

휴대 전화를 위한 웨이블릿 기반의 비디오/오디오 플레이어

정진환⁰ 한상범 류은석 유혁
고려대학교 컴퓨터학과
김일진
해군사관학교

{jhjeong⁰, sbhan, esryu, hxy, ijkim}@os.korea.ac.kr

Wavelet Based Video/Audio Player for Cellular Phone

Jinhwan Jeong⁰ Sangbeom Han Eunseok Ryu Hyuck Yoo
Dept. of Computer Science & Engineering, Korea University
Iijin Kim
Korea Naval Academy

요 약

최근의 휴대 전화는 단순한 음성 통신 기기 역할 뿐만 아니라 데이터 통신 기기로도 쓰이고 있으며, CDMA-2000 망 보급으로 인하여 데이터 통신 대역폭이 멀티미디어 데이터룰 처리 할 수 있을 만큼 증대 되었다. 하지만 휴대 전화는 하드웨어 성능이 음성 통신 기기보다 최적화 되어 있고 휴대성을 높이기 위해 저전력의 저 성능 프로세서를 탑재 하였기 때문에 소프트웨어 방식의 비디오/오디오 재생이 매우 힘들다. 특히, 널리 사용되는 비디오/오디오 표준(MPEG-x, H.26x, 등등)은 압축 최우선의 방식으로써 계산량이 매우 크기 때문에 휴대 전화에서 하드웨어 도움 없이 소프트웨어로만 재생하기에는 적합하지 않다. 본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 먼저 일반 목적의 널리 사용되는 코덱의 문제점과 휴대 전화의 하드웨어 자원에 관해 알아 보고, 연산량을 효과적으로 조절할 수 있는 웨이블릿 함수를 이용하여 휴대 전화 시스템에 적합한 비디오/오디오 코덱을 제안한다. 또한 비디오 디코딩에 필요한 연산을 측정하고 실제 휴대 전화에 적용하여 그 성능을 확인 한다.

1. 서론

휴대 전화는 음성 통신 도구뿐만 아니라 데이터 통신 기기로 그 역할이 증대 되고 있다. 초기의 CDMA[1] 휴대 전화는 매우 낮은 데이터 통신 대역폭을 제공하였지만 최근에는 그 대역폭이 2Mbps[1, 2]로 늘어났다. 이 대역폭은 멀티미디어 콘텐츠를 전송할 만한 충분한 양이며, 이러한 결과로 휴대 전화를 멀티미디어 서비스 기기로 사용하려는 요구가 점점 커지고 있다.

대역폭 자체로만 보았을 때 휴대 전화는 멀티미디어 기기로써 충분하지만 휴대 전화의 하드웨어 자원이 빈약하다는 것 때문에 멀티미디어 서비스를 제공하기가 힘들다. 특히, 저 성능의 프로세서는 멀티미디어 처리에 있어 매우 중요한 요소이다.

ARM7TDMI[3]는 CDMA-2000 1x 휴대 전화에서 사용되는 프로세서이다. 보통의 상태에서는 13.5MHz로 동작하며 전화가 연결 되면 27MHz로 동작하게 된다. 휴대 전화의 특성상 이 프로세서는 전화 연결 상태뿐만 아니라 보통의 상태에도 기지국 탐색, 전화 연결 대기 작업 등등 휴대 전화 자체 관리에 필요한 여러 작업들을 수행한다. 13.5MHz - 27MHz라는 낮은 수행 속도로 동작하

는 상황에서 유지 관리에 필요한 작업도 하기 때문에 이러한 프로세서에서는 MPEG-4의 경우 초당 1 프레임도 재생할 수가 없다. 이것은 휴대 전화에서는 압축 최우선으로 하는 여러 표준 비디오 포맷은 소프트웨어 방식으로 해결하기 매우 힘들음을 암시한다.

본 논문에서는 위에서 언급한 저 성능 프로세서에 적합한 소프트웨어 방식의 비디오/오디오 플레이어를 제안하고자 한다. 저 성능 프로세서를 위해서 최소한의 프로세서 자원을 소모하면서 압축을 높일 수 있는 비디오/오디오 코덱에 대해 알아 본다.

논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 2장에서 간략한 배경 설명과 관련 연구에 대해 알아 보고 3장에서는 기존 코덱의 성능 분석을 통해 비디오 포맷 표준들의 문제점을 알아 보고 휴대 전화에 적합한 비디오/오디오 코덱을 제안하고 설명한다. 4장에서 구현 및 성능 평가를 하고 마지막으로 5장에 결론을 맺는다.

2. 배경 설명 및 관련 연구

휴대 전화의 프로세서에 적합한 비디오/오디오 코덱에 대해 알아 보기 전에 ARM7TDMI에 대해 알아 볼 필요가 있다.

ARM7TDMI는 RISC 기반의 32-bit 프로세서로써 32-bit 명령어뿐 만 아니라 이진 명령어의 크기를 줄이기 위해 16-bit 명령어도 처리 한다. 캐시를 갖추고 있기 않기 때문에 명령어 처리를 위해 매번 ROM 혹은 RAM을 접근해야 한다는 것도 특징이다.

앞서 언급했듯이 휴대 전화 유지 관리와 기지국 탐색을 위한 작업이 항상 수행되기 때문에 ARM7TDMI 프로세서의 유휴 시간은 불과 1 - 2 MIPS(MSM-5000의 경우)에 불과하다. 때문에 비디오/오디오 디코더의 연산량이 휴대 전화에서는 매우 중요하다.

위와 같은 문제점을 해결하기 위해 연구된 방법은 하드웨어적인 해결법이다. 비디오/오디오 재생을 위해 특정 미디어 프로세서를 휴대 전화에 추가로 장착하는 것이다. 추가적인 하드웨어를 이용하였기 때문에 주 프로세서의 자원을 소모하지 않고 비교적 좋은 품질의 비디오/오디오 재생이 가능하다는 장점이 있다. 하지만 특정 포맷을 위해서 특정 미디어 프로세서가 사용되기 때문에 유연성이 떨어지며 추가적인 하드웨어로 인해 비용이 상승되며 휴대 전화의 가장 중요한 자원인 전력 문제도 야기 된다. 이러한 접근 방식은 고성능의 휴대 전화에서 일부 사용되는 방식이다.

3. 웨이블릿 기반의 비디오/오디오 플레이어

휴대 전화용 소프트웨어 방식의 비디오/오디오 코덱은 압축률도 중요하지만 가장 중요한 점은 연산량이 적어야 한다는 것이다. 이를 위해 특히 상당한 연산을 필요로 하는 비디오 코덱의 연산량에 대해 알아 보고자 한다.

일반적으로 널리 알려진 비디오 코덱은 블록 기반의 압축 방식으로써 트랜스폼 코딩, 양자화, 엔트로피 코딩의 과정을 거친다. 가령 MPEG-x나 H.26x의 경우 DCT 변환, 양자화, 허프만 변환을 하게 된다. 이 세 가지의 주요한 코딩에서 연산량을 알아 보기 위해 MPEG-4 파일을 분석하였다. 각 파일은 I, P 블록 별로 구분해 놓은 것이고 표 1에서 VLD는 허프만 디코딩, IDCT는 DCT 디코딩, Parsing은 움직임 보상 및 문법 분석, Dequant는 양자화 변환을 뜻한다. 측정 환경은 Pentium III 750MHz 프로세서이며 단위는 us/block 이다.

표 1. MPEG-4 파일의 디코딩 성능 분석

Clip	Block	VLD	IDCT	Parsing	Dequant.	Sum	Comp. ratio
51.m4v	Intra	2.11	2.81	2.70	1.36	8.98	12.08
	Inter	1.15	2.77	1.01	0.16	5.09	52.21
38.m4v	Intra	2.25	2.59	2.71	1.38	8.93	11.65
	Inter	1.39	2.77	1.79	0.14	6.09	38.67

표 1에서 보듯이 IDCT와 VLD가 매우 많은 연산을 필요

로 함을 알 수 있다. 특히 IDCT는 전체 성능의 30%-50%를 차지 할 만큼 매우 큰 영향을 미친다. IDCT가 아무리 효율적인 알고리즘을 사용하더라도 기본적으로 곱셈과 덧셈의 수가 많기 때문에 연산에 많은 시간이 필요로 한다. VLD는 효율적인 비트 스트림을 생성해 주지만 디코딩 과정에서 빈번한 메모리 작업을 하기 때문에 캐시가 없고 메모리 성능이 낮은 휴대 전화에서는 또한 큰 부담이 될 수 있다. 이러한 점 때문에 널리 알려진 코덱을 이용한 소프트웨어 방식의 비디오 코덱이 휴대 전화에서 힘들다. Parsing은 Intra 블록 부분에서 많은 연산을 필요로 하지만 보통의 경우 Inter 블록이 매우 많기 때문에 평균적으로 볼 때 크게 성능을 저하시키는 요인은 아니다.

표 1의 실험 결과를 이용하여 보았을 때 평균적으로 하나의 프레임을 처리하는데 대략 4000us가 소모된다. 이를 ARM7TDMI 프로세서에 단순 적용시켜 보았을 때 대략 750ms가 필요함을 알 수 있다. 즉, 휴대 전화에서는 출력에 필요한 연산까지 고려할 때 초당 하나의 화면도 재생할 수가 없다. 이를 해결하기 위해서는 전체 디코딩의 과정에서 가장 큰 병목 현상을 일으키는 IDCT와 VLD를 변경할 필요가 있다.

앞서 말했듯이 IDCT는 그 특성상 필요 계산이 정해져 있기 때문에 최적화에 한계가 있다. 때문에 트랜스폼 코딩 자체를 보다 효율적으로 압축률과 계산량을 조절할 수 있는 것으로 바꾸어야 한다. 본 논문에서는 DCT 코딩 다음으로 많이 쓰이는 Wavelet[6] 코딩을 사용 하였다. Wavelet 코딩은 어떤 기본 함수를 사용하느냐에 따라 필요 연산량과 압축률을 조절할 수 있다. 경우에 따라서는 DCT 보다 더 많은 연산을 하여 보다 높은 압축률과 화질을 얻을 수 있고 반대로 압축률은 다소 낮더라도 연산량을 크게 줄일 수도 있다. 특히 HAAR[7] Wavelet의 경우 매우 간단한 덧셈 연산만으로 압축을 하는 함수로 알려져 있다.

이러한 관점에서 볼 때 휴대 전화에 적합한 비디오 코덱은 Wavelet 함수 기반의 코딩이 적합하며, 본 논문에서는 Wavelet 함수 변환을 비디오 코덱의 트랜스폼 코딩 방식으로 사용하였다.

또한 VLD의 성능을 높이기 위해 허프만 방식보다는 RLE를 개량한 방법을 사용하였다. RLE는 최악의 경우 (입력 데이터의 반복이 대부분 1인 경우) 오히려 데이터 크기가 커지는 단점이 있으나 이러한 것을 방지하기 위해 RLE 앞 과정에서 Normalize 단계를 거쳐 최악의 경우가 발생하지 않게 하였다. Normalize 단계에서는 데이터의 MSB를 RLE의 Tag로 사용하여 반복 회수가 1인 경우 데이터 크기가 오히려 커지는 것을 막기 위함이다.

오디오 코덱은 PCM에서 ADPCM, MP3, 그리고 AAC 코덱 등 여러 가지가 있다. 비디오 코덱과는 달리 오디오

코덱은 휴대 전화라는 특수한 환경으로 인해 이미 휴대 전화에 내장된 기본적인 코덱을 사용하는 것이 성능상 유용하다. 다시 말하면, 휴대 전화는 기본적으로 음성 통신 기기이기 때문에 하드웨어 방식의 EVRC(Enhanced Variable Rate Codec)를 내장하고 있다. 따라서 오디오 코덱으로는 EVRC 코덱을 사용하는 것이 압축률 측면에서나 연산량 측면에서 적합하다. 특히, 휴대 전화에서 EVRC 코덱은 하드웨어 수준의 에러 검출 및 교정 기능까지 있기 때문에 스트리밍에서도 강점이 있다.

4. 구현 및 성능 평가

비디오/오디오 플레이어는 휴대 전화를 목표 시스템으로 하여 설계 되었기 때문에 PC에서의 구현 및 성능 평가는 큰 의미가 없다. 때문에 구현 및 평가는 실제 목표 시스템에서 이루어졌고 측정 되었다.

휴대 전화에서는 성능 측정을 위한 신뢰성 있는 도구가 없기 때문에 프로세서 성능 측정을 하기가 매우 힘들다. 본 논문에서는 성능 측정을 위해 ARM Profiler를 사용하였다. 이것은 실제 휴대 전화에 올라가는 이진 코드를 입력 받아 시뮬레이션 시켜 수행 시간을 간접적으로 측정하는 것이다. 다시 말해, 컴파일 된 플레이어 이진 코드와 인코딩 된 콘텐츠를 ARM Profiler를 이용하여 수행시키면 플레이어 수행에 필요한 기계 명령어 수와 프로세서 시간을 주기 단위로 출력해 준다.

아래 그림 1은 20:1과 141:1로 압축된 콘텐츠를 디코딩 하는데 필요한 ARM 이진 명령어 수이다. 그림에서 첫 번째 프레임의 필요 명령어 수가 높은 것은 첫 번째 프레임은 기준 프레임이기 때문이며 중간에 적은 명령어를 필요로 하는 경우는 기준 프레임을 참조하는 블록이 많음을 의미한다.

그림에서 보드시피 압축률이 낮을수록 보다 많은 명령어를 필요로 한다. 압축률이 낮다는 것은 기준 프레임의 수가 많다는 것을 의미하고 이것은 더 많은 더 많은 연산을 필요로 한다는 뜻이기 때문이다. 하지만 비록 압축률이 낮더라도 다른 어느 비디오 표준에서 필요로 하는 연산량보다 현저히 적다. 비록 표준 비디오 형식의 것보다 압축률이 다소 낮지만 프레임당 평균 80000개의 기계 명령어만 디코딩 하는데 필요하다.

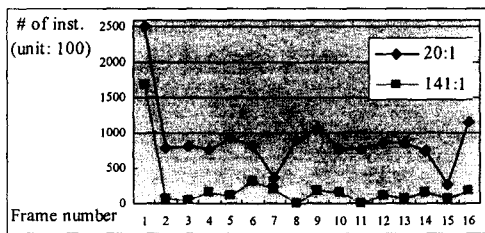


그림 1. 비디오/오디오 플레이어 성능

그림 2는 소프트웨어 방식의 비디오/오디오 플레이어를 실제 휴대 전화에 구현된 모습이다. 실험 휴대 전화는 SCH-X430[4] 모델로써 ARM7TDMI를 사용하는 MSM-5000 칩을 사용하며 LCD는 12bits 색상을 사용한다. SCH-X430에서는 휴대 전화의 고유 기능을 모두 사용하면서 초당 6-8 프레임의 재생 능력을 보여 주었다.

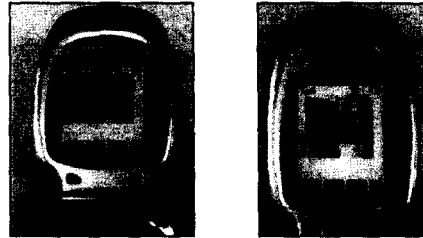


그림 2. 비디오/오디오 플레이어

5. 결론

흔히 휴대 전화에서 멀티미디어 서비스를 하는데 있어 가장 어려운 점은 제한된 네트워크 대역폭과 빈번한 전송 오류로 알려져 있다. 하지만 최근에 CDMA-2000 망 보급으로 인해 네트워크 대역폭은 충분히 커졌고 이보다는 오히려 휴대 전화의 프로세서 처리 속도가 멀티미디어 서비스를 하는데 걸림돌이 되고 있다. 보다 빠른 프로세서는 휴대 전화의 중요한 자원인 전력을 많이 소모한다는 것과 충전지의 발전 속도는 매우 느리다는 것 때문에 휴대 전화에는 고속의 프로세서를 사용할 수도 없다.

이러한 문제점을 해결하기 위해 본 논문에서는 휴대 전화에 적합한 비디오/오디오 코덱을 제안하였다. 이 코덱은 표준 코덱의 병목현상에 해당되는 부분을 보다 효율적인 것으로 대체시켜 어느 정도의 압축률을 유지하면서 연산량을 최소화 하는 것이 특징이다.

구현 및 실험을 통해 제한된 코덱을 사용한 휴대 전화용 소프트웨어 기반의 멀티미디어 플레이어는 저성능 프로세서에서도 양질의 재생이 가능함을 확인 하였다.

참고 문헌

1. Qualcomm Corp. <http://www.qualcomm.com>
2. SK Telecom. <http://www.sktelecom.com>
3. ARM Ltd. <http://www.arm.com>
4. Samsung Electronics. <http://www.sec.co.kr>
5. ITU-T, Video Coding for Low Bit Rate Communication, ITU-T Recommendation H.263.
6. Amara Graps. "An Introduction to Wavelets," IEEE Computational Science and Engineering, 1995
7. Colm Mulcahy. "Image compression using the haar wavelet transform." Spelman Science and Mathematics Journal, 1(1):22-31, 1997.