

# HDcctv 표준 인증을 충족하는 HD-SDI 영상카메라의 설계

한병완<sup>1</sup>, 임성준<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>동원대학교 컴퓨터애니메이션과, <sup>2</sup>동원대학교 인터넷정보과

## A Design of HD-SDI Camera System for HDcctv Standard Certification

Han Byung Wan<sup>1</sup> and Lim Sung Jun<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Computer Animation Tongwon College, <sup>2</sup>Internet Information Tongwon College

**요 약** 동축 케이블에 영상, 음성, 데이터 등을 전송할 수 있는 SDI(Serial Digital Interface) 기술을 카메라에 적용한, HD-SDI 카메라는 다양한 SDI 장치 및 제품들과의 호환성이 중요하다. 즉, 각각의 SDI 장치 및 제품들이 표준을 준수하여 호환성을 유지해야 상호간 동작에 문제가 없게 된다. 현재, HDcctv Alliance에서는 각각의 SDI 장치 및 제품들을 특성별로 구분하여 그에 따른 표준을 정해 놓았다. 각각의 SDI 장치 및 제품들이 상호간의 올바른 동작을 하기 위해서 각각의 표준을 준수하면서 제품을 만드는 것은 중요하다. 본 논문에서는, HDcctv 표준을 준수하는 카메라 시스템을 구현하였으며, HDcctv 표준에 따라 설계를 하여, HDcctv Alliance의 인증을 받기 위한 모든 데이터를 측정하여 표준에 맞는 결과를 얻었다.

**Abstract** The SDI technology can transmit video, audio and control data with a coaxial cable. The compatibility of HD-SDI Camera is very important. The SDI devices and products without compliance problem are able to guarantee interaction. The HDcctv Alliance has released the standard by classifying the attributes of the SDI devices and products. It is important for each SDI devices and products to keep the compatibility of this standard. In this paper, the camera system that comply with the HDcctv Standard was implemented. In order to receive certification of HDcctv Alliance, the experiment was performed and the satisfied result was gained.

**Key Words** : SDI, HDcctv, HDcctv Alliance

### 1. 서론

HD 디지털 방송이 보편화되면서, 고화질에 대한 관심이 많아지게 되었다. 이미 고화질 방송 뿐 만 아니라 감시 카메라 분야에서도 고화질 제품이 출시되고 있으며, 그 수는 점점 확대되어 가고 있다. 이 고화질 감시 카메라 분야에서 가장 빠르게 움직이고 있는 제품은 IP를 이용한 IP 카메라이다. 현재, IP 카메라는 2M, 3M, 5M 픽셀 등 초 고해상도의 제품을 선보이면서, 감시 카메라 분야에서의 고화질화를 이끌고 있다.

IP 카메라는 초 고해상도 제품의 구현이 쉬울 뿐 아니라, 기존 IP 네트워크망을 이용할 수 있으며, 한 번 설치

만 되면, 사용자가 편하게 사용할 수 있는 장점이 있는 반면, 영상을 압축할 때 걸리는 시간과 버퍼링 등으로 인해 원 영상과 사용자가 보는 영상과의 시간 지연이 생기는 문제, 네트워크의 대역폭이 작을 경우 영상의 프레임 수가 떨어지거나 영상이 깨지는 현상이 발생하는 문제 등의 단점이 있다. 또한, 최초 설치시 많은 설치 및 시공 업체들이 어려워 하고 있다. 즉, IP 카메라는 화면이 나오기까지는 여러 단계의 복잡한 과정을 거치게 되는데, 따라서 잘 훈련된 설치 업체가 필요하게 되고, 결국 시스템의 비용이 증가 하게 된다.

그러나 고화질의 감시 시스템을 구축하는데 있어서 기존 아날로그 감시 시스템에서 사용하는, 일반 동축 케이블

\*Corresponding Author : Lim Sung Jun

Tel: +82-10-2987-6140 email: sjlim@tw.ac.kr

접수일 12년 02월 16일

수정일 (1차 12년 04월 10일, 2차 12년 05월 29일)

게재확정일 12년 06월 07일

블에 고화질 영상을 전송하는 SDI(Serial Digital Interface) 기술을 사용함으로써 쉬운 설치와 영상 지연이 없이 실시간으로 바로 화면을 볼 수 있다. 감시 시스템의 고화질 요구에 따라, 방송용으로 사용 되던 SDI 기술을 감시 시스템 분야에 적용한 것이다. HDcctv Alliance가 구성되었고, 여러 감시 시스템 관련 업체들이 멤버로 가입되어 있다. 1916년에 설립된 SMPTE(Society of Motion Picture and Television Engineers)의 표준을 기본으로 하여, SDI 표준이 만들었다. SMPTE 259M를 바탕으로 만들어진 SD-SDI 표준은 대역폭이 270Mbps이고, 4:3의 디지털 비디오 인터페이스를 규정하고 있다. 이 SD-SDI는 주로 방송용으로 사용 되었다.

그 후에, HD급 영상을 규정한 HD-SDI가 정해졌는데, SMPTE 292M을 기본으로 하여, 720p, 즉, 1280x720의 해상도를 가지는 영상에 대한 표준을 정했다. 이것의 대역폭은 1.485Gbps로 720p, 60Hz 까지 전송이 가능하다. HD-SDI DVR등 SDI 수신기에서 표시가 가능한 1080p 30Hz의 영상도 1.485Gbps의 대역폭을 사용한다. 이 대역폭으로, 1080i 60Hz를 전송할 수 있음은 물론이다. 1080p, 60Hz를 전송하기 위해서 필요한 대역폭은 3Gbps (정확히는 2.97Gbps)로서, 3G-SDI라 하며, SMPTE 424M의 표준을 따른다. 1920x1080의 영상을 60Hz로 전송할 수 있다.

HD-SDI는 하나의 동축케이블에 영상, 음성, 데이터 등을 모두 전송할 수 있다. 영상은 단방향 전송이고, 음성과 데이터는 양방향 전송이 가능하다. 이 SDI 기술을 감시용 시스템에 적용하기 위한 단체인, HDcctv Alliance에서 HDcctv 표준을 발표하고, 이것에 대한 호환성 테스트를 통과한 제품에 대해서만 HDcctv 인증 로고를 사용할 수 있는 권리를 주고 있다.

감시 카메라 분야에 고화질에 대한 관심이 높아짐에 따라서 고해상도의 영상 데이터를 H.264 압축을 통하여 데이터 량을 축소한 후 네트워크를 통하여 전송, 이를 사용자 컴퓨터에서 확인하는 방법에 관한 연구[1]나 Mpeg-2를 사용하여 압축한 데이터를 여러대의 카메라에서 전송하는 경우 이를 동기화하기 위한 연구[2] 등과 같이 Full HD 해상도를 지원하는 카메라 설계에 대한 많은 연구가 진행되고 있다. 또한 HD-SDI 형식을 갖는 1.485 Gbps의 비디오 신호를 전송하는 방법에 관한 연구<sup>3)</sup>는 진행되었지만 압축하지 않은 영상 데이터를 전송하기 위한 Full HD-SDI 카메라의 규격을 충족시키고 HDcctv 표준에 따르는 설계에 관한 연구는 거의 없는 실정이다.

본 연구에서는, HDcctv 표준을 만족하는 HD-SDI 카메라를 구현하는 것을 목표로 하고 있다. 이를 위해 SMPTE 292M의 표준에서 규정하는 여러 기준을 만족하

는 카메라 시스템을 설계했으며, HDcctv 표준에서 규정한 항목과 테스트 방법에 의하여 측정된 여러 계측 데이터를 포함한 테스트 보고서를 작성함으로써 HDcctv Alliance에서 정한 표준에 맞는 카메라 시스템을 구현할 수 있었다. 특히, BER(비트 Error Rate)측정하는 항목에서 필요한 Stress pattern 발생기를 FPGA로 설계하여 구현하였다.

HDcctv 표준을 만족하는 감시용 카메라 시스템 구현에 관한 선행 연구가 없는 실정에서, HDcctv 표준을 따르는 감시용 카메라 시스템 구현과 인증을 위한 측정 데이터 결과가 표준에 만족하는 결과를 얻은 것에 의의가 있다고 하겠다.

## 2. 본론

### 2.1 연구 개발 시스템 사양

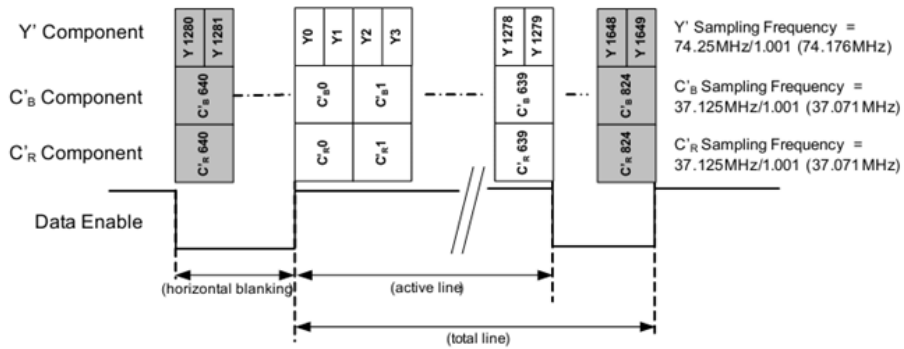
HDcctv 표준을 만족하는 HD-SDI 감시 카메라 시스템의 특징은 다음과 같다.

- SDI 포트수 : 1 (SDI 출력)
- 지역에 따른 주파수 지원 : 50Hz, 60Hz
- 각 포트에서 지원하는 영상 포맷 : 720p30, 720p50, 720p25, 720p60, 1080p30, 1080p25
- HDcctv 인터페이스 스트림 ID에서 규정한 스트림 ID 포맷을 따른다.
- 안정 상태에서의 파형의 크기 : 800mV +/- 10%
- 상승/하강 시간 : 270ps 이하
- 상승/하강 시간의 차이 : 100ps 이하
- 최대 피크투피크 타이밍 지터 : 1UI (674ps 10Hz~1.485GHz) 이하
- 얼라인먼트 지터 : 0.2UI (135ps 100KHz ~ 1.485GHz) 이하
- BER(비트 Error Rate) : 10(-12)이하.

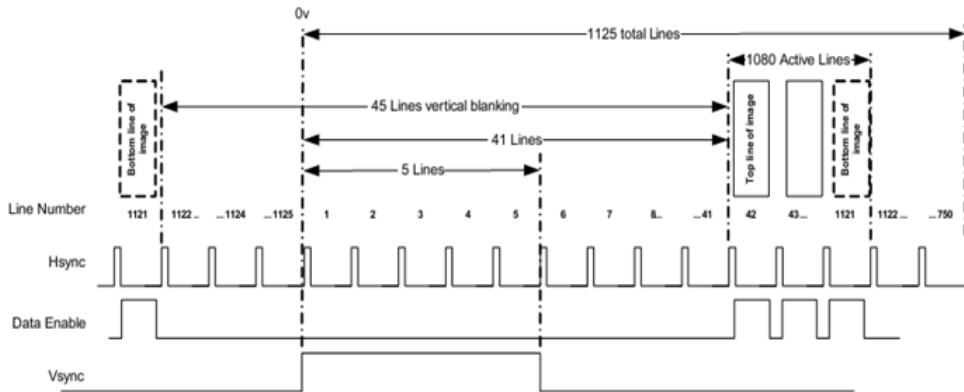
### 2.2 HDcctv 규격

HDcctv 규격 V1.0은 다음과 같은 항목을 규정하고 있다.

- S0001 HDcctv Specification V1.0<sup>4)</sup>  
 HDcctv 시리얼 디지털 인터페이스의 주요 기능이 설명 되어있다.  
 - 비디오, 오디오, 메타데이터, 제어 데이터등을 전송하기 위한 고대역폭 다운스트림 전송링크 채널이 있어야 한다.



[그림 1] 1280x720p59.94의 YCbCr 샘플  
 [Fig. 1] YCbCr Sample of 1280x720p59.94



[그림 2] 1920x1080p의 수직 타이밍  
 [Fig. 2] Vertical Timing of 1920x1080p

- 애플리케이션은 다운 스트림 링크 채널의 1.5Gps throughput을 보장해야 한다.
  - 720p 와 1080p 영상 신호를 지원해야한다.
  - 8비트, 10비트 color depth를 지원해야한다.
  - FCC/CISPR B 규격에서 6db 마진을 유지해야한다.
  - 핫플러그와 언플러그를 감지해야한다.
  - RG59 동축케이블을 사용했을 때 적어도 100meter 까지 전송이 가능해야한다.
  - 비트 에러 레이트가 10(-12)보다 좋아야 한다.
- S1001 720 Line Video Image Formats for HDcctv Interfaces <sup>5)6)7)8)</sup>  
 1280x720 해상도와 16:9의 화면비율을 가진 영상 포맷에 대한 정의를 정하고 있다. 즉, RGB 선형적 표현방법, R'G'B' 컬러 엔코딩, Y'P'bP'r 컬러 엔코딩, Y'C'bc'r 컬러 엔코딩 과 디지털 표현 방법등을 규정하고 있다.
  - S1002 1080 Line Video Image Formats for HDcctv Interfaces <sup>9)10)</sup>  
 1920x1080 해상도와 16:9의 화면비율을 가진 영상 포맷에 대한 정의를 정하고 있다.  
 - 양자화 범위 : Y는, 8비트 일 때 16~235이고, 16 비트 일 때 64 ~ 940의 범위를 갖는다. Cr, Cb의 경우에는, 8비트 일 때, 16~240 이고, 16비트 일 때 64~960의 범위를 갖는다.  
 - 720p와 같은 클럭 주파수를 사용하기 때문에 대역폭 과 샘플링 주파수는 서로 같다. 단, 수평, 수직의 샘플수와 라인수는, 한 화면의 총 화소수가 서로 다르기 때문에 720p와 1080p가 서로 다르다.  
 총 라인 수는 1125이고, Active 화소수는 1920이다, 그림 2는 수직 타이밍을 나타낸 것으로 총 1125 라인이고, Active 라인수는 1080임을 보여준다. 여기서, 수직 동기 신호는 5 라인을 차지하고 있다.

• S2001 HDcctv Interface Stream ID <sup>11)</sup>

이 표준은 보조 데이터 패킷으로 전송을 하는 6 바이트 스트림 ID를 정의한다. 이것은 시스템의 특성과 메타데이터의 payload를 확인하기 위한 것이다. 일반적인 영상 스트림 ID 포맷은 총 6 바이트로 구성 되어 있으며, 각각의 바이트마다의 기능이 정의되어 있다. 바이트1의 b[7:4]은 영상 포맷의 표준 번호를 나타내는데, 720p는 1 이고, 1080p는 2로 정의 되어 있다. 그리고, 각각의 영상 포맷의 표준 번호에 해당하는 영상 포맷 번호 b[3:0]로 표시된다. 예를 들어, 바이트1의 내용이 14h라고 한다면, 720p 이고 포맷4에 해당하는 25Hz 즉, 720p25에 해당하는 영상 포맷이다.

바이트2에서, b7은 픽셀 어레이가 기본 해상도를 따르는지의 여부를 결정한다. b[6:5]은 8/10 비트 샘플링을 표시한다. b[4]는 픽셀 어레이가 기본 프레임수를 따랐는지를 알려 준다. b[3:0]의 샘플링 구조가 0일 때 YCBCR 4:2:2를 의미한다. 다른 값은 reserved이다. 바이트5와 바이트6의 source ID 10 비트는 001h~3FFh까지 지원되고, source ID가 없는 경우에는 000h으로 한다.

스트림 ID를 전송하기 위해서 보조 데이터 packet 안에 패킷화 된다. 그림 3처럼, 순서대로 000h, 3FFh, 3FFh

의 3 바이트 보조 데이터 flag이 처음에 위치하고, 그 뒤로 순서대로, 데이터 ID(101h), 키(101h), 데이터 카운트(206h) 이 위치하고, 그 뒤로 스트림 ID 6 바이트가 뒤따른다. 마지막 1 바이트는 체크섬이다.

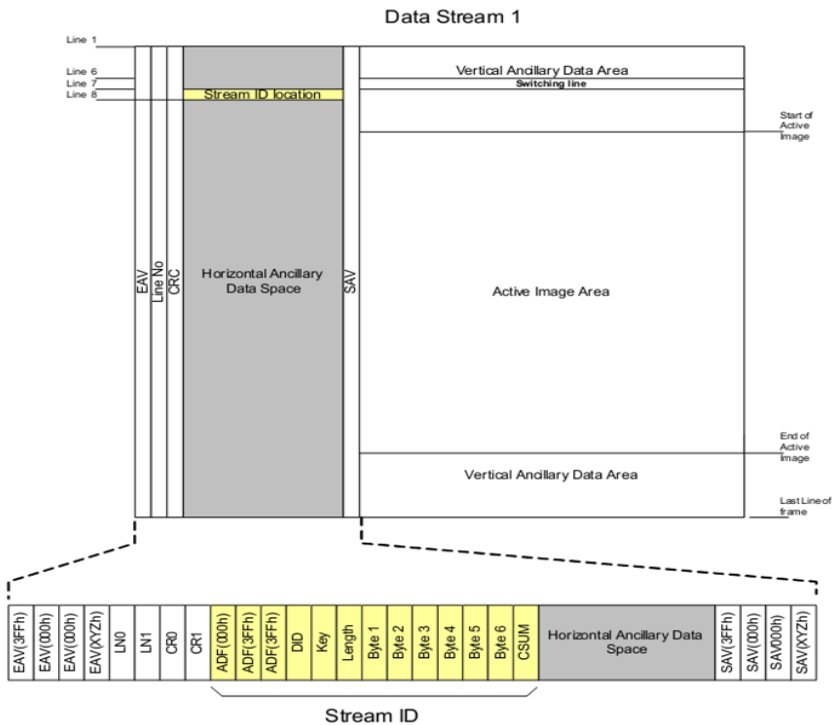
	b9 (MSB)	b8	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0 (LSB)
Ancillary data flag (ADF)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Data ID (DID)	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Key (K)	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Length (L)	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Value (V) Byte 1 ~Byte 6	not b8	EP	Stream ID Byte 1							
	not b8	EP	Stream ID Byte 2							
	not b8	EP	Stream ID Byte 3							
	not b8	EP	Stream ID Byte 4							
	not b8	EP	Stream ID Byte 5							
	not b8	EP	Stream ID Byte 6							
Checksum	not b8	Sum of b0~b8 of DID through K,L,V.								

EP = even parity for b7 through b0.

[그림 3] 스트림 ID 보조 데이터 패킷 포맷  
[Fig. 3] Stream ID ancillary data packet format

• S1100 Video, Audio, Data and Metadata – Mapping and Serial Data Format <sup>12)</sup>

임베디드 오디오, 제어와 상태 데이터 그리고 스트림 ID의 전송에 대한 것이 정의되어 있는 표준이다. 데이터 스트림1 과 2로 구성 되어 있고, 각각의 스트림에서 보조 데이터의 위치를 보여 준다. 수평쪽 데이터는 SAV 바로



[그림 4] 스트림 ID의 수평, 수직 위치  
[Fig. 4] Vertical and Horizontal position of stream ID

전에 위치한다. 수직쪽은 Active Image 영역 앞뒤로 보조 데이터가 위치하게 된다. 보조 데이터는 Type1 만 정의 되어 있다. Type1은 데이터 스트림1의 수평 보조 데이터 영역에 위치하고, 메타데이터 (스트림 ID)를 나타낸다. 나머지 영역은 reserved 되어 있다. 그림 4는 스트림 ID의 위치를 자세히 보여 준다. 수직쪽으로 8번째 라인에 위치하고 수평 쪽으로는 수평 보조 데이터 영역에 위치한다. 스트림 ID는 프레임당 한번 전송하게 된다.

• S1200 Coaxial Cable Interface <sup>13)</sup>

75 ohm 동축 케이블로 전송 시에 요구되는 물리적, 전기적 조건들을 규정한다.

- Source Return Loss : 5MHz~1.485GHz 주파수 대역에서 적어도 15dB 이하가 되어야 한다.
- Source Output Signal Level : 피크투피크 신호 크기가 800mV +/- 10% 가 되어야 한다.
- Source Intrinsic Jitter (Transmit Jitter) : 타이밍 지터 주파수 대역과 얼라인먼트 지터 주파수 대역으로 정의된 곳에서 측정을 하여 타이밍 지터의 경우 1UI (673ps) 이하여야 하며, 얼라인먼트 지터는 0.2UI (134.6ps) 이하이어야 한다.

2.3 HDcctv Alliance 인증을 위한 HD-SDI 카메라 시스템

HDcctv Specification V1.0에서 규정된 절차에 따라서

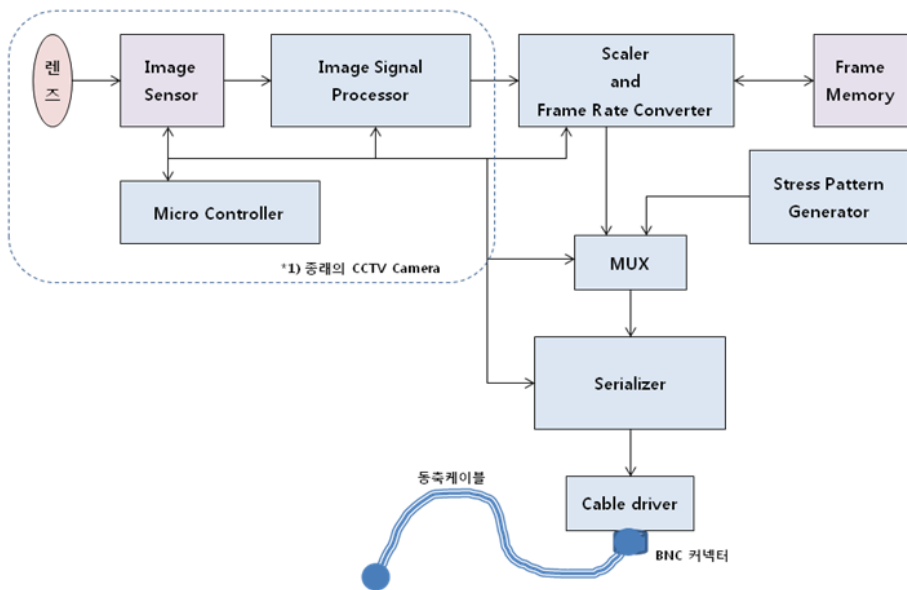
HD-SDI 카메라 시스템을 시험하고 측정한다. 시험 절차는 크게 6단계이며, 각각의 단계마다 측정 결과를 보고서를 첨부하게 된다. 그런데, 총 6단계 중에서 마지막 Test ID 1-6의 경우에는 성능과 관계없는 레이블 문자에 관한 내용이므로 이에 대한 내용은 생략 하기로 한다. 각 단계의 실험과 측정된 결과는 2-4 절에서 다시 설명한다.

그림 5는 본 연구에서 구현한 HD-SDI 카메라 시스템의 블록도이다. HDcctv 표준과 호환성을 유지하기 위해, 종래의 CCTV 카메라의 출력에 몇 가지 기능을 추가하여 HDcctv Alliance 인증을 위한 HD-SDI 카메라를 구현하였다.

추가된 기능은, HD-SDI 해상도와 프레임 수에 맞는 영상을 만들어 내기 위해서 Scaler 및 Frame Rate Converter 기능과 HDcctv Alliance의 시험 항목 중 하나인 BER 테스트를 위한 스트레스 테스트 패턴 발생기와 원 영상과 스트레스 패턴을 선택적으로 출력해주는 MUX 기능과 데이터 패킷을 만들어 SDI 포맷에 맞게 출력해주는 Serializer 그리고 실제 동축케이블로 전송하기 위한 신호로 변환해주는 케이블 드라이버 등이 추가 되었다.

2.4 HDcctv Compliance 규격 테스트 보고서 (4)15)16)17)18)

HDcctv Alliance 인증을 위한 각각의 시험 항목에 대한 결과는 다음과 같다. 시험 결과 자료는 분석기 화면을

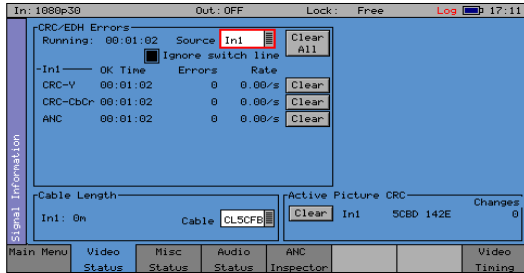


[그림 5] HD-SDI 카메라 시스템 블록도  
[Fig. 5] System block diagram of HD-SDI camera

hardcopy한 사진 자료를 보고서에 첨부하는 형식이므로 여기서는 시험 항목에 대한 사진 자료만을 보이겠다.

• 전송 포트 비디오 포맷 테스트

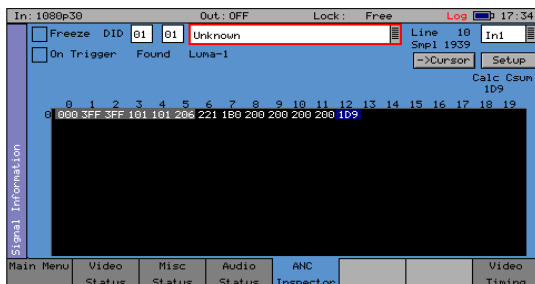
DUT에서 출력되는 영상 포맷이 HDcctv 규격 V1.0의 주사선 요구 조건에 맞는지 시험한다. 지원되는 모든 영상 포맷에 대해서 시험을 해야 한다. 그러나, 여기서는 편의상 1080p30의 포맷만을 시험했다. 그림 6은 입력된 영상의 상태를 보여준다. Y, Cb, Cr 의 CRC가 정상이며, 보조 데이터도 정상임을 보여 준다.



[그림 6] 분석기의 비디오 상태 메뉴  
[Fig. 6] Video status menu of analyzer

• 전송포트 메타데이터 테스트

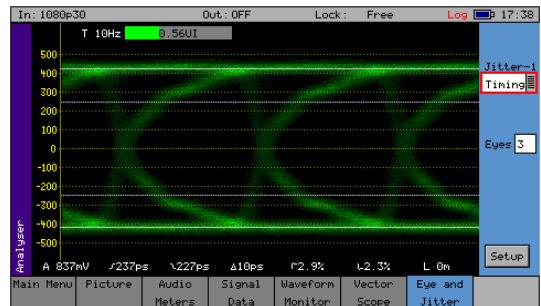
이 시험의 목적은, source DUT에서 출력되는 메타데이터의 포맷과 매핑조건이 HDcctv 규격 V1.0과 일치하는지를 시험한다. 결과 자료로는 분석기 메뉴의 Sig Info->ANC Status 화면을 캡춰해서 첨부한다. 그림 7에 결과 사진을 나타내었다. 스트림 ID를 가지고 있는 보조 데이터 패킷이 정상적임을 보여준다. 즉, 000h, 3FFh, 3FFh 이고 DID가 101h, 키값이 101h, 데이터 수는 206h 임을 보여준다. 그 다음 6워드(각각 10비트 이다)가 스트림 ID이다. 7번째 값 221h는 b9는 b8의 역의 값, b8은 b0~b7까지의 짝수 패리티를 의미한다. 그 다음 8비트값 21h는 1080p의30을 의미한다. 그 다음의 워드도 표준에서 규정한 스트림 ID 포맷과 일치한다.



[그림 7] 분석기의 Sig Info->ANC Inspector 메뉴  
[Fig. 7] Sig. Info->ANC inspector menu of analyzer

• 데이터 Eye Diagram - Low Transition Density Signaling

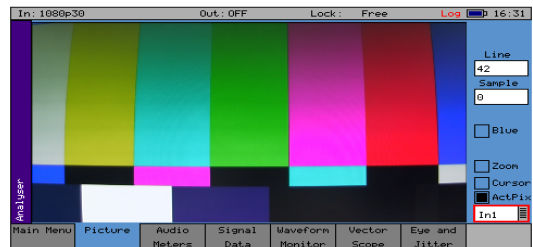
이 시험의 목적은, source DUT에서 출력되는 신호가 low transition density stressed eye signaling의 규격 조건에 맞는지 시험 하는 것이다. 여기서 Source DUT는 pathological test pattern 신호를 출력해야 한다. 결과 자료로는 분석기의 Analyzer -> Eye 화면과 Logging -> Events 화면 그리고 Analyzer -> Picture화면을 캡춰해서 첨부해야 한다. Stress Test Pattern신호가 정상적으로 출력되고, Eye pattern과 지터등이 정상임을 보여 준다. 그림 8에 결과 사진을 나타내었다.



[그림 8] 분석기의 Analyzer->Eye and Jitter 메뉴  
[Fig. 8] Analyzer->Eye and Jitter menu

• High Transition Density Signaling

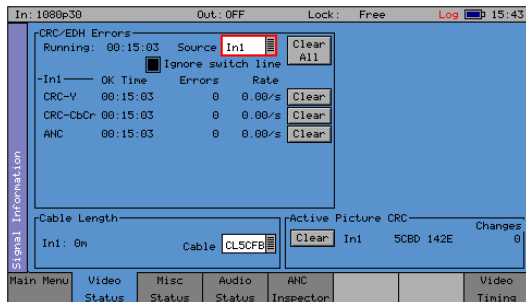
이 시험의 목적은, source DUT에서 출력되는 신호가 high transition density signaling의 specification 조건에 맞는지 시험 하는 것으로 Source DUT는 컬러바 테스트 신호를 출력해야 한다. 결과자료로는 분석기의 Analyzer -> Eye 화면과 Logging -> Events 화면 그리고 Analyzer->Picture화면을 캡춰해서 첨부한다. 테스트 결과 컬러바 테스트 신호가 정상적으로 출력되고, Eye pattern과 지터 등이 정상으로 나타났다. 그림 9에 결과 화면을 나타내었다.



[그림 9] 분석기의 Analyzer->Picture 메뉴  
[Fig. 9] Analyzer->Picture menu

• BER Test

이 시험의 목적은, source DUT에서 출력되는 신호의 전기적 특성을 확인하기 있는 시험으로, 시스템 BER이 10(-12)보다 좋아야 한다. 총 3회 진행 되며, 매회마다 15분을 유지해서 에러가 없어야 한다. 이때 Source DUT는 pathological test pattern 신호를 출력해야 한다. 결과 자료로 분석기의 Sig Info->Video Status 화면을 캡춰해서 첨부한다. 총 3회의 실험에서 에러가 없이 정상적인 동작하고 있었으며, 스트레스 테스트 패턴도 정상 출력되었다. [그림 10]



[그림 10] 분석기의 Sig Info -> Video Status 메뉴  
[Fig. 10] Sig. Info -> Video Status menu

이상의 실험을 통해서 HDcctv 표준 V1.0 에서 규정한, 여러 가지 조건을 만족하는 HD-SDI 카메라 시스템을 구현하였고, 인증을 위한 실험도 결과가 모두 표준에 맞는 정상적인 데이터임을 알 수 있었다.

### 3. 결론

본 연구에서는 HDcctv Alliance 표준 인증을 위한 HD-SDI 카메라 시스템을 개발 하였다. 이를 위해, HDcctv Compliance 테스트 규격 V1.1 에서 규정한 여러 표준을 따랐으며, HDcctv Source Device Compliance Test Specification 과 Physical Interface Compliance test Specification - Transmitter에서 정의한 측정장비와 분석 장치 그리고 테스트 신호 발생기를 사용하여 각각의 표준들에서 정의된 방법에 따라서 시험을 하여, 측정된 데이터가 HDcctv 표준에서 정의한 것과 모두 일치하였다.

즉, Test ID 1-1 - Transmit Port Video Format Test 에서는 1080p30에 해당하는 영상신호를 출력하여 수평/수직 타이밍, 라인 수, 라인 CRC 등 계측기 상의 여러 가지 정보가 표준과 일치한 결과를 얻었다.

Test ID 1-2 - Transmit Port Metadata Test 에서는 스

트림 ID의 포맷이 정의된 표준과 일치하며, S1100 Video Audio Data and Metadata Mapping에서 정의한 방식으로 비디오 데이터 안에 매핑되어 있음을 확인할 수 있었다.

Test ID 1-3 - Data Eye Diagram - Low Transition Density Signaling 시험에서는 신호의 크기가 800mV +/- 10%이고, 오버슈트, 언더슈트가 신호크기의 +/- 10%이내 이어야 하고, 상승/하강 시간도 270ps 보다 빨라야 하고, 상승/하강 시간간의 차이가 100ps 이내이어야 하고 피크 투피크 타이밍 지터 1UI이하이며, 열라인먼트 지터 0.2UI 이내이어야 한다는 CTP1 Eye Diagram 요구조건에 만족하는 파형을 확인하였다.

Test ID 1-4 - Data Eye Diagram - High Transition Density Signaling 시험에서는 컬러바 테스트 패턴을 출력하여 측정한다. 측정 요소는 Test ID 1-3과 동일하다. 실측한 결과가 CTP1 Eye Diagram 요구조건에 만족하는 파형을 확인하였다.

Test ID 1-5 - BER Test 에서는 source DUT 에서 스트레스 테스트 패턴 신호를 발생시키고, 계측기에서 신호를 받아서 비트 에러 레이트를 측정하는 것으로 15분씩 총 3회 실시 하게 된다. 이것의 결과가 10(-12)을 넘지 않으면 정상인데, 시험결과 본 시스템은 에러가 전혀 생기지 않았다.

이상의 결과로 본 연구에서 개발한 HD-SDI 카메라 시스템은 HDcctv Alliance 표준을 따라서 구현된 것으로 향후 HDcctv Alliance에서 규정한 싱크장치와 완전히 호환 가능한 카메라 시스템이라고 말 할 수 있다. 현재, HD-SDI 감시 시스템 장치로는 HD-SDI DVR, SDI 리피터, SDI 컨버터, SDI 스플리터 등이 있는데, 표준을 따르지 않는 제품들의 상호 동작하는데 문제가 생겨서, 관공서 감시 시스템의 경우에는 SMPTE의 표준을 따르는 것을 기본 스펙으로 하고 있다. HDcctv Alliance는 SMPTE의 표준을 포함하고 있기 때문에, HDcctv 표준을 따르는 제품의 경우에는 호환성에 문제가 없게 되는 것이다.

현재, HDcctv 규격은 V1.0이 표준으로 되어있고, V2.0이 준비 중이다. V2.0에서 양방향 통신과 오디오 전송에 대한 표준이 정해진다. 각 버전별 주요 기능은 다음과 같다.

- V2.1 : long reach (300m RG59 transmission), 일반적으로 많이 사용하는 동축케이블로 전송거리를 현재보다 3배 더 멀리 전송하게 하기위한 표준.
- V2.2 : 광 인터페이스에 대한 규정.
- V2.3 : Power of Cable, 동축 케이블내에 영상, 음성, 데이터 뿐만 아니라 전원까지 전송하는 것에 대한 정의.

이상의 HDcctv 표준의 로드맵을 볼 때, V2.0에서 양방향 통신과 오디오에 대한 표준이 정해지는데, 이는 감시 시스템 분야에서 크게 요구되는 사항이므로, V2.0 을 만족하는 시스템 구현도 향후 필요할 것 같다.

아직까지는 HDcctv 표준화를 위한 시스템 개발에 대한 선행 논문을 찾아보기 힘들며 시스템 개발에 어려움이 있었지만, 향후 표준화 시스템 성능 향상을 위한 연구가 필요할 것으로 판단된다.

## References

[1] Kyu-Seok Kim, Cheonseog Kim, Mikyong Ji, WooriCST Inc. Ltd. "Implementation of the Client Viewer Supporting Multiple Channels Using Full HD H.264 Surveillance Cameras" Video Surveillance Platform in Proc. IWSSIP'06, pp.143-146, 2006.

[2] Jongryool Kim, JongWon Kim "A Synchronized Multiplexing Scheme for Multi-view HD Video Transport System over IP Networks" The Korean Society of Broadcast Engineers 13th 2008.

[3] Tae Jin Chung, Won-Hui Lee "H-Band(220~325 GHz) Transmitter and Receiver for an 1.485 Gbit/s Video Signal Transmission" The Korean Institute of Electromagnetic Engineering and Science Vol. 22 2011.

[4] HDcctv Alliance Specification S0001-2009-11, HDcctv Specification V1.0, 2009.

[5] HDcctv Alliance Standard S1001-2009-09, 720 Line Video Image Formats for HDcctv Digital Interface, 2009.

[6] SMPTE RP177-1993 - Derivation of basic Television Color Equations.

[7] SMPTE 296M-2001 - For Television - 1280 x 720 Progressive Image Sample Structure - Analog and Digital Representation and Analog Interface.

[8] SMPTE 125M-1995 - Component Video Signal 4:2:2 - Parallel Interface.

[9] SMPTE 425-2008 - 3GB/s Signal/Data Serial Interface - Source Image Format Mapping

[10] HDcctv Alliance Standard S1002-2009-09, 1080 Line Video Image Formats for HDcctv Digital Interface, 2009.

[11] HDcctv Alliance Standard S2001-2010-09, HDcctv Interface Stream ID, 2010.

[12] HDcctv Alliance Standard S1100-2009-09, Video, Audio, Data and Meta Data-Mapping and Serial Data Format, 2009.

[13] HDcctv Alliance Standard S1200-2009-10, Coaxial Cable Interface, 2009.

[14] HDcctv Alliance Specification EG4000-2011-03, HDcctv Camera Compliance Testing, 2011.

[15] HDcctv Alliance Specification S0002-2011-03, HDcctv Compliance Test Specification V1.1, 2011.

[16] HDcctv Alliance Specification S4000-2010-09, HDcctv Camera Requirements Specification, 2010

[17] HDcctv Alliance Specification S0005-2010-09, HDcctv Source Device Compliance Test Specification, 2010.

[18] HDcctv Alliance Specification S0003-2011-03, Physical Interface Compliance test Specification - Transmitter, 2011.

---

### 한 병 완(Byung-Wan Han)

[정회원]



- 1985년 2월 : 경북대학교 전자공학과 (공학사)
- 1987년 2월 : 연세대학교 전자공학과 (공학석사)
- 2006년 2월 : 연세대학교 정보대학원 (정보학박사)
- 1987년 1월 ~ 1998년 2월 : LG 전자 멀티미디어연구소
- 1998년 3월 ~ 현재 : 동원대학교 컴퓨터애니메이션과 부교수

<관심분야>

멀티미디어네트워크, 3D 애니메이션

---

### 임 성 준(Sung-Jun Lim)

[정회원]



- 1989년 2월 : 고려대학교 전기공학과 (공학사)
- 1991년 2월 : 고려대학교 전기공학과 (공학석사)
- 2007년 2월 : 연세대학교 정보대학원 (정보학박사)
- 1991년 1월 ~ 1999년 2월 : LG 전자 멀티미디어연구소 선임
- 1999년 3월 ~ 현재 : 동원대학교 인터넷정보과 부교수

<관심분야>

멀티미디어 시스템, 웹 프로그램