

# CX23880 기반 PCI 다채널 비디오/오디오 캡처 장치 설계 및 구현

백승걸, 홍진기, 정선태  
승실대학교 정보통신전자공학부  
전화 : 02-817-5987/핸드폰 : 016-795-4170

## Design and Implementation of a CX23880 based PCI Multichannel Video/Audio Capture Device

SeungKul Paek, JinKi Hong, Sun-Tae Chung  
Department of Electronics Engineering,  
SoongSil University  
E-mail : ssee98@svscon.ssu.ac.kr

### Abstract

In this paper, we present our experiences in designing and implementing a CX23880 based multichannel video/audio capture device. We try to clarify differences between CX2388x family and 878A, the previous version of CX2388x, and what one needs to be careful about in developing device drivers for CX2388x based video/audio devices. Our work is expected to help one who will need to develop Cx2388x based video/audio device later.

### I. 서론

현재 CCTV 카메라에서 얻어진 디지털 영상 데이터를 디지털 영상 데이터로 변환하여 획득하는 칩으로 Conexant 사의 Fusion 878A 을 많이 사용되고 있다. Fusion 878A[1] 은 TV 수신 캡처 카드, 영상 감시 시스템용 영상 획득 장치 등에 많이 활용되고 있다. DVR(Digital Video Recorder)은 디지털 영상 감시 시스템으로 국내 기업들이 세계적으로 주도하고 있는 분야이며, 국내 대부분의 기업의 DVR 제품은 여러개의 Fusion 878A 칩을 사용한 다채널 영상 캡처 카드를 사용하고 있다. Fusion 878A 은 오디오 캡처도 지원하나, 그 기능이 다양하지 않으며, 영상 획득과 동시에 사용하는 경우에 안정되어 있지 않은 것으로 보고 되고 있다.

CX23880 패밀리(family)는 Conexant 사가 Fusion 878A 차후 버전으로 출시하고 있는 멀티미디어 칩으로써, 더 나은 성능을 제공하며 비디오 및 오디오 획득뿐만 아니라 다양하고 강력한 영상 스트림 처리 기능(예; MPEG data port, VIP host master 등) 등을 지원하고 있다.

본 논문은 CX23880 칩 4개를 사용하며 1칩당 2개 채널 멀티플렉싱을 지원하여, 8 채널 영상 동시 획득이 가능하며, 또한 4채널 스테레오 오디오 획득이 가능하도록 한 PCI 다채널 영상 및 오디오 획득 장치를 개발한 결과를 기술한다. 개발한 장치 드라이버는 리눅스용이다.

### II. CX2388x 패밀리

본 절에서는 본 논문에서 설계·구현한 CX23880 기반 PCI 다채널 비디오/오디오 캡처 장치의 장치 드라이버 제작을 위해 이해가 필요한 CX2388x의 내용만을 간단히 살펴본다. 보다 자세한 내용은 CX2388x 데이터시트[2]를 참조하라.

#### 2.1 개요

CX23880/CX23881/CX23882/CX23883 디코더는 오늘날 세계적으로 사용되는 비디오 및 오디오 포맷을 지원하여 이들 비디오/오디오 데이터가 획득되어 PCI 버스를 통해 호스트로 전달이 가능하도록 하는 싱글칩 편 호환 패밀리이다. 따라서, CX2388x 패밀리를 이용하면 비디오/오디오 획득, 호스트 PC 상에서 비디오/오디오 디스플레이, 저장 등이 가능하여 TV 수신 카드, 비디오/오디오 획득 카드, 디지털 VCR 등의 응용

시스템을 구축할 수 있다.

CX2388x 패밀리의 기능은 대동소이하며, 이중 CX2388x의 기능과 성능이 제일 좋으므로, 본 논문에서는 CX23880을 이용하여, 다 채널 비디오/오디오 캡처 카드를 제작하였다.

## 2.2 Conetant 878A 와의 주요 차이점

CX2388x은 878A보다 레지스터 크기가 12 비트에서 24 비트로 확장이 됐으며, 컨트롤 레지스터수가 늘었다. 비디오의 경우, A/D 가 8비트에서 10비트로 증가했다. 오디오의 경우, CX2388x 는 스테레오 I<sup>2</sup>S 입력을 지원하며, 스테레오 I<sup>2</sup>S 출력 및 내부 D/A를 통한 아날로그 스테레오 오디오 출력을 추가로 지원한다.

장치 드라이버 설계 관점에서 보았을 때, 둘 사이의 가장 큰 차이점중의 하나는 CX2388x가 SRAM을 지원한다는 것이다. 이 SRAM을 이용하여 각 데이터 스트림의 처리 요구 조건에 따라 FIFO 버퍼의 크기를 조절할 수 있으며, RISC 프로그램 또한 속도 향상을 위해 SRAM에 저장 가능하다.

기능적으로는 878A가 비디오 및 오디오의 2개의 PCI 기능(function)만을 지원하는데 반해, CX2388x는 PCI 5개 기능(비디오, 오디오, Transport Stream, VIP Host Port, GPHP)을 지원한다. 이에 따라, 12개의 데이터 스트림을 지원하며, 각 스트림은 채널번호로 구분된다(예; ch 21(Video packed or planar Y) ch 22(planar U), ch23(planar V), 25(Audio decoder output)).

한편, 878A 는 2개의 PCI(비디오 , 오디오) 기능에 관련된 레지스터 등이 각기 독립적으로 지원되는 데 반해, CX2388x 는 SRAM 과 각 PCI 기능에 관련된 레지스터들이 모두, 각 PCI 기능에 관련된 장치 드라이버의 공간에 매핑되므로, 한 PCI 기능에 관련된 장치 드라이버에서 다른 PCI 기능에 관련된 레지스터 내용을 조작하는 게 가능하다.

878A는 5V단일 전원이었는데 반해, CX2388x는 3.3V I/O power, 1.8V Core power, 5V PCI I/O 등 세 가지 종류의 전원을 사용한다.

## 2.3 메모리 공간

CX2388x 레지스터와 칩 내부의 32KB SRAM은 PCI function Base Address register 에 의해 정의되는 16 MB 주소 공간으로 매핑된다.

## 2.4 SRAM, FIFO 및 RISC 명령/프로그램

### 1)SRAM

CX2388x 는 내부에 32KB SRAM 을 포함하고 있다. SRAM은 FIFO, RISC 명령어 큐, CMDS(Channel Management Data Structures), RISC 프로그램 등의 공간을 제공한다. CMDS는 각 스트림 채널 관리 및 제어 정보를 보유한다.

### 2) FIFO

FIFO 는 일정 속도의 데이터 스트림과 버스트 전송 성격의 PCI 버스와의 차이를 보완하기 위한 칩내부의

메모리이다. FIFO 버퍼 사이즈는 스트림 데이터 평균 대역폭 및 허용되는 PCI latency에 의해 결정된다. FIFO 버퍼 사이즈 조절은 SRAM 에 있는 동일크기의 Cluster Buffer을 여러개 이용하여 수행한다. Cluster Buffer의 포인터 정보는 CDT(Cluster Descriptor Table)에 기록된다. Cluster Buffer의 사이즈 및 갯수는 프로그래밍 가능하다. Cluster Buffer의 사이즈는 DMAx\_CNT1 레지스터로, CDT 사이즈는 DMAx\_CNT2 레지스터로, CDT 의 SRAM에서의 위치는 DMAx\_PTR2 레지스터로 각각 결정한다. 여기서 x는 채널 번호를 의미한다.

### 3) RISC 명령 및 RISC 프로그램

CX2388x DMA 구조는 RISC controller를 포함하며, 이 RISC controller 는 프로그램 가능하다. 일련의 RISC 명령은 PCI 타겟 주소와 읽거나 써야 할 데이터 방향을 지정한다. RISC 프로그램은 장치 드라이버에 의해 생성되고 호스트 메모리나 CX2388x의 SRAM 에 위치한다. SRAM에서 RISC 프로그램의 위치와 사이즈는 CMDS(Channel Management Data Structure)를 사용하여 지정한다.

이상에서 살펴 본, SRAM, FIFO, RISC Controller 등의 관계는 다음 그림1 과 같이 정리된다.

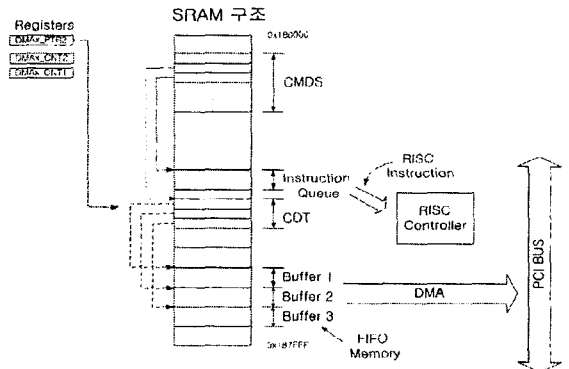


그림 1 . SRAM, FIFO, RISC Controller 관계

## 2.5 인터럽트 처리

CX2388x 는 PCI 인터럽트, 각 PCI 기능 (비디오, 오디오, 트랜스포트 스트림, VIP 호스트 포트, GPHP) 에 관련한 인터럽트로 구분하여 지원하고 있다.

## III. 비디오/오디오 캡처보드 H/W 설계 및 구현

본 논문에서 설계·구현한 CX23880 기반 PCI 비디오/오디오 캡처장치는 다중 채널 영상 감시 시스템인 DVR(Digital Video Recorder)을 위한 영상 및 오디오 캡처 장치로 사용하고자 개발한 것이다. 캡처 장치로부터 캡처된 영상 및 오디오 데이터는 PCI 버스를 통해 PC 호스트의 메인 메모리로 전송되게 된다.

요구 사양은 다음과 같다.

- 영상 해상도 최대 640×480 (NTSC 기준), 8채널의 경우는 320×240

- 4개 CX23880 칩 사용 및 Mux 사용으로 영상 최대 8채널 지원
- 오디오는 mike-in, line-in 스테레오 4채널 입력 지원, speaker-out, line-out 4채널 출력 지원
- 8채널 디지털 입력 및 8채널 디지털 출력

영상 Muxing의 경우, CX23880 자체에 4채널 Mux 가 있으나, 동작이 불안하여, 외부 Mux를 이용하였다. 이 경우, 8채널 영상 입력시에 각 CX23880 칩이 2개의 영상 입력을 교대로 받아 처리하도록 하였다. 8채널 사용시에 획득되는 영상의 안정성을 위하여 짝수 필드만 사용하였으며, 짝수 필드의 탐지는 외부의 sync separator를 이용하였다.

오디오 캡처는 line-in 과 mike-in 아날로그 오디오 입력을 ADC 하여, I<sup>2</sup>S를 통해 입력되어 처리되고 PCI 버스를 통해 호스트 메모리로 전송되도록 하였다. 오디오 출력은 CX23880 Chip 내부의 DAC를 통한 아날로그 오디오 출력을 이용하였다.

4개 CX23880 칩을 PCI 버스에 직접 연결하지 못하므로, PCI to PCI 브릿지를 이용하여 4개의 CX23880 이 PCI 버스에 연결되는 데 문제가 없도록 하였다. 사용된 PCI 브릿지는 Hint사의 HB1 이다.

Mux에 필요한 -5V, CX23880 에 필요한 3.3V/1.8V 는 PCI 슬롯에서 공급되는 -12V 및 5V를 파워 레귤레이터를 사용하여 만들어 제공하였다.

다음 사진은 제작된 CX23880 기반 다채널 비디오/오디오 캡처 장치 H/W 보드를 보여 준다(오디오 입력 커넥터는 아직 연결되어 있지 않음).

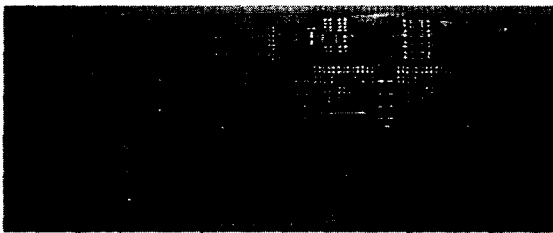


그림 2. 다채널 비디오/오디오 캡처 장치 H/W 보드

## IV. 비디오/오디오 캡처보드 장치드라이버 설계 및 구현

### 4.1 CX23880 장치 드라이버 설계 시 고려 사항

#### 1) 칩별 관리 구조

본 논문에서 제작된 보드는 CX 23880 4개를 사용한다. 그리고, 보드가 장착되는 시스템에 따라서는 여러장의 캡처 보드가 사용 될 수 있다. 따라서 리눅스에서는 이 경우 1개의 장치 드라이버가 여러개의 장치를 관리 하여야 한다. 이 때, 각각의 장치는 각기 다른 메모리에 맵핑이 되고 각장치마다 따로 관리가 될 정보가 필요하므로, 각 장치별로 메모리 및 변수 등의 자원을 관리하는 구조체를 각 장치별로 하나씩 두고 이들이 리스트 구조로 연결되어 관리되도록 구현하였다.

다.

#### 2) 비디오/오디오 FIFO 메모리 동기화 문제

CX2388x 에서는 FIFO 는 SRAM을 이용하여 구현하도록 되어 있다. 그런데, 칩의 SRAM은 CX2388x 의 5개 PCI 기능 모두가 공통으로 사용한다. 그런데, 각 PCI 기능에서 사용할 FIFO 구성은 각 기능의 장치 드라이버에서 초기화하도록 되어 있다. 따라서, 여러 PCI 기능을 동시에 사용하여야 하는 경우에, 각 PCI 기능이 사용하여야 할 FIFO 및 SRAM 관리 구조 공간 등이 겹치지 않게 초기화 되도록 장치 드라이버 설계시에 주의하여야 한다.

Conexant 878A의 경우, 비디오 PCI 기능과 오디오 PCI 기능은 각기 다른 FIFO를 사용하며 SRAM 이 없기 때문에 각 기능간의 칩내부 메모리 동기화 문제는 발생하지 않는다.

#### 3) 인터럽트 동기화

Conexant BT878A 의 경우, 비디오 PCI 기능과 오디오 PCI 기능이 각기 다른 인터럽트 관련 레지스터를 갖고 있다.

CX2388x는 이와는 다르게, PCI 관련 인터럽트 관련 레지스터는 모든 PCI 기능이 공통으로 이용하도록 설계되어 있다. 따라서, 각 기능 관련 인터럽트 처리 루틴이 서로 간에 영향을 주지 않도록 조심하여야 한다. 예를 들어, 비디오 와 오디오 관련 인터럽트가 동시에 걸렸을 때, 먼저 비디오든 오디오든 어느 한쪽의 PCI 기능 장치 드라이버에서 PCI 인터럽트 처리후 리셋을 잘못하면, 다른 쪽의 인터럽트는 서비스를 받지 못할 수도 있다.

#### 3) FIFO 와 관련된 구조 초기화

CX2388x 는 878A 와는 다르게, 각 PCI 기능이 사용할 FIFO 구조를 SRAM에 할당하게 되어 있다. 따라서, 장치 드라이버 초기화시에 각 기능이 사용할 FIFO 구조를 반드시 초기화하여야 한다.

이를 위해, 다음과 같은 과정 처리가 필요하다(그림 1 참조).

- a. 스트림 대역폭과 PCI latency를 고려하여 FIFO 버퍼 사이즈 계산
- b. SRAM 내의 CDT의 위치에 FIFO 버퍼의 위치를 기록하여 초기화한다.
- c. 데이터 스트림의 라인(line) 크기에 맞게 Cluster Buffer 사이즈 초기화
- d. SRAM 내의 CDT 위치와 CDT 사이즈 초기화
- e. RISC 프로그램 생성후, 메인 메모리나 내부 SRAM 에 기록
- f. CMDS 초기화(CDT 의 위치와 사이즈, RISC 프로그램 위치가 SRAM인지 메인 메모리 인지의 여부, Instruction Queue 의 base 와 size, Initial RISC program Counter field에 RISC Instruction Set의 첫 번째 주소 기록 등)
- g. Program down stream line length register, program all configuration register, clear interrupt status register 등을 셋팅
- h. RISC controller 초기화 및 기동
- i. 각각의 스트림 채널마다 RISC\_EN, FIFO\_EN을 Enable 한다.

#### 4.2. 비디오 장치 드라이버 설계 및 구현

본 논문에서 취급하는 비디오/오디오 캡처 장치의 비디오 장치 드라이버는 Linux 용으로 v4l2 (Video for Linux Two) 인터페이스를 지원하도록 설계·구현되었고, V4l2 인터페이스를 지원하기 위해 Linux Kernel 2.4.20에 v4l2 kernel patch를 하여 개발 환경을 마련하였다.

장치 드라이버 개발에, 본 연구원들의 연구실에서 이전에 개발하였던, Conexant 878A 기반 보드(4개의 878A 장착 및 먹싱을 통한 8 비디오 채널 지원)용 비디오 장치 드라이버[3]와 현재 진행중인 오픈 소스 프로젝트 CX2388x 장치 드라이버[4]를 참조하였다. CX2388x 오픈소스 비디오 장치 드라이버는, CX2388x 1개의 칩만을 사용하는 TV 수신 카드 같은 응용에의 사용을 염두로 두고 만들었기 때문에, 다중 채널 CX2388x 칩 보드 지원에 필요한 먹싱 기능 등의 구현은 없다. 또한 현재까지는 PAL 방식 등만을 지원한다. 따라서, 이를 참조하여, 본 논문의 캡처 보드에서 필요로 하는 기능을 제공하는 비디오 장치 드라이버를 새롭게 설계하고 구현하였다.

기존의 878A 비디오 캡처 보드의 장치 드라이버와의 차이점은 v4l2를 이용한 응용 API 인터페이스(open, close, ioctl, mmap 등) 구현 부분 등은 크게 달라진 것은 없으나, 칩의 H/W 적인 차이로 인한 것으로 인해 다음과 같은 칩 제어를 위한 처리 부분이 많이 달라졌다는 점이다.

- FIFO 마련을 위한 내부 SRAM에 대한 셋팅
- 영상 스트림을 메인 메모리로 DMA를 통해 전송하기 위한 RISC Controller 제어 부분 셋팅
- 입력 영상의 포맷(NTSC, PAL, SECAM)에 따라 내부의 PLL을 이용하여 샘플링 주파수 조정
- 내부 스케일리를 이용하여 출력 영상의 크기 조정

#### 4.3. 오디오 장치 드라이버 설계 및 구현

본 논문의 오디오 장치 드라이버는 리눅스 dsp 오디오 장치 드라이버 구조 기반으로 기존의 bttv 8x8 오디오 장치 드라이버[5]를 참고로 하여 설계·구현되었다. 설계·구현된 오디오 장치 드라이버는 입력으로는 I<sup>2</sup>S을 통한 스테레오 오디오 입력만을 지원하며, 출력으로는 내부 DAC을 통한 아날로그 오디오 출력을 지원한다. 디지털 I<sup>2</sup>S 입력 신호를 바로 내부의 DAC로 보낼 수 있는데 이 경우에는 chip의 내부 구조가 on/off 스위치가 아닌 Mux의 구조로 되어 있어 오디오 신호를 캡처 할 수 없다.

오디오 장치 드라이버 역시 비디오 경우와 마찬가지로 칩 제어를 위한 여러 부분을 새로 설계를 하여야 했다. 설계된 오디오 장치 드라이버는 48kHz 샘플링 속도로 16 비트 샘플링하며, 스테레오 입력을 지원하므로 1/24 초마다 최대 8KB의 오디오 데이터가 처리되도록 하였다. 1/24 초 마다 8KB가 처리되도록 한 것은 오디오 스트림의 latency가 대략 평균 20ms 이하가 되도록 고려하였기 때문이다. 커널의 오디오 데이터 버퍼는 8KB 단위의 16개를 설계하였으며, 1/24 초마다 인터럽트가 걸려 8KB 크기 버퍼 경계에 다한 포인터 변경이 이루어지도록 하였다. 응용에서는 역시

8KB 단위로 읽어 가게 된다.

전체적인 동작 구조는 비디오 장치 드라이버의 동작 구조와 유사하나, 오디오 장치 드라이버의 커널 버퍼의 크기는 8KB 16개로 설계하였다. H/W에서 커널 버퍼로 DMA 할 때, 버퍼 오버런의 경우에 대한 처리도 해주었다.

### V. 테스트 및 결과 고찰

본 논문에서 설명한 CX23880 기반 다채널 비디오/오디오 캡처 카드를 구현하고, 다음의 실험 환경에서 8채널 영상 디스플레이/녹화 및 4채널 오디오 녹음이 제대로 되는지의 동작 테스트를 수행하였다.

- CPU : Pentium III 1GHz
- Memory : SDRAM 256MB
- Graphic Card : Riva TNT2
- OS : Red Hat 8.0(linux kernel version 2.4.20)
- 카메라 입력 ; NTSC를 지원하는 CCD 카메라 2대를 비디오 분배기를 이용하여 8 카메라 채널 입력되도록 함
- 오디오 입력 ; CD Player의 Line Out을 4개 오디오 채널에 입력되도록 함
- 영상 디스플레이 응용 프로그램 ; 오픈소스 xawtv
- 영상 녹화 응용 프로그램 ; 오픈 소스 ffmpeg
- 오디오 녹음 응용 프로그램 ; 오픈 소스 sox
- 동작 테스트 수행 시간 ; 4시간

동작 테스트 결과, 8채널 디스플레이/녹화, 4채널 녹음 등의 동작이 무리 없이 잘 수행됨을 확인할 수 있었다.

### VI. 결론

본 논문은 비디오/오디오 캡처 지원 칩인 878A 의 차세대 버전인 Conexant 사의 CX23880을 이용하여 다채널 비디오/오디오 캡처 장치 H/W 및 장치 드라이버를 설계하고 구현한 결과를 기술하였다. 개발 경험에서 배웠던, CX2388x 패밀리 칩과 878A 차이점을 가능한 한 분명하게 설명하도록 노력하였으며, 따라서 이미 878A를 이용하여 비디오/오디오 캡처 장치를 개발하였던 분들은 차후 CX2388x 패밀리 칩을 이용한 비디오/오디오 캡처 장치를 개발할 때 본 논문의 작업으로부터 도움을 받을 수 있으리라 기대된다.

#### 참고문헌

- [1] Conexant 878A 데이터 쉬트, <http://www.conexant.com/servlets/DownloadServlet/100027B.pdf?FileId=442>
- [2] Conexant CX2388x 데이터 쉬트
- [3] 이동학, 영상 감시 시스템의 효율적인 멀티미디어 스트리밍 처리 부시스템 설계 및 구현, 숭실대학교 전자공학과 석사학위 논문, 숭실대학교, (2001)
- [4] CX2388x 비디오 장치 드라이버 오픈 소스, <http://bytesex.org>
- [5] bt8x8 오디오 장치 드라이버, <http://bytesex.org>