

USB(Universal Serial Bus)에서의 동영상 전송시스템 구현에 관한 연구

이재형*, 박인규
홍익대학교 전기제어공학과
121-791 서울 마포구 상수동 72-1
gskv1@wow.hongik.ac.kr

A study on implementing Moving Picture Transmission System through USB

Jae-Hyung Lee*, In-gyu Park
Dept. of Electrical & Control Eng. Honk Ik Univ.
72-1 Sangsu-dong Mapo-gu Seoul 121-791
gskv1@wow.hongik.ac.kr

요약

실시간 동영상의 전송을 위해 본 논문에서는 USB를 전송매체로 하여 구현했다. USB는 키보드, 스캐너, 모뎀등 다양하게 사용되고 있는 인터페이스를 하나로 통일하고, 포트의 부족을 해결하기 위해서 개발된 것으로 고속의 데이터전송(12Mbps)을 가능하다. USB의 고속데이터 전송의 특징은 정지화상(JPEG)뿐만 아니라 실시간 동영상(MPEG1, MPEG2)의 전송을 가능하게 한다. 본 논문에서는 USB로 실시간 동영상 전송을 위한 시스템 구조를 제시하였고 보다 효율적인 데이터 전송을 위한 USB Data Transfer Type에 관해 연구하였다. 720x480의 동영상의 압축을 위해 기존의 널리 이용되는 DCT대신 wavelet 알고리즘을 이용하였고 실시간 압축과 복원을 위해 video compression codec인 adv601를 사용하여 동영상 및 정지화상압축을 하였다. 또한 DSP(TMS320C32)를 이용하여 Quantization Bin Width Calculation을 함으로써 video bit stream의 크기를 가변적으로 제어하려 하였다. 이로써 동영상의 전송시 발생할수 있는 데이터 병목현상을 해결 하였고 USB뿐만 아니라 다양한 통신망(ISDN(128Kbps), T1(1.5Mbps) T3(45Mbps))에서의 동영상의 실시간 전송이 가능한 시스템 구조를 제시 하였다.

1. 서론

동화상의 전송측면에서 볼 때 디지털 전송방식은 아날로그 방식에 비하여 저장이 쉽고 전송시 잡음에 강하다는 특성이 있다. 하지만 영상신호를 디지털로

처리하는 경우 데이터의 양이 현저하게 늘어나게 되어 현재의 저장 매체나 전송 매체에서는 처리하기가 힘든 정보량이 된다. 따라서 동영상 정보를 디지털로 저장, 전송하기 위해서는 이를 부호화 하여 압축하고 또한 전송되는 압축 비트스트림을 실시간으로 복원하는 작업이 필요하며, 현재 JPEG이 정지화상압축에 관한 국제 표준으로 사용되고 있으며 동화상의 압축 표준 방식으로 MPEG이 널리 쓰이고 있다. 동화상 전송 속도는 MPEG1이 1.5Mbps, MPEG2가 5-10Mbps정도로 제한되어 있으며 이러한 동화상의 실시간 전송매체로 ATM망이나 ISDN망, 또는 ADSL/HDSL을 현재 이용하고 있다. 본 논문에서는 차세대 PC Serial Bus인 USB를 이용하여 동화상 전송시스템을 구현하였다. USB의 Isochronous data transfer에서는 데이터 전송속도가 최대 12Mbps까지 나오며 MPEG1, MPEG2의 전송속도도 지원 가능하다.

화상전송을 위해서는 영상의 압축은 필수적이며 본 논문에서는 MPEG1, MPEG2에서 사용된 DCT를 배제하고 wavelet 변환을 영상 압축에 사용했다. 비정상상태 신호에 적합하고, DCT에 비해 계산량이 적으며 원하는 특정 대역을 세밀하게 접근가능하고 특성에 맞는 필터 설계의 용이성 때문에 최근 wavelet변환을 이용한 영상의 압축기술이 많이 이용되고 있다. 또한 wavelet을 이용한 압축영상은 복원시 DCT에 비해 손실이 적다는 장점이 있다. 실시간 동화상의 압축을 위해 video codec을 사용하여 hardware적으로 구현하였으며 DSP를 이용한 실시간 Quantization Bin Width Calculation을 통해 가변적인 Video Bit Stream을 만들었다. 이로써 USB를 통

한 영상의 전송시 다른 외부 주변장치에 의해 발생할 수 있는 데이터 병목현상을 해결하였다.

본 논문은 앞절에서 이야기한 바와 같이 USB를 이용한 동화상의 압축, 복원 및 전송을 위한 시스템의 구현에 대해 기술한 것으로 제2절에서는 시스템의 전체구조에 대해 설명하고 제3절에서는 시스템의 설계 및 기능을 설명하고 보다 효율적인 USB에서의 전송을 위한 하드웨어구조를 및 Data Transfer Type을 제시했다. 그리고 제4절에서는 시스템의 실험 및 결과에 대해 논하고 마지막 절을 통해 결론 및 향후계획에 대해 논의하려한다.

2.영상 압축, 복원 및 전송시스템의 구성

본 시스템은 USB function 및 동영상의 실시간 wavelet 압축을 할 수 있는 구조로 설계되었다. 압축 저장된 동영상은 USB function의 Upstream Port를 통해 PC로 실시간 전송이 된다. 한편, 또한 PC로부터 다운로드되어진 압축영상은 복원후 다시 재생되어 진다.

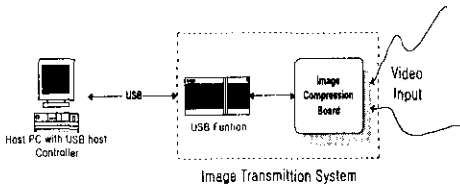


그림1. USB 동화상 전송 시스템

그림2는 전체 시스템의 하드웨어 블록도를 나타내는데 영상의 A/D, D/A변환을 위한 영상 입/출력부, 동영상의 압축을 위한 wavelet compression codec, USB와 interface하기 위한 USB function, 전체 시스템을 제어 하기위한 마이크로 프로세서 및 메모리부 그리고 DMA controller 및 시스템에 필요한 제어신호를 만들기 위한 제어로직부로 구성된다

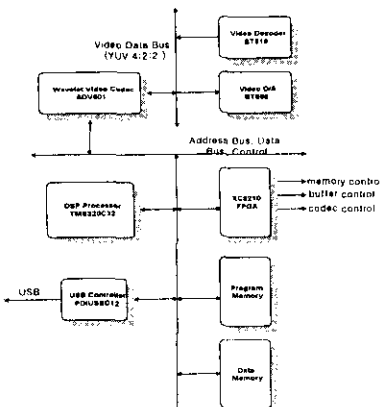


그림2. 하드웨어 블록도

3.시스템의 설계

1) 프로세서

전체시스템의 제어 및 데이터, 이미지처리 및 전송을 위한 프로세서로 TI사의 DSP인 TMS320C32-50을 사용하였다. wavelet 영상압축과정에서는 가변적이 Video Bit Stream을 얻기 위해 실시간 Quantization Bin Width Calculation을 수행하며 압축영상 데이터의 저장 및 전송을 위한 processing을 수행한다 또한 USB function과 DMA방식의 데이터 교환을 를 통해 USB에서의 확실한 데이터 전송률을 보장하였다.

2) 비디오 인터페이스

영상의 wavelet 변환 압축을 위해서는 아날로그 영상이미지가 디지털이시켜져야 한다. 디지털 영상 입력포맷으로 CCIR-656, YUV4:2:2을 본 시스템에서는 사용하고, Normal Data Rate이 27MHz로 720x480의 해상도로 영상을 압축한다. 이를 위해 BT819 Video Decoder를 사용하여 디지털이저 한다. BT819는 아날로그 NTSC를 디지털로 변환하기 위해 앰프, 플램프, 필터, A/D변환기, PLL, Clock generator가 내장되어 있고 IIC bus를 통해 제어된다. 압축후 복원되어진 영상은 다시 D/A을 거쳐 NTSC로 출력되는데 D/A로 비디오 엔코더인 BT866을 채택했으며 디지털 입력 포맷으로 YUV 4:2:2를 사용한다.

3) Wavelet Video 압축부

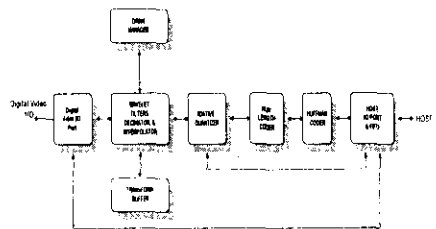


그림3. Wavelet Compression Data Path

동화상의 압축부는 그림3과 같다. wavelet kernel은 수평방향과 수직방향으로 이미지를 처리하기위한 filter와 decimator로 구성되어 있고 이를 통해 wavelet변환을 하게 된다. wavelet 변환은 DCT 압축 알고리즘에서 요구되는 영상의 블록화 없이 전체의 이미지를 필터링할 수 있다. 전체 이미지의 필터링은 높은 압축률에서도 DCT압축에 비해 더욱더 좋은 이미지 감쇄현상을 보여준다.

Adaptive Quantization은 wavelet계수들의 양자화한다. Quantization의 제어는 영상 압축시는 DSP(TMS32C32)에 의해 프로그램되어 질수 있으며 압축

video stream의 복원시는 압축 데이터 스트림에 의해 제어되어진다. 그림 4은 Quantizer에 의해 사용되는 복호화/부호화 데이터 포맷이다. Quantization을 실시간으로 프로그래밍함으로써 가변적인 video compression bit stream을 얻을 수 있다.

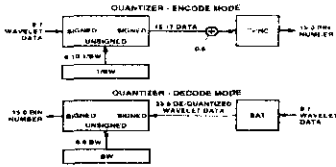


그림4. Programmable Quantizer Data Flow

Huffman coding시 더욱더 압축률을 좋게 하기 위해 Run-Length coding을 하게 된다. Run-Length Coder에서는 zero값은 갖는 wavelet 계수들의 배열을 찾아 다른 심볼들로 바꿈으로 압축을 가능하게 한다. 압축을 위한 Video Input Format으로 YUV 4:2:2; 720x480을 영상 입력으로 사용하여 MPEG1이나 MPEG2와 달리 각 필드가 독립적으로 압축되어진다.

4)메모리제어 모작부

고속의 DSP를 사용하였으므로 memory access로 인한 시스템의 성능 저하를 최대한으로 줄이기 위해 고속의 메모리(SRAM-10n)를 사용하였다. 본 시스템에 사용된 DSP의 데이터 메모리 ACCESS TIME은 40n 이내로 이루어진다. 그러므로 외부 메모리의 access time이 빠르지 않다면 시스템의 성능(영상 데이터의 저장 및 재생)의 저하를 초래한다. FPGA를 이용하여 ready signal generator를 설계하여 저속의 device와 인터페이스 가능하도록 하였다. 또한 외부의 디바이스(USB function)과 DMA를 위해 DMA controller를 FPGA를 이용하여 설계하므로 시스템의 집적도를 높이고 및 보드의 Size를 줄였다

5)USB(Universal Serial Bus)전송부

(1)DMA을 이용한 Video Bit Stream Transfer

USB로 Video Bit Stream을 전송하기 위해 DMA(Direct Memory Access)를 사용한다. CPU는 디바이스 제어나 데이터, 이미지 프로세싱과 같은 많은 다른 일들을 다루어야 하므로 부하가 많이 걸린다. DMA를 사용함에 의해 USB data transfer를 Background로 나눔에 의해 가장 확실한 데이터 전송률을 보장할 수 있다. 그림5는 FPGA을 이용한 DMA controller를 나타낸다.

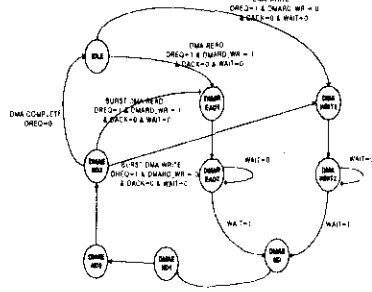


그림5. DMA Controller의 State Diagram

DMA writing은 7개의 state로 구성되는데 IDLE/DMAWRITE1/DMAWRITE2/DMAEND0/DMAEND1/DMAEND2/DMAEND3이다. DMA reading은 IDLE/DMAREAD1/DMAREAD2/DMAEND0/DMAEND1/DMAEND2/DMAEND3로 이루어진다. 다음은 DMA Controller의 Simulation결과를 보여준다.

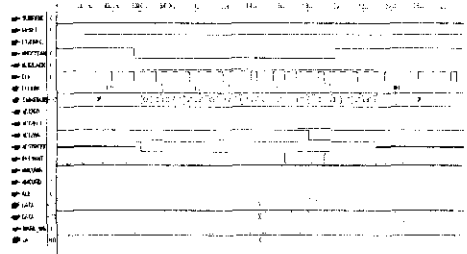


그림6. DMA Write Cycle

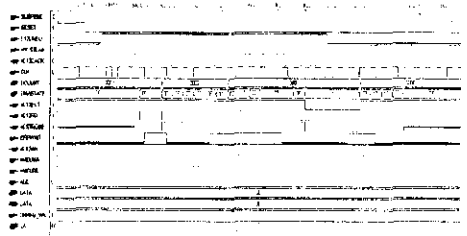


그림 7. DMA Read Cycle

(2)동화상 전송을 위한 USB Transfer Type

USB는 USB host와 USB device사이에 양방향 또는 단방향 데이터나 제어정보를 교환한다. USB는 4가지의 기본적인 데이터 전달모드를 가진다. Control tranfer, Bulk Data Transfer, Interrupt Data transfer, Isochronous or real time data transfer를

포함하고 있다. 많은 양의 데이터 전송시 Bulk data transfer와 Isochronous data transfer를 사용할수 있다. 그러나 동화상과 같은 시간과 관계되어지는 데이터의 전송시는 항상 일정시간동안 일정한 Band Width를 유지할수 Isochronous transter가 더 적합하다. Bulk Transfer의 경우 BandWidth가 USB에서 유효할 때 까지 transfer가 연기될수 있으므로 시간과 관계되어진 데이터의 전송에는 부적합하다. 다음의 표는 Isochronou Padload의 사이즈에 따른 Frame의 BandWidth를 나타내는데 최대 데이터의 payload는 1023Byte를 초과 할수 없다.

data payload	Frame BW per Trans	Max Trans	Bytes/frame useful data
1	1%	150	150
2	1%	136	272
4	1%	115	460
8	1%	88	704
16	2%	60	960
32	3%	36	1152
64	5%	20	1280
128	9%	10	1280
256	18%	5	1080
512	35%	2	1024
1023	69%	1	1023
max			1500

표 1. Isochronous Transaction Limit

본 시스템에서는 data padload를 1023byte로 설정하여 전송시 frame bandwidth를 데이터 병목현상을 해결하였고 또한 고화질의 영상 전송이 가능하도록 하였다.

4. 실험 및 고찰

USB Host로 USB controller가 내장된 PC를 사용하여 실험하였다. USB cable의 길이는 3m로 하였으며 동영상 전송시스템의 파워(USB function)은 외부에서 공급하였다. 동영상의 실시간 전송을 위해 USB의 Bulk Data Transfer와 Isochronous Data Transfer 모드에서 모두 실험을 하였다. 동영상의 압축은 Video Compression Codec(ADV601)을 이용하여 하드웨어적으로 압축을 함으로써 모든 프레임을 압축을 할 수 있었다. 또한 고속의 DSP를 이용한 실시간 Quantization Bit Width Calculation을 통해 프레임 별로 Video bit Stream의 크기를 조절할 수 있었다.

압축 동영상의 USB를 통한 실시간 전송은 전송된 video stream을 PC에서 다시 실시간으로 복원하여 재생함으로써 확인할수 있었다. Bulk Data Transfer로 전송했을 경우 실시간 전송 및 복원이 가능하였다. 그러나 USB에 Bulk나 Isochronous Data Transfer

로 데이터를 전송하는 다른 USB function이 있는 경우에는 정지화상의 전송은 어느정도의 지연이 있었으며 동화상의 경우는 full frame전송이 불가능하였다. Isochronous Data Transfer는 안정적인 BandWidth를 확보할 수 있었으며 압축 동화상의 전송시 PC에서 다시 실시간으로 재생할 수 있었다.

5. 결론

본 연구에서는 USB를 통한 동영상 전송시스템을 구현하였다. Isochronous Data Transfer에서는 실시간 동영상 전송 및 복원이 이루어짐을 PC를 통해 확인할 수 있었다. 그러나 데이터 전송시 하드웨어적인 error가 발생했을 때 Bulk Data Transfer와 달리 소프트웨어적인 처리가 없는 데이터의 재전송 및 복원이 불가능 하였다. Isochronous Data Transfer로 동영상의 전송시 발생하는 error를 처리하는 프로그램이 보완된다면 보다 안정적인 시스템을 구축할수 있을 것이다.

본 논문은 통신 매체로 USB만을 한정져서 논하였다. 추후 wavelet동영상 압축알고리즘을 이용한 다양한 통신망-ISDN(128kbps), T1(1.5Mbps), PSTN(56 kbps)망이나 ADSL/HDSL-에서의 실시간 동영상 전송을 위한 시스템의 연구로 이어질것이다.

참 고 문 헌

- [1] Jack, K., Video Demystified, "A Handbook for the Digital Engineer", High Text Publications, 1993
- [2] Vetterli, M., Kovacevic, J., "Wavelets And Sub-band Coding", Prentice Hall, 1995
- [3] A.Murat Tekalp, "Digital video Processing", Prentice Hall, 1995
- [4] Gilbert Held, "Data and Image compression Tools and Techniques", WILEY, 1996
- [5] YAO WANG, "Multimedia Communication and Video Coding", Plenum, 1996