널과 동일한 패널에 DCC를 적용한 후 잔상이 사라진 장면을 촬영한 것이다.

이러한 DCC기술은 현재 프레임을 출력하기 위하여 이전 프레임 값을 필요로 한다. 즉, 항상 메모리에 이전 한 프레임 분량의 이미지 정보를 실시간으로 저장하고 있어야 하며, 이는 HD급 TV또는 모니터가 대중화된 시점에서 하드웨어적으로 높은 부담이 된다. 예를 들어 Full HD 영상 한 프레임을 실시간으로 저장하기 위해서는 약 6MB의 고속 메모리가 요구된다. 이 때 압축 기법을 이용하여 이전 프레임의 정보를 저장할 수 있다면 메모리의 양을 크게 줄임으로써 하드웨어의 효율을 높일 수 있다. 단 이러한 경우 압축 방식의 도입으로 인한 하드웨어의 증가 또한 고려해야 하므로, 메모리의 감소로 인한 이득이 압축 알고리즘 도입으로 인한 복잡도 증가에 비해 클 수 있도록 간단한 형태의 압축 방식을 적용해야 한다. 또한 간단한 압축 방식의 경우 상대적으로 높은 압축 오류를 가지게 되는데, 이러한 압축 오류가 최종 영상의 품질에 미치는 영향을 줄이기 위한 방법이 추가적으로 요구된다. 이와 같은 DCC를 위한 영상 압축 기술은 현재까지 논문 등으로 발표된 바가 없으며 선두 LCD 제조사를 중심으로 내부적으로 진행되어 디스플레이 컨트롤러 칩 일부에 적용이 되고 있는 것으로 알려져 있다. 이러한 LCD 제조사들의 내부 기술이 외부에 공개되지 않았기 때문에 본 논문에서는 기존의 방식을 소개하거나 비교하는 내용을 다루지 않았다.

본 논문에서는 영상 신호를 라인 단위로 실시간 압축하는 MEG코딩(Modified Exponential-Golomb Coding)을 제안하고, 이 압축 방식에 의한 이전 프레임 저장 영상의 화질 열화가 최종 디스플레이 출력 영상 미치는 영향을 줄이기 위한 화소별 DCC 스위칭 기법을 제안한다. MEG코딩은 기존의 지수-골롬(Exponential-Golomb, EG) 코딩을 개선하여 일부의 최민값에 짧은 코드를 우선적으로 할당하는 기법으로, 액정 디스플레이상에 나타날 수 있는 패턴 영상 등을 시각 품질의 열화 없이 효

울적으로 압축할 수 있는 방식이다. 또한 코딩 앞 부분에 양자화 단계를 추가하여 양자화 간격을 증가시키면서 목표로 하는 압축률에 도달할 때 까지 여러 차례 압축을 반복함으로써 메모리 용량이 한정되어 있는 하드웨어에 적용이 용이하도록 하였다. 제안하는 DCC 스위칭 기법은 압축 오차의 범위를 화소별로 계산하여 프레임간 화소 값의 변화가 오차의 범위 이상일 경우에만 DCC를 적용하도록 하는 방식이다. 이는 결국 압축 오차가 크게 발생할 수 있거나 압축 오차가 시각 품질에 영향을 크게 미칠 수 있는 영역에서 DCC를 적용하지 않는 방식이다.

본 논문에서 제안하는 방식은 FPGA를 통해 구현한 뒤 LCD 패널을 이용해 그 시각 품질을 평가하였으며, 제안된 방식을 이용해 DCC 처리용 메모리의 크기를 1/3로 줄여도 최종 영상의 시각 품질 손상이 거의 없음을 실험을 통해 확인할 수 있었다.

2. 방법

2.1 변형 지수-골롬(Modified Exponential-Golomb, MEG) 코딩

1080p HD영상의 경우 약 50Mbps의 매우 높은 전송률이 필요하다. 본 논문에서는 이러한 환경에서 실시간으로 동작할 수 있는 간단하면서도 효율적인 압축 방식으로 지수 골롬(Exponential-Golomb, EG) 코딩[4]을 변형하여 이용하였다. EG 코딩은 널리 알려진 가변 길이 코딩 방식이며, 대표적으로 H.264 표준[5] 및 Dirac video codec[6] 등에 채택된 바 있다. 코드 번호 N ,과 코드의 차수 k 가 주어졌을 때 EG 코드는 다음과 과정을 통해 생성된다.

a) 반복 회수 l 을 구한다. l 은 다음 식을 통해 계산된다:

$$l = \min \left\{ 0, \left\lceil \log_2 \left((N+1) / 2^{k+1} + 1/2 \right) \right\rceil \right\}. \quad (1)$$

b) 0을 l 번 반복 후 구분자 1을 추가하여 접두부(prefix)를 생성한다.

c) $N - 2^k(2^l - 1)$ 을 이진수로 표기하여 접미부(suffix)를 생성한다.

d) 접두부와 접미부를 연결하여 최종 지수 골롬 코드를 생성한다.

표 1에 이와 같은 과정을 통해 구한 0~10까지의 코드번호에 해당하는 0차, 1차 EG 코드를 나타내었다. EG 코드의 차수 k 가 클수록 낮은 코드번호의 코드 길이가 긴 반면 코드번호의 증가에 따른 코드 길이의 증가 추세가 낮아지며, 표 1에서도 이러한 추세를 확인할 수 있다. 높은 압축률을 위해서는 낮은 코드번호의 코드 길이가 확실히 짧을 필요가 있으므로 0차 코드가 유리하다. 따라서 H.264표준에서도 0차 EG 코드가 이용되

표 1 0차, 1차 EG 코드

Codenumbrer N	Codeword			
	$k = 0$		$k = 1$	
	prefix	suffix	prefix	suffix
0	1	-	1	0
1	01	0	1	1
2	01	1	01	00
3	001	00	01	01
4	001	01	01	10
5	001	10	01	11
6	001	11	001	000
7	0001	000	001	001
8	0001	001	001	010
9	0001	010	001	011
10	0001	011	001	100

고 있으며[3], 본 논문에서도 이후 과정에서 k 값을 0으로 선택하였다.

EG 코드는 작은 코드번호에 짧은 코드를, 큰 코드번호에 긴 코드를 할당한다. 일반적인 자연 영상(natural image)은 인접한 화소간의 유사도가 매우 높다. 따라서 그림 3(a)에 나타낸 자연 영상의 차분 값은 그림 4(a)와 같이 0을 중심으로 집중되어 있는 분포를 가진다. 따라서 각 차분값 0, 1, -1, 2, -2, 3, -3, ...을 차례로 EG 코드번호 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, ...에 대응시켜 차분 코딩(differenrial coding)을 하면 높은 압축 효율을 얻을 수 있다. 그러나 그림 3(b)의 예와 같은 패턴 영상에 대해서는 EG 코드로 좋은 효율을 얻을 수 없다. 패턴 영상은 그림 4(b)와 같이 높은 절대값을 갖는 일부의 차분값이 높은 빈도로 등장하게 되며, EG코드는 이 값들을 긴 길이의 코드에 대응시키기 때문이다. 이러한 형태의 차분값 분포를 갖는 패턴 영상은 체크무늬 등의 기하학적 영상에서 텍스트에 이르기까지 매우 다양한 인공 영상을 포함하게 되며, 액정 디스플레이가 PC의 모니터로 활용되는 경우에 특히 자주 등장한다.

우리가 제안하는 변형 EG(Modified EG, MEG) 코딩 방식은 이러한 패턴 영상에 대응하기 위해 m 개의 자주

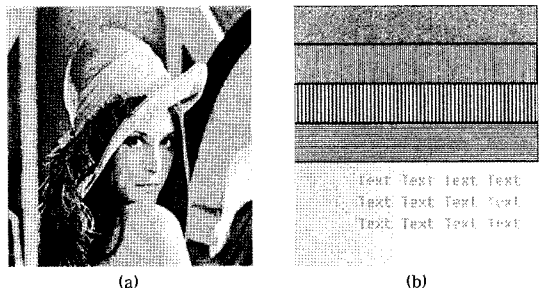
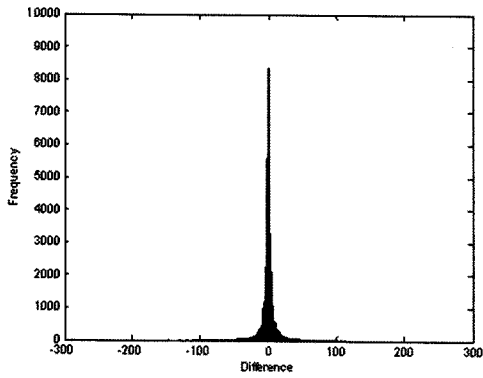
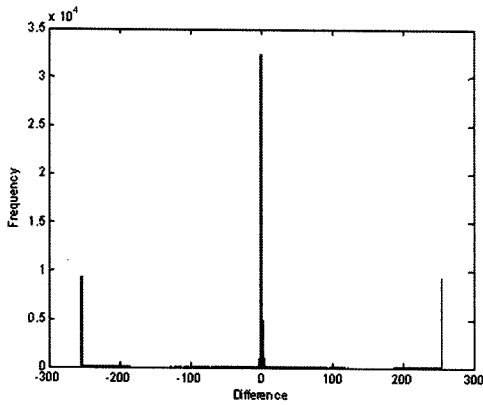


그림 3 (a) 자연 영상의 예 (b) 패턴 영상의 예



(a)



(b)

그림 4 (a) 자연 영상의 차분값 히스토그램 (b) 패턴 영상의 차분값 히스토그램

등장하는 화소의 차분 값을 따로 뽑아 짧은 코드에 순서대로 대응하도록 하였다. 패턴 영상에서도 가장 자주 등장하는 차분값은 대부분 0이므로 코드 1은 0에 대응시키며, 이후 빈도가 높은 순서대로 차분값 v_1, v_2, \dots, v_m 을 뽑아 차례로 짧은 코드를 할당한다. 표 2에 코드 10개에 대하여 EG와 MEG가 차분값을 할당하는 방식을 비교하여 나타내었다.

MEG에서 짧은 코드에 할당하는 차분값의 개수인 m 은 사용 목적에 따라 다르게 지정할 수 있으며, m 이 클수록 보다 다양한 패턴에 대응하기 유리한 반면, 0을 제외한 최빈값 m 개를 찾아내기 위한 하드웨어 복잡도가 증가하게 된다. 본 연구에서는 다양한 형태의 실험용 패턴에서 만족스러운 영상 품질을 보여줄 뿐 아니라 하드웨어적으로도 높은 부담이 되지 않는 수준이었던 6을 m 의 값으로 선택하였다.

MEG코딩은 EG코딩과 같은 가변 길이 부호화(variable length coding)이므로, 영상에 따라 압축률이 다르다. 실제 MEG 코딩을 DCC용 영상 압축에 이용할 때

표 2 EG 코드와 MEG코드 ($k = 0, m = 6$)

Codeword	Pixel Difference Value	
	EG	MEG
1	0	0
010	1	v_1
011	-1	v_2
00100	2	v_3
00101	-2	v_4
00110	3	v_5
00111	-3	v_6
0001000	4	4
0001001	-4	-4
0001010	5	5
0001011	-5	-5

에는 이미 정해져 있는 제한된 메모리 크기 이하의 크기로 압축을 해야 하므로 정해진 압축률을 보장할 수 있어야 한다. 이를 위해서 그림 5와 같은 양자화 과정을 추가하여 양자화 간격을 높여가며 압축률이 달성될 때까지 반복함으로써 정해진 압축률을 보장하도록 하였다. 양자화 간격은 1, 2, 4, ...와 같이 지수적으로 증가하도록 하여 별도의 계산 없이 화소값의 하위 비트를 하나씩 제거함으로써 양자화 간격을 높일 수 있도록 하였고, 이 때 제거한 하위 비트의 개수 q 를 따로 보존하여 디코딩 과정에 활용하도록 하였다. 이러한 MEG 인코딩 과정의 구조도를 그림 5에 나타내었으며, 여기에 대응하는 디코딩 과정의 구조도를 그림 6에 나타내었다. 이러한 인코딩 또는 디코딩 과정을 w 개의 화소마다 반복하게 된다. w 는 상황에 따라 적절하게 선택할 수 있으며, w 가 작을수록 부분적인 영상의 변화에 대응이 가능하므로 화질에 유리한 반면, 추가적인 압축률 정보 및 최빈값 m 개를 자주 저장해야 하므로 추가적인 저장 공간이 많이 필요하게 된다. 대한 본 연구에서는 w 의 값으로

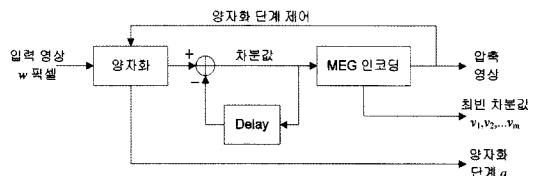


그림 5 인코더 구조도

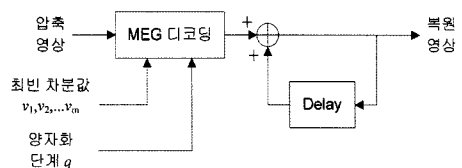


그림 6 디코더 구조도

240을 이용하였다. 즉, 1080i HD영상에 대해 매 라인별로 240 화소씩 8개의 구간으로 나누어 각 구간의 RGB 값에 대해 MEG코딩 및 압축률 제어를 반복하게 된다.

그림 5에 나타낸 MEG 인코더는 지정된 압축률에 도달하지 못할 경우 양자화 단계를 높여 인코딩을 반복하는 형태로 동작하므로 압축률을 자유롭게 지정할 수 있다. 본 연구의 실험 결과 제안된 방식을 이용해 1080i HD영상의 DCC용 메모리를 1/3로 줄여도 최종 영상 품질의 저하가 거의 없었다. 이 과정에서 1080i HD영상 한 프레임(6,220,800 byte)을 저장하기 위해 2,073,600 byte의 메모리를 사용하였으며, 메모리를 포함하여 제안된 알고리즘을 FPGA 65만 게이트로 구현할 수 있었다.

2.2 화소별 DCC 스위칭

MEG 코딩은 손실 코딩(lossy coding) 이므로 압축 오차가 발생하게 되며, 이 압축 오차는 DCC 계산 결과에 영향을 미쳐 최종 디스플레이 시각 품질에 영향을 미치게 된다. 이 때 시각 품질을 저하시키는 주요한 두 가지 경우는 다음과 같다: i)영상이 매우 복잡하여 백색 잡음에 가까운 경우. ii)시간에 따라 영상의 일부 영역만 변하고 일부 영역은 변하지 않는 경우.

첫째, 영상이 백색 잡음에 가까운 경우에는 MEG 코딩의 압축 효율이 매우 떨어진다. 따라서 압축 오차가 크게 발생하여 최종 DCC 계산 결과에 큰 오차를 발생시킨다. 둘째, 시간에 따라 영상의 일부 영역만 변하고 일부 영역은 변하지 않는 경우에는 변화하는 부분 때문에 프레임별로 MEG 인코더의 양자화 단계가 변화하는 경우가 생길 수 있다. 이 경우 양자화 단계의 변화로 인한 압축 오차의 변화로 인해 실제로 변하지 말아야 할 영상의 영역이 변화하는 것처럼 품질이 저하되어 보일 수 있다.

이와 같은 문제를 해결하기 위하여 본 논문에서는 압축으로 인한 이전 프레임 영상의 오차의 범위를 화소별로 계산하여 프레임간 화소 값의 변화가 오차의 범위 이상일 경우에만 DCC를 적용하는 화소별 DCC on/off 스위칭 방식을 제안한다. 이와 같은 방식은 영상이 매우 복잡하거나, 영상이 변화하지 않는 영역에서 DCC를 적용하지 않는 방식이다. 영상이 복잡한 경우 일반적인 영상에 비해 고주파 성분이 높으므로 Human visual system 이론[4]에 따라 사람 눈에 민감하게 인식되지 않는다. 따라서 이러한 경우에는 DCC를 적용하지 않아도 시각 품질의 저하가 거의 발생하지 않는다. 또한 시간에 따라 변화하지 않는 영상의 영역은 시간에 따라 화소값이 변하지 않으므로 DCC를 적용할 필요가 없는 구간이고, 이러한 영역에서 DCC를 적용하지 않음으로써 압축 오차의 영향을 없앨 수 있다. 양자화 단계가 k 인 경우 압축 오차는 최대 2^{k-1} 까지 생길 수 있으므로

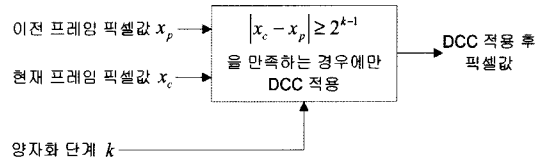


그림 7 시각 품질 향상을 위한 DCC 스위칭 방식

이보다 작은 화소값의 차이에 대해서는 DCC를 적용하지 않는 것이 바람직하며, 이러한 DCC 스위칭 방식의 구조도를 그림 7에 나타내었다. 이 방식은 DCC계산 과정에서 비교 과정이 하나 추가되는 방식이므로 추가적인 하드웨어 부담이 거의 없다.

3. 실험 결과

실험은 자연 영상 및 패턴 영상이 상하좌우로 스크롤되는 동영상을 이용해 실시되었다. 이 동영상들에 DCC를 적용하여 액정 디스플레이에 재생하는 경우 MEG 코딩을 이용해 1/3의 메모리만 이용한 후 DCC 스위칭을 적용하여 액정 디스플레이에 재생한 경우에 대하여 시각 품질을 비교하였다. 오리지널 DCC 및 제안된 MEG코딩, 화소별 DCC 스위칭 기법 등은 FPGA를 통해 하드웨어적으로 구현되었으며, 이 하드웨어를 통해 테스트 동영상을 액정 디스플레이상에 출력하여 품질을 비교하였다. 실험에 사용한 FPGA는 Xilinx Virtex-4 VLX200모델이며, 제안한 알고리즘의 구현에 65만 게이트가 이용되었다. 액정 디스플레이로는 삼성의 풀 HD (해상도 1920×1080, 1080i) 패널이 이용되었다.

액정 디스플레이상에 표시되는 동영상의 품질을 객관적으로 정량화하는 방식이 존재하지 않으므로 시각 품질 비교는 주관 평가(subjective test) 방식을 통해 실시하였다. 기존의 다른 DCC용 영상 압축 알고리즘이 공개된 바 없으므로 다른 방식과의 비교는 불가능하였다. 따라서 압축이 적용되지 않은 원래의 DCC와 제안된 압축 DCC 방식이 적용된 동영상의 시각 품질을 비교하는 실험을 수행하였다. 총 20의 실험자가 참여하여 비압축 DCC를 적용한 동영상과 제안된 방식이 적용된 동영상을 순서를 모르는 상태로 감상한 후, 시각 품질의 차이가 없는 정도를 점수화하였다. 20명의 실험자들은 25세 이상 45세 이하의 남자 18명 여자 2명으로 구성되었는데, 이 중 10명은 LCD와 관련된 업무에 종사한 적이 있는 영상에 관한 전문성이 있는 연구원이었으며, 나머지 10명은 영상에 관한 전문성이 없는 일반인이었다. 시각 품질의 점수화는 표 3의 시각 품질 주관 평가 점수 표에 따라 실시하였다. 즉, 압축이 적용된 DCC가 비압축 DCC에 비해 시각 품질이 나쁜 정도에 따라 -1점에서 -3점까지 점수를 부여했으며, 반대로 비압축 DCC가

표 3 시각 품질 주관 평가 점수표

상대적 시각 품질	점수
압축 방식의 시각 품질이 매우 나쁨	-3
압축 방식의 시각 품질 저하를 뚜렷이 인지 가능	-2
압축 방식의 시각 품질 저하 겨우 인지 가능	-1
시각 품질 차이를 인지할 수 없음	0
비압축 방식의 시각 품질 저하 겨우 인지 가능	1
비압축 방식의 시각 품질 저하를 뚜렷이 인지 가능	2
비압축 방식의 시각 품질이 매우 나쁨	3

압축 DCC에 비해 시각 품질이 떨어져 보이는 경우에는 역시 시각 품질의 차이 정도에 따라 1점에서 3점까지 점수를 부여했다. 두 방식의 시각 품질 차이를 인지할 수 없는 경우에는 0점을 부여하였다.

실험은 자연 영상 5개, 패턴 영상 5개 등 총 10개의 영상에 대해 실시하였으며, 실험 결과의 통계적 분석을 위해 비압축 DCC를 적용한 같은 영상을 서로 비교하는 실험을 동일한 방식으로 반복하였다. 이 실험 결과를 표 4에 수록하였다. 압축 DCC 적용 시 전체 평균 주관 점수는 -0.11로써 평균 시각 품질 차이를 인지하기 어려운 수준이었다.

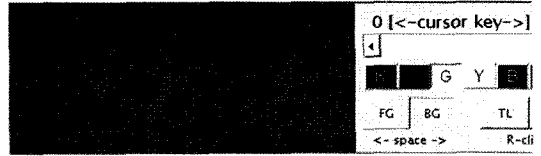
본 실험에서는 MEG 코딩 적용시의 상대적 시각 품질이 압축을 하지 않았을 때와 차이가 없다는 가설 하에 각 실험자별 평균 주관 평가 점수에 대한 T-검정 ($\alpha=0.05$)을 실시하였다. 그 결과 $p=0.0562 > \alpha$ 로써 압축 적용시와 압축 미 적용시의 실험자별 주관 점수 분포에 유의미한 차이가 없었다. 즉, 제안된 MEG 코딩 방식은 1/3로 이전 프레임의 영상을 압축하면서도 시각 품질 저하가 매우 적음을 통계적으로 확인할 수 있었다.

표 4 시각 품질 주관 평가 결과

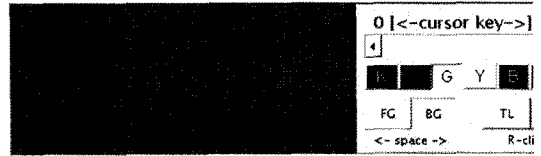
압축 방식	평균 주관 평가 점수
비 압축	-0.01
MEG 코딩	-0.11

표 5 영상별 평균 주관 평가 점수(MEG 코딩 적용시)

테스트 영상	영상별 평균 주관 평가 점수	
자연 영상	단청	-0.30
	인물	0.05
	동물	0.00
	정물	0.05
	풍경	-0.15
패턴 영상	체크무늬	-0.35
	줄무늬	0.00
	그라데이션	-0.25
	텍스트	-0.05
복합	-0.05	
평균	-0.11	



(a)



(b)

그림 8 체크무늬 영상의 DCC 적용 비교. (a) 기존 DCC, (b) 제안된 방식

참고적으로 압축 적용 시 각 영상별 평균 주관 평가 점수를 표 5에 수록하였다. 주관 평가 결과가 가장 좋지 않았던 영상은 체크무늬 패턴 영상이었으며, 이 영상에 대한 실험 결과를 그림 8에 나타내었다.

그림 8은 가로로 5화소씩 스크롤되는 체크무늬 영상에 대해 DCC계산 이후 영상의 일부를 나타낸 것으로, 액정 디스플레이상에 바로 뿌려지는 영상이다. 실제 실험은 RGB 컬러 영상으로 진행하였고, 그림 8에는 이중 압축 오차로 인한 영향이 발생한 G채널의 값만 나타내었다. 비압축 DCC를 적용한 그림 8(a)과 비교하였을 때, 제안된 방식을 적용한 그림 8(b)에서는 체크무늬 부분 중간의 미세하게 어두운 가로 띠를 볼 수 있다. 이는 체크무늬 바깥 부분의 영상 차이에 따른 라인별 양자화 레벨의 차이에 따른 것으로써 그림 8에서 보듯 정지 영상의 G채널에서 매우 미세하게 관찰되며, RGB영상 및 스크롤되는 동영상에서는 잘 인지되지 않는다. 이러한 시각 품질의 저하는 주관 평가 실험에 참여한 20명 중 6명만이 비압축 DCC와 연속 반복 재생하는 경우에 겨우 인지할 수 있었다. 나머지 실험 영상은 체크무늬 패턴 영상에 비해 MEG 코딩에 따른 화질의 저하가 적어 평균적으로 비압축 DCC와의 화질 차이를 거의 인지하기 어려운 수준이었다.

4. 결론 및 토의

본 연구에서는 액정 디스플레이 장치의 응답 시간 성능 개선을 위해 이용되는 DCC 기술에서 요구되는 높은 메모리 요구량을 줄이기 위한 MEG 코딩 및 시각 품질 향상을 위한 화소별 DCC 스위칭 기법을 제안하였다. 제안된 방식을 이용해 DCC 처리용 메모리의 크기를 1/3로 줄여도 최종 영상의 시각 품질 손상이 거의 없음을 실험을 통해 확인할 수 있었다. 본 연구에서 제안한

방식은 FPGA 약 65만 게이트 수준으로 구현되었는데, LCD 제조업체와의 논의 결과 경제적으로 충분히 의미가 있는 수준으로 판단된다.

본 연구에서 제안한 MEG 코딩 방식은 복잡도가 낮으면서도 각종 패턴 영상에 대해 높은 효율을 보이기 때문에 디스플레이 이외에도 라인 단위로 이미지가 처리되는 프린터나 팩시밀리 등에 응용될 여지가 있다. 또한 제안된 화소별 DCC 스위칭 기법은 MEG 코딩 이외의 다른 모든 복잡도가 낮은 영상 압축 기법과 결합하여 DCC 성능을 향상시키는 데 이용될 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] B. Lee, C. Park, S. Kim, M. Jeon, J. Heo, D. Sagong, J. Kim, and J. Souk, "TFT-LCD with Sub-10ms of All Gray Response Time: Dynamic capacitance compensation," *Proc. Int. Disp. Workshops*, vol.7, pp.1152-1154, 2000.
- [2] B. Lee, C. Park, S. Kim, M. Jeon, J. Heo, D. Sagong, J. Kim, and J. Souk, "Reducing gray-level response to one frame: Dynamic capacitance compensation," *SID DIGEST*, vol.XXXII, pp.1260-1263, 2001.
- [3] S. Lee, M. Kim, J. Souk and S. Kim, "Motion artifact elimination technology for liquid-crystal-display monitors: Advanced dynamic capacitance compensation method," *J. Soc. Inf. Display*, vol.14, pp.387-394, 2006.
- [4] J. Teuhola, "A Compression Method for Clustered Bit-Vectors," *Information Processing Letters*, vol.7, pp.308-311, Oct. 1978.
- [5] I. E. G. Richardson, *H.264 and MPEG-4 Video Compression—Video Coding for Next Generation Multimedia*. New York:Wiley, 2003, pp. 187-207.
- [6] T. Borer and T. Davies, "Dirac video compression using open standards," *BBC R&D White Paper*, WHP 117, Sept. 2005.



송 원 석

2006년 서울대학교 전기공학부 학사. 2008년 서울대학교 전기·컴퓨터공학부 석사. 2008년~현재 서울대학교 전기·컴퓨터공학부 박사과정 재학중. 관심분야는 신호처리, 패턴인식, 생체인식 등



최 혁

1996년 서울대학교 전자공학과 학사. 1998년 서울대학교 전자공학과 석사. 2002년 서울대학교 전자공학과 박사. 2003년~현재 서울시립대학교 컴퓨터과학부 교수. 관심분야는 디지털 워터마킹, 정보보호, 신호처리 등



최 준 환

2001년 서울대학교 전기공학부 학사. 2003년 서울대학교 전기·컴퓨터공학부 석사. 2009년 서울대학교 전기·컴퓨터공학부 박사. 2009년~현재 서울대학교 BK21 박사후연수연구원. 관심분야는 신호처리, 패턴인식, 생체인식 등