

<http://dx.doi.org/10.7236/IIBC.2015.15.6.245>

IIBC 2015-6-34

HD-SDI 비디오 신호 전송을 위한 광 비디오 전송 장치 개발

Development of Optical Video Device for HD-SDI Video Signal Transmission

이동렬*

Dong-Real Lee*

요 약 HD-SDI 비디오 신호 전송을 위한 광 비디오 전송 장치를 개발하였다. 광 송수신기는 입력전원 DC 5V로 동작하며, 감시 카메라 주위에 부착 가능하도록 작은 크기로 개발하였다. 광 송수신기는 내부에 별도의 전원 안정화 회로를 내장하여, 출력이 안정된 3.3V 전압을 내부의 다른 전자회로에 공급하도록 하였다. 광 송신기는 케이블드라이버, 레이저 다이오드 드라이버, 레이저 다이오드로 구성되며, 광수신기는 포토다이오드, 리미팅 앰프, 케이블 이퀄라이저로 구성하였다. 광 송신기는 파장 1.3 μ m, 광출력 -5 dBm, 송신속도 1.485Gbps였고, 광 수신기는 수신감도 -23dBm이었다. 이 장치로 HD-SDI 비디오 신호가 광섬유 30km 광섬유 전송 후에도 끊김 없이 전송됨을 확인하였다.

Abstract We have developed an optical video transmission device for HD-SDI signal transmission. The optical transmitter/receiver unit operates at DC 5 volt and small enough to be attached near surveillance camera. They have internal voltage regulating circuits to supply 3.3V to other circuits inside the unit. The optical transmitter is composed of cable driver, laser diode driver, and laser diode. The optical receiver is composed of photodiode, limiting amp, and cable equalizer. The wavelength of the transmitter was 1.3 μ m, and optical power was -5dBm, and the speed was 1.485Gbps. The receiver sensitivity was -23 dBm. We confirmed that the optical device can transmit HD-SDI video through 30 km optical fiber without any interruption.

Key Words : Video, HD-SDI, Optical Fiber, High Definition, CCTV, SMPTE 292M

1. 서 론

최근 들어 각종 디지털 영상기기의 화질이 고 선명도를 지향하고 있다. 전통적인 이전의 영상 기기들이 아날로그 영상에 기반 하였다면, 디지털 기술의 눈부신 발달로, 이제는 휴대폰에서도 고선명도 동영상을 촬영하고 감상 할 수 있는 시대가 되었다. 아날로그 영상은 전송 거리에 따라 화질이 떨어지게 되지만, 디지털 전송은 아날

로그 전송과는 달리, 전송된 신호로부터 원래의 화질을 완전히 복원시킬 수 있다. 따라서 디지털 전송은 비디오 신호를 아날로그 전송보다 더욱 완벽하게 전송하고 복사하며 재생할 수 있다. 소스와 디스플레이간의 디지털 비디오 전송을 위하여 사용되는 신호 포맷 표준에는 DVI, HDMI, Display Port, SDI 등^[1]이 있으며, 각각의 포맷은 나름의 기술적 장점을 가지고 있으나, 그 중 SDI는 장거리 전송에 경제적으로 유리하여 오랫동안 널리 사용되

*정회원, 중부대학교 정보통신학과
접수일자: 2015년 10월 29일, 수정완료: 2015년 11월 27일
게재확정일자: 2015년 12월 11일

Received: 29 October, 2015 / Revised: 27 November, 2015 /
Accepted: 11 December, 2015

*Corresponding Author: drlee@joongbu.ac.kr
Dept. of Information & Communications Engineering, Joongbu University, Korea

어 오고 있다.

SDI는 SMPTE(Society of Motion Picture and Television Engineers)에서 비디오 표준으로 규정하였고 RG59 혹은 RG6 동축케이블로 전송된다. SDI의 전송률은 표 1.에서 보는 바와 같이 270Mbps, 1.485Gbps 그리고 2.97Gbps 등이 있고, HD-SDI와 3G-SDI의 경우에는 전송속도가 높아 최대 전송거리가 100미터(330피트)정도가 된다. SDI(serial digital interface)는 글자 그대로 직렬이고 비디오, 오디오, 메타데이터를 위한 one-way 프로토콜이며 그 외에 시간과 데이터 스탬프 혹은 다른 보조통신들을 위한 규정이 별도로 없다. 그리고 사용 가능한 케이블의 가격이 저렴하며, 접속용 터미네이션이 용이하여 여러 면으로 유리하다는 장점을 가지고 있다. 최근 고해상도 CCTV 카메라가 널리 보급됨에 따라 종전의 낮은 해상도의 아날로그 비디오 포맷을 넘어서 고화질의 HD-SDI(High Definition Serial Digital Interface) 포맷의 적용 사례가 늘고 있다. HD-SDI는 최소 720p(1280 x 720) 이상의 고해상도 영상 구현에 유리하여, 프로 방송국, 방송 촬영 카메라, 녹화 장비, 비디오 프로덕션 장비, 디지털 시네마, 의료 영상, 라이브 밴드, 렌탈 스테이지 등에 적용될 수 있다^[2].

표 1. SMPTE SDI Standard
Table 1. SMPTE SDI Standard

Standard	Name	Data rate	Video format	COAX Distances
SMPTE259M-C	SDI	270Mbps	480i, 576i	300m
SMPTE292M	HD-SDI	1.485Gbps	720p, 1080i, 1080p/30	100m
SMPTE424M	3G-SDI	2.97Gbps	1080p/60, 2k	100m

II. 관련연구

본 장에서는 카메라의 동영상 화질의 저하를 감수하면서, 전체 정보량을 줄여 전송하는 기존의 연구사례를 소개한다.

고선명도 또는 고해상도 영상은 많은 화소를 필요로 하므로, 장거리 전송 또는 영상 저장을 하고자 할 때, 화질의 저하를 감수하면서 압축방식을 많이 사용한다.

2012년 Moon, Lee의 연구에서 부호기에서 비트 전송률을 제한함으로써 통신환경에 부합하도록 비트 전송률

을 일정하게 제어하는 방법을 제안하여 전송률을 제어하고 부호화 성능을 개선하였다^[3]. 제안한 분산 동영상 부호화 시스템은 H.264와 같은 기존의 부호화 방식과 달리 움직임 보상 보간 기법을 이용하여 부가 정보를 생성하고, 이 부가 정보와 원 WZ(Wyner-Ziv) 프레임 간의 차이를 채널 부호를 이용하여 정정한다[4-6]. 채널 부호 복호기에서 제대로 오류 정정이 되지 않으면 피드백 채널을 통해 추가 WZ 비트의 전송을 요청한다. 부호기에서 복호기에 필요한 WZ 비트를 전송함으로써 WZ 프레임에 대한 비트 전송량을 결정짓는다^[4-8].

DCT(Discrete Cosine Transform) 영역에서 불연속 특성을 검출하여 내용기반의 동적 비디오 전송을 위한 트랜스코딩 방법을 적용하였고, 영상물의 시간적인 질을 급격히 떨어뜨리지 않는 범위 내에서 동적으로 전송률을 조절하려면 내용 기반의 트랜스코딩 방법을 적용하여야 하므로, 동영상 전송을 위해 압축된 DCT 영역에서 영상 화질을 결정하는 불연속 특성을 검출한 후, 이에 따라 내용기반 동적 대역폭을 변환하고 조절하는 기법을 제안하였다^[9].

정보은닉을 이용하여 동영상 데이터의 전송 오류를 보정하는 방법은 영상 부호화 과정에서 블록 기반의 DCT 계수와 움직임 벡터에 정보를 은닉하고 나서 수신측에서 이 정보를 추출하여 전송 오류가 발생된 위치를 찾아서 오류를 보정한다. 저전송률 동영상 데이터 전송을 위한 표준인 H.263 동영상 부호화 시스템을 대상으로 정보 은닉과 오류 보정 및 저작권 보호 방법을 제안하였다^[10].

동영상 화질을 유지하기 위해서 제안된 연구의 경우 퍼지 함수와 양자변수의 매크로 블록간의 가중치를 제어하는 방법을 기반으로 설계하였다^[11]. 제안된 방법의 경우 H.263을 30Kbps 이하에서 실험하였으며, 프레임간의 적정화질 유지에 초점을 맞춘 방법으로 시공간적 퍼지값도를 조절하는 방법을 사용하였다. 최종적으로는 화질유지를 위한 목표 비트율에 적절한 화질을 유지하도록 하였다.

III. 비 압축 동영상 전송 기술

앞장에서 살펴 본 방법들은, 전송되는 데이터량을 압축시키는 방법을 사용하므로, 원래 화질의 저하는 불가

피하다. 실제로 카메라에서 출력되는 HD 신호는 병렬 에이터로 출력되는데, 이를 원거리에 화질의 저하없이 전송하기 위해서는 시리얼 데이터로 바꾸어 보내게 된다. SDI는 SMPTE에 의하여 제정된 디지털 비디오 연결 표준들을 말한다. 통상 HD-SDI(high definition serial digital interface)는 SMPTE 292M에 의거한 비디오 포맷 720p와 1080i를 지원하는 data 속도 1.485 Gbit/sec 표준을 의미한다. 또한 최근에는 SMPTE 424M에 의하여 1080p 비디오 포맷을 지원하는 2.970Gbit/sec 속도의 SMPTE 424M도 표준화 되었다. 고품질용 SDI 신호를 전달하기 위해서는 통상 동축 케이블이 사용되었으며, 일반 HD-SDI 신호는 약 100 meter정도가 전송 한계이다. 그러나 디지털 사이니지(digital signage) 시장이나, CCTV 시장에서는 많은 경우에 이러한 전송거리보다 더 멀리 보내는 것이 요구된다. 이러한 사용상의 어려움과 거리제한을 극복하는 방법은 SDI 신호를 광으로 변환하여 광케이블을 사용하여 보내는 것이다. 광을 사용할 경우 HD 신호는 약 30km 이상 증계기 없이 전송할 수 있다. 아래의 그림1.은 광을 이용한 신호 전달 체계를 보여 준다.

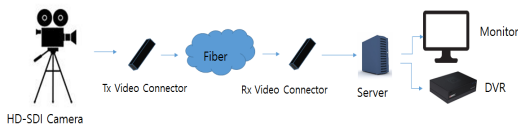


그림 1. HD-SDI 영상 전송 개념도
 Fig. 1. Conceptual diagram of HD-SDI video

그러나 일반적인 데이터 전송에 사용하는 데이터 전송용 광 트랜시버를 사용하여서는 비디오 신호를 제대로 보낼 수 없다. 일반적인 데이터의 전송의 경우에는 10비트 이하의 시리얼 데이터를 사용하지만, HD-SDI 신호의 경우에는 20비트 시리얼 데이터가 되어, 일반 데이터용 광 트랜시버를 사용하여 HD 신호를 전송하고자 할 경우, 비디오 신호가 전송되지 않거나, 전송되더라도 화면의 끊김 현상이 발생한다.

본 논문에서는 HD-SDI 신호를 화질의 저하 없이 장거리 전송을 가능하게 하는 광 송수신기를 개발하고자 한다.

IV. 실험 및 결과

1. 광 비디오 전달 체계

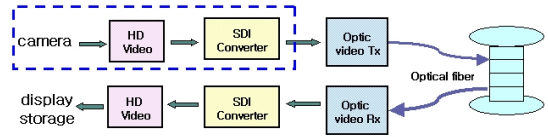


그림 2. HD-SDI 비디오 신호 전달도
 Fig. 2. Transmission diagram of HD-SDI video signal

그림 2는 전체적인 HD-SDI 비디오 신호 전달 과정을 보여 준다. HD 카메라로 촬영되는 HD 영상신호(parallel data)는 SDI 변환기를 거쳐서 HD-SDI 신호(serial data)로 변환된다. 이 직렬화된 전기적 영상 신호를 광 송신기(Tx)를 거치면 광학적인 SDI 신호가 된다. 이 광 SDI 신호는 광케이블을 거쳐서 먼 곳으로 전송된 후에, 광 수신기(Rx)를 거치면 다시 전기적 HD-SDI 신호로 복원된다. 복원된 전기적 HD-SDI 신호(serial data)는 다시 SDI-역변환기를 거쳐 원래의 영상신호(parallel data)로 복원되어 화면표시 장치로 영상을 보여주거나, 별도의 저장 매체에 저장되게 된다.

2. 광 비디오 송수신기 회로 블록도

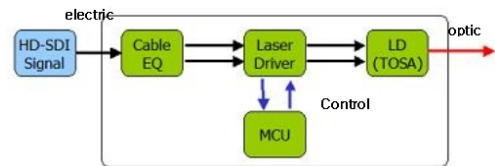


그림 3. 광 비디오 송신기(Tx) 블록도
 Fig. 3. Optical video transmitter bloc diagram.

광 비디오 송신기(Tx)의 내부 구조는 그림 3과 같다. 먼저 HD 카메라로 출력되는 HD-SDI 신호는, 동축케이블로 전달되는 과정에 형성되었을 수도 있는 신호의 왜곡을, 케이블 이퀄라이저(cable equalizer) 칩을 통하여 보정되고, 이 보정된 신호는 레이저다이오드 구동 칩에 입력되게 된다. 이 레이저 다이오드 구동 칩은, 레이저 다이오드를 전류로 구동하여, 광 변환된 HD-SDI 신호를 생성하게 된다.

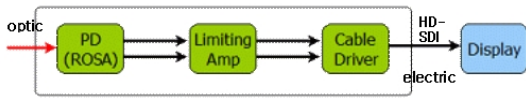


그림 4. 광 비디오 수신기(Rx) 회로 블록도
Fig. 4. Optical video receiver bloc diagram.

광 비디오 수신기(Rx)의 내부 구조는 그림 4와 같다. 광섬유를 거쳐서 광 Rx로 입력된 광 SDI 신호는 고속 포토다이오드(PD)에 의하여 전기적 신호로 변환된다. 이 전기 신호는 리미팅 앰프(limiting amp) 칩을 거치면서 인식 가능한 전기적 디지털 신호로 변환된다. 이 신호는 케이블 드라이버(cable driver) 칩에 의하여 원래의 HD-SDI 신호로 복원되어, 영상표시 장치 또는 영상 저장 장치로 보내지게 된다.

3. 광 비디오 송수신기 제작

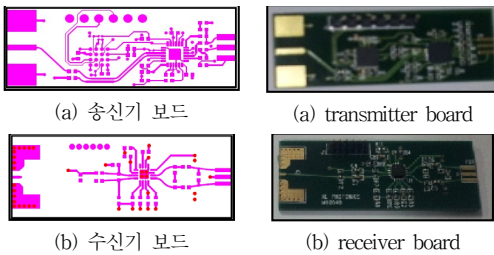


그림 5. 광 비디오 송수신기 보드
Fig. 5. optical video transmitter & receiver board

그림 5는 제작된 광 비디오 송신기 및 수신기의 회로도면 전면과 제작된 PCB를 보여준다. 레이저 다이오드 구동 칩으로는, 4Gbps까지 구동이 가능한 Maxim사의 3738 IC가 사용되었고, 리미팅 앰프로는 Maxim사의 3747 IC가 사용되었으며, 케이블 이퀄라이저 및 케이블 드라이버로는 TI사의 LMH0344 및 LMH0302를 사용하였다.

4. 측정 및 결과

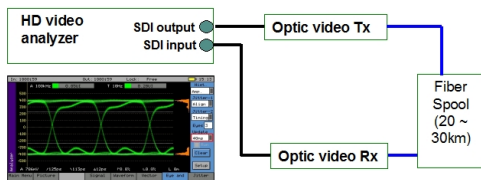


그림 6. 전체 측정 구성도
Fig. 6. Overall measurement diagram

그림 6.는 제작된 광 비디오 송수신기의 특성을 측정하기 위한 실험 구성도를 보여준다. HD 비디오 분석기(video analyzer) (Phabrix사 SE series)는 HD 신호를 발생시키며, 다른 한편으로는 전송되어 돌아오는 신호를 원래신호와 비교하여 신호의 에러 발생여부를 측정하게 된다. HD 비디오 분석기에서 발생된 HD-SDI 신호는, 광 비디오 송신기를 거쳐 20 ~ 30km의 광섬유로 전송된 후, 광 비디오 수신기를 통과하여 HD-SDI 신호를 복원되어 분석기로 입력되며, 이 신호는 원래의 신호와 비교되어, 전송과정에서의 에러 여부를 측정하게 된다. HD 비디오 분석기의 아래 부분에, 생성되는 HD-SDI 신호의 파형을 보였다.

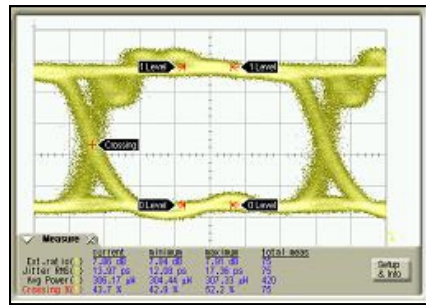


그림 7. 광 비디오 송신기의 광 아이 패턴
Fig. 7. Eye pattern of optical video transmitter

그림 7.은 광 비디오 송신기의 광출력의 아이패턴(eye pattern)이다. 사용된 레이저 다이오드의 파장은 1.3 um 였고, 측정 결과 광 출력은 -5dBm, 소광비(extinction ratio)는 8dB 이상이었고, 전송 속도는 HD-SDI의 신호의 SMPTE 표준 전송 속도인 1.485 Gbps였다.

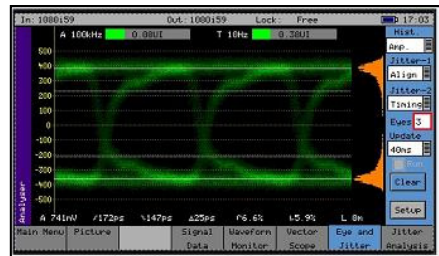


그림 8. 광 비디오 수신기의 검출 파형
Fig. 8. Detected waveform of the optical video receiver

그림 8.은 30 km의 광섬유를 통과하여 전달된 광신호를, 광 비디오 수신기가 복원한 신호의 파형이다. 측정 결

과 수신 감도는 -23 dBm을 나타냈다. 이 수신 감도 -23 dBm 까지 HD 동영상의 끊김 없이 잘 전송됨을 확인하였다.

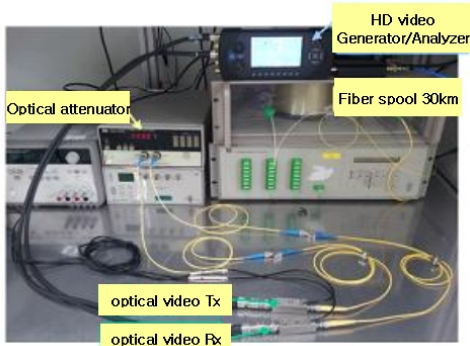


그림 9. 실제 측정 실험 장치
Fig. 9. Actual measurement setup

그림 9.는 실제 실험 측정 setup을 보여주고 있다.

V. 결론

1080i 및 720p급 HD 신호의 SMPTE 표준규격인, SMPTE-292M HD-SDI 신호를 광으로 전송할 수 있는 광 비디오 송신기 및 수신기를 제작하여 전송 실험을 하였다. 광원으로는 광섬유의 분산이 없어 가장 신호를 잘 전달할 수 있는 1.3 μm 파장의 레이저 다이오드를 사용하였고, 광 송신 출력 -5dBm, 소광비 8dB, 전송 속도 1.485 Gbps였다. 광 비디오 수신기의 경우 수신감도 -23dBm에서도 HD동영상의 끊김없이 전송됨을 확인하였다. 광 비디오 송신기 및 수신기에는 각각 cable equalizer 및 cable driver를 내장하도록 하여, 1080p급 동영상이 안정적으로 전송되도록 하였다. 광 비디오 전송은 30km 광섬유 spool을 사용하여 확인하였고, 현재의 광 송신기 출력과 수신기 감도를 고려하면, 전체 다이내믹 레인지는 18 dB가 되어, 파장 1.3 μm 에서의 km당 광손실 0.35dB를 고려하면, 약 50km 까지도 전송가능 하다. 이 연구는 향후 패소로지컬 패턴(pathological pattern) 전송은 물론, 방송용 3G-SDI 신호를 광으로 전송하는 연구로 발전시킬 예정이다.

References

- [1] <https://en.wikipedia.org/wiki/HDMI>
https://en.wikipedia.org/wiki/Digital_Visual_Interface
<https://en.wikipedia.org/wiki/DisplayPort>
https://en.wikipedia.org/wiki/Serial_digital_interface
- [2] <http://www.canare.co.kr/solution/bbs/smboard.asp?bGroup=1&bid=ha06&mode=view&idx=496>
- [3] Hak-Soo Moon, Chang-Woo Lee, "Rate-Distortion Control Method of Distributed Video Coding System," The Journal of Korea Information and Communications Society, vol. 37A, no. 11, pp. 0952-0960, Nov. 2012.
- [4] B. Girod, A. Aaron, S. Rane, and D. Rebollo-Monedero, "Distributed Video Coding," Proc. IEEE, vol. 93, no. 1, pp. 71-83, Jan. 2005
- [5] A. Aron. S. Rane, E. Setton and B. Girod, "Transform-domain Wyner-Ziv Codec for Video," in Proc. SPIE Visual Communications and Image Processing, pp. 520-528, San jose, CA, jan. 2004
- [6] M. Jakubowski, J. Ascenso, g. Pastuszak, "Constant Bitrate Control, for a Distributed Video Coding System." in SIGMAP 2008, pp. 131-138, Jul. 2008
- [7] C. Berrou, A. Glacieux, "Near Optimum error correcting coding and decoding: Turbo-codes," IEEE Trans. on Comm., vol. 44, pp. 1261-1271, Oct. 1996.
- [8] C. Brites and F. Pereira, "Probability Updating for Decoder and Encoder Rate Control Turbo Based Wyner-Ziv Video Coding," IEEE ICIP, Hong Kong, Sep. 2010.
- [9] Tae Yong Kim, Jong Soo Choi, "Content-based Dynamic bandwidth Control for Video Transmission." The Journal of KIISE series-B, vol. 31, no 07, pp. 0901-0910, Jul. 2004.
- [10] Changseok Bae, Yoonsik Choe, "Error Resilient Scheme in Video Data Transmission using Information Hiding," The Journal of KIPS series-B, vol. 10-B, no. 02, pp. 0189-0169, Apr. 2003.

[11] Keun-Ho Yang, "Fuzzy Quantization and Control for Very Low Bit-rate Video Coder," The Journal of Korea Institute of Information and Communication Engineering, vol. 07, no. 08, pp. 1684-1690, Dec. 2003.

저자 소개

이 동 렬(정회원)



• 1995.3 ~ 현재 : 중부대학교 정보통신학과 교수
<주관심분야 : 광통신, 무선통신, 소프트웨어공학, 데이터베이스, 사물인터넷>