케이블 길이에 따른 SDI 신호의 입력 감도 성능 비교

이재일‡ , 권동현, 정인명

한국정보통신기술협회

prolee@tta.or.kr‡

Performance comparison of SDI input sensitivity for the cable length

Jaeil Lee, Donghyun Kwon, Inmyoung Jeong

TTA(Telecommunications Technology Association)

요약

본 논문에서는 A/V라우터, SDI to HDMI 비압축신호변환기 등 방송장비에서 주로 사용되는 SDI(Serial Digital Interface) 신호의 입력감도 특성이 케이블 길이에 따라 특성이 어떻게 변화되는가를 분석하기 위해 케이블 길이에 따른 신호의 특성을 분석하였다. 특성의 확인을 위해 ITU 및 SMPTE 표준에서 규정하는 Rise/Fall Time, Timing/Alignment Jitter 값과 PSNR 값을 활용하였다. 본 논문은 전송률에 따른 케이블 길이 변화를 비교 시험하여 방송장비 제조사에서 권고하는 케이블 길이에 대한 신뢰도 확인 및 실 사용 환경에서의 케이블 길이 고려 등을 위해 필요한 데이터를 추출하였으며, 향후 시험규격개발에 중요한 자료로 활용될 것으로 기대된다.

1. 서론

국내 방송장비 산업활성화를 위해 2010년부터 TTA에서는 방송장비시험인증센터를 개소하여 방송장비 제조사에 시험인증서비스를 제공하고 있다. 방송장비시험인증센터에서는 방송장비 제조업체가 우수한 방송장비를 개발할 수 있도록 적극 지원함과 동시에 방송장비에 대한 신뢰성과 안정성을 확보할 수 있도록 인증 체계를 구축하여 제품의 고품질화를 지원하고 있다.

방송장비시험인증센터에서는 매년 “방송장비 시험인증 기술협의회”를 개최하여 인증대상 방송장비를 선정하고 있으며 2010년에 9종, 2011년에 6종, 2012년도에 7종을 선정하여 각 장비별 시험규격과 시험환경 구축, 시험인증 서비스를 제공하고 있으며 2013년에는 6종을 선정하여 시험규격과 시험환경 구축, 시험인증서비스를 준비 중에 있다.

이러한 방송장비들의 대부분은 영상/음성을 전달하기 위해 현재 동축케이블 또는 광케이블 등을 이용해 신호를 전송하고 있으며, 스튜디오 내 베이스밴드 비디오/오디오 신호전달은 동축케이블을 사용하는 SDI(Serial Digital Interface) 신호를 주로 이용하고 있다.

SDI 신호 중 HD-SDI(High Definition-Serial Digital Interface) 신호는 SMPTE 292-1에서 규정하고 있고 3G-SDI 신호는 SMPTE 424에서 규정하고 있다[1][2].

인증대상 방송장비 중 A/V라우터 및 SDI to HDMI 비압축신호변환기의 경우 입력 감도를 확인하기 위한 시험항목을 두고 있다. 그러나 실제 입력 감도를 확인할 수 있는 방법은 입력신호 감도를 약하게 해 확인해야 하는데 동축케이블 신호를 감소할 마땅한 방법이 없는 관계로 케이블 길이에 따른 입력 신호 감쇄효과를 이용해 입력 감도를 확인하고 있다. 동축케이블의 길이가 길어 질 때 고주파수에서 전송손실이 초래되고 있고 이를 위해 방송장비 제조사에서는 장비 별 특성에 따라 케이블 길이를 권고하고 있다.

본 논문에서는 인증대상 방송장비 중 A/V라우터와 SDI to HDMI 비압축신호변환기의 TTA Verified 인증기준 항목 중 입력감도 특성 항목에 대해 케이블 제조사에서 권고하는 케이블 길이의 적정성을 분석하였다[3][4].

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서는 A/V라우터 TTA Verified 인증기준과 SDI to HDMI 비압축신호변환기 인증기준에 대하여 간략히 소개하고 3절에서는 비교 평가 방법에 대하여 살펴 본 후, 4절에서는 비교 평가 결과를 소개한다. 마지막으로 5절에서 본 논문의 결론을 맺는다.

2. A/V라우터 및 SDI to HDMI 비압축 신호변환기 TTA Verified 인증기준

TTA 내 방송장비시험인증센터에서는 A/V 라우터 및 SDI to HDMI 비압축신호변환기 시험규격개발을 위해 학계, 방송사, 제조사의 전문가들로 구성된 “시험규격개발위원회”를 구성하여 각각 5회의 시험규격개발위원회를 개최하여 시험규격과 시험절차를 마련하였다.

시험규격개발위원회 회의를 통해 방송사는 사용자 입장에서 필요한 기능 및 요구사항을 제안하였고 , 제조사는 사용자가 요구하는 기능에 대해 기술적 구현 가능성 여부를 설명하고, 학계에서는 기술적인 측

[표 1] A/V라우터 및 SDI to HDMI 비압축신호변환기 시험 항목

구분	대항목	중항목	시험내용
공통	입/출력 인터페이스	SD/HD/3G-SDI	Rise/Fall time, Jitter, Cable EQ, Return Loss등 인터페이스의 특성 확인
		Audio	Embedded Audio 및 AES/EBU Audio 특성시험
	해상도	HD	1080i/720p/1080p등 화면 해상도 시험
		SD	480i등 화면 해상도 시험
	환경시험	온습도 시험	온습도 변화 시 동작 시험
		장시간 시험	장시간 동작을 통한 안전성 시험
A/V라우터	입출력 인터페이스	REF IN	Black-Burst/Tri-Level/DARS 확인시험
		원격제어	Ethernet등으로 원격제어 가능 확인 시험
	일반요구사항	seamless	화면이 끊김없이 변환하는지 확인시험
		bypass	전원이 Off 상태에서 영상 bypass 기능 확인
		Hot swapping	여러개의 Slot이 있을때 전원 On 상태에서 Slot 교체 가능 여부
		기타	이중전원, 입력전원등 확인
SDI to HDMI 비압축신호변환기	프로토콜	Legal Code	HDMI Code의 정보를 포함하여 출력하는지 확인

면과 사용자 요구사항에 대해 절충 방안을 제시하였다.

A/V라우터의 시험 항목은 입/출력 인터페이스, 해상도, 일반요구사항, 컨트롤, 환경시험 등 5개의 대항목으로 분류하였고 SDI to HDMI 비압축신호변환기의 시험 항목은 입/출력 인터페이스, 해상도, 환경시험, 프로토콜 등 4개의 대항목으로 분류하였다.

본 논문에서 성능비교를 위한 SDI 신호 입력감도 특성 시험 항목은 A/V라우터 및 SDI to HDMI 비압축신호변환기 TTA Verified 인증기준의 입출력 인터페이스 항목의 Cable EQ(Equalization)에 해당된다.

본 논문에서 적용하게 될 Cable EQ에 대한 인증기준은 전송률 1.485 Gbit/s에 대한 케이블 길이는 100 m, 전송률 2.97 Gbit/s에 대한 케이블 길이는 70 m로 정하였다. 각각의 분야별 시험항목과 시험내용에 대한 개괄적인 요약은 [표 1]에 정리하였다.

3. 비교 평가 방법

본 논문에서는 출력 영상의 화질평가 방법 중 PSNR(Peak Signal to Noise)을 이용하여 입력 감도에 따른 케이블 길이에 대해 성능을 비교 시험 하고 SMPTE 292-1과 SMPTE 424표준에서 정한 SDI 신호특성의 여러 평가 기준 중 Rise/Fall time, Timing/Alignment Jitter를 이용하여 케이블 길이 별 신호특성을 비교해 보려 한다. 이에 앞서, 본 논문에서 고려하고 있는 비교시험 환경은 [그림 1]과 [그림2]와 같다.

[그림 1] PSNR을 이용한 케이블 길이 별 비교시험 환경

[그림 1]에서 보듯이 케이블 길이에 따라 화질이 변화되는 가를 확인하기 위해 PSNR을 측정하였다. 측정 방법은 계측기 제조사에서 제공한 기준영상을 전송률 1.485 Gbit/s로 시험대상장비의 HD-SDI로 케이블 길이별로 입력하고 출력되는 영상을 다시 PSNR/지연시간 분석기에 입력하여 원본과 비교 분석하였다.

[그림 2] Rise/Fall Time과 Jitter값을 이용한 케이블 길이 별 비교시험 환경

또한 [그림 2]에서 보듯이 케이블 길이에 따라 SDI 특성이 변화되는가를 확인하기 위해 SDI 신호분석기를 이용하였다. 측정 방법은 표준신호발생기에서 2.97 Gbit/s에 해당하는 신호를 HD-SDI로 시험대상장비에 케이블 길이 별로 입력하고 출력을 SDI 신호분석기에 입력하여 SDI 특성 기준에 따른 길이를 확인한다.

표준신호발생기에서 출력되는 2.97 Gbit/s에서의 영상은 1080 59.94p 4:2:2 10bit 100% ColorBar를 사용하였다

각 전송률에 따른 SDI 신호특성 기준은 아래 [표 2]와 같다.

[표 2] SDI 신호특성

	STD	ITU-R BT 1120-7	SMPTE ST292-1
HD (1.485Gbit/s)	Rise/Fall time	≤ 270ps	≤ 270ps
	△Rise/Fall time	≤ 100ps	≤ 100ps
	Timeing Jitter	< 1UI[[>10Hz]	< 1UI[[>10Hz]
	Alignment Jitter	< 0.2UI [0.1MHz]	< 0.2UI [0.1MHz]
	STD	ITU-R BT.1120-7	SMPTE ST 424
HD (2.97Gbit/s)	Rise/Fall time	≤ 270ps	≤ 135ps
	△Rise/Fall time	≤ 100ps	≤ 50ps
	Timeing Jitter	< 1UI[[>10Hz]	< 2UI[[>10Hz]
	Alignment Jitter	< 0.2UI [0.1MHz]	< 0.3UI [0.1MHz]

본 논문에서는 실제 케이블 길이에 따른 SDI 특성값 및 PSNR 수

치로 화질 변화에 따라 비교 시험하고 있지만 EBU Technical Report 002-V1.0에서는 2.97 Gbit/s의 1/2 클럭 주파수에서 전송 손실이 30 dB이하를 요구하고 있다. 동축케이블은 주파수가 높아짐에 따라 신호 손실이 발생한다.

손실곡선은 아래 식 (1)에 의해 근접하게 된다.

$$L = A + C_f + B\sqrt{f} \qquad (1)$$

L은 케이블 길이에 따른 손실 dB이며 f는 주파수를 나타낸다. 또한 A, B 그리고 C는 케이블 타입과 길이에 따른 상수를 나타낸다. 일반적으로 A와 C 구성요소는 주파수의 제곱근에 비례해 케이블 손실의 일반적인 근사치의 결과로 무시된다. 예를 들면, Belden 1694A 케이블의 경우는 1.5 Gbit/s에서 100 m당 26 dB의 전송손실을 가지고 온다. 이 정도의 손실량이면 SDI로 영상을 전송하는데 문제가 없다[5].

본 논문에의 비교 시험에 사용되는 케이블 또한 Belden 1694A로 한정한다.

4. 비교 시험 결과

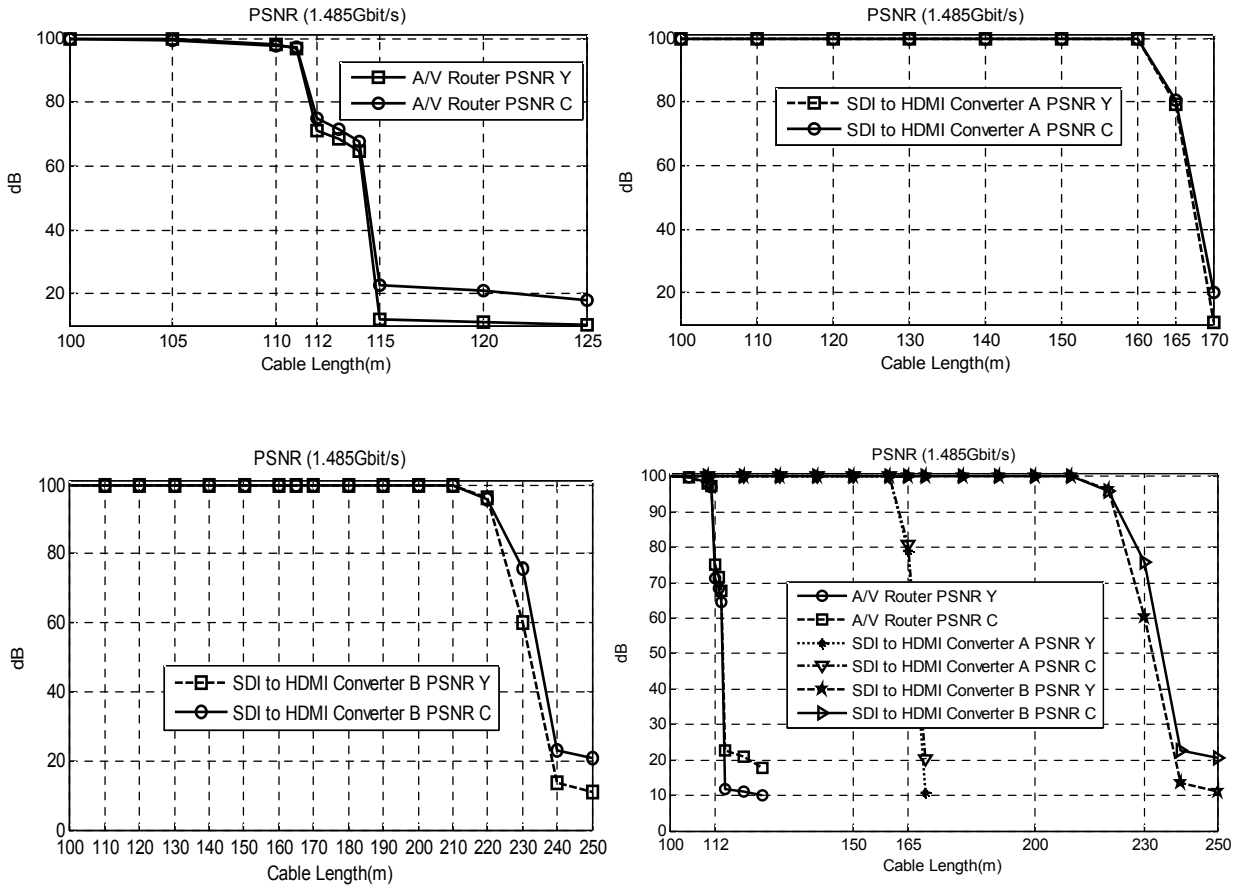
본 절에서는 A/V 라우터, SDI to HDMI Converter A, B 등 3개의 제품에 대해 전송률 1.485 Gbit/s와 2.97 Gbit/s에서 케이블 길이에 따른 PSNR과 Rise/Fall Time, Timing/Alignment Jitter값을 측정하여 비교하였다.

PSNR을 측정하기 위한 장비는 Omnitek에서 개발한 PQA(Picture Quality Assessment)를 이용하였고, Rise/Fall Time 및 Jitter를 측정하기 위해 Tektronix의 WaveForm Monitor WFM8300을 이용하였다.

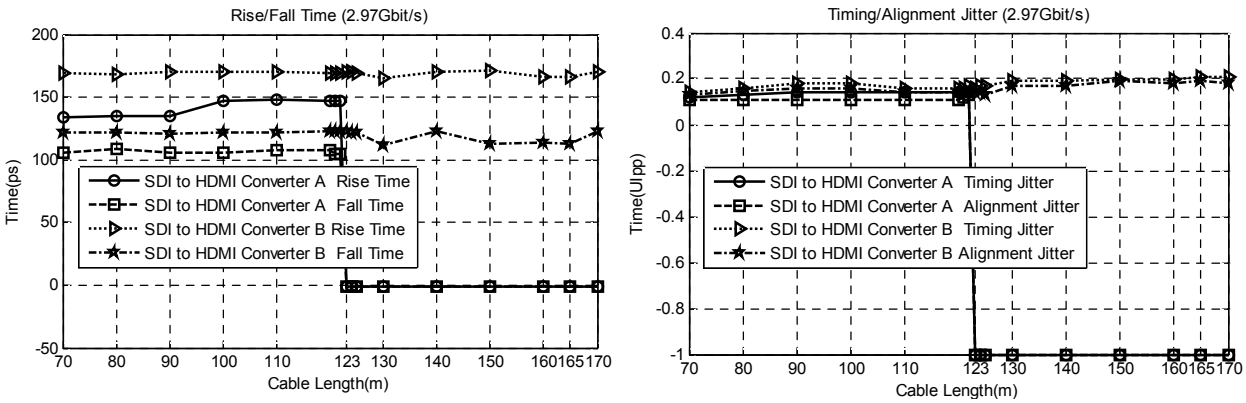
[그림 2]는 전송률 1.485 Gbit/s에서 A/V라우터, SDI to HDMI Converter A,B의 기준영상에 따른 PSNR을 케이블 길이에 따라 휘도(Y)와 색도(C)로 나누어 보여주고 있다. [그림 2]에서 보듯이 A/V라우터의 경우 110 m까지 PSNR 값이 거의 95 dB 이상으로 영상이 정상적으로 보이고 112 m에서 PSNR 값이 70~75 dB로 영상이 약간씩 깨짐을 확인하였다. 그리고 SDI to HDMI Converter A는 160 m까지 100 dB로 영상이 깨짐없이 정상적으로 보이고 165 m 지점에서 PSNR값이 79~80 dB로 화면이 조금씩 깨짐을 확인하였다.

마지막으로 SDI to HDMI Converter B의 경우 220 m까지 영상이 정상적으로 보이고 230 m에서 PSNR값이 60~75 dB로 영상이 깨짐을 확인하였다. 이렇게 각 제품마다 영상전송에 있어 안정적인 화면을 보이는 케이블 길이가 제품의 특성에 따라 다름을 볼 수 있다.

[그림 3]은 전송률 2.97 Gbit/s에서 SDI to HDMI Converter A, B의 Rise/Fall Time, Timing/Alignment Jitter를 측정하여 케이블 길이에 따른 변화를 보여주고 있다. SDI to HDMI TTA Verified 인증 기준에서 Rise/Fall Time의 기준은 135 ps이하인데 SDI to HDMI Converter A는 케이블 길이 90 m까지는 기준에 만족하나 100 m부터



[그림 3] A/V라우터, SDI to HDMI Converter A,B의 1.485 Gbit/s에서 케이블 길이 별 PSNR 성능 결과



[그림 4] SDI to HDMI Converter A,B의 2.97 Gbit/s에서 케이블 길이 별 Rise/Fall Time, Jitter 성능 결과

기준에 만족하지 못하고 있다. 또한 SDI to HDMI Converter B는 케이블 길이 70 m에서도 기준을 만족 못하고 있다. 하지만 SDI to HDMI Converter A의 경우 Rise/Fall Time이 케이블 길이 122 m까지 영상이 정상적이나 케이블 길이 123 m 이상에서는 정상적인 디스플레이가 이루어지지 않았고 SDI to HDMI Converter B의 경우 165 m에서 영상이 깨짐을 확인하였다.

전반적으로 각 제품군의 케이블 길이 별 성능을 살펴보면 SDI to HDMI Converter B가 다른 A/V라우터, SDI to HDMI Converter A에 비해 케이블 길이 별 성능이 우수함을 확인할 수 있다. 다만, 제품군에 따라 케이블 길이가 차이나는 경우는 제품의 특성에 따라 달라 질 수도 있다.

보다 더 정확한 각 전송률에 따른 케이블 길이의 기준을 정하기 위해서는 다양한 제품군에 대한 추후 시험이 필요 하다.

5. 결론

본 논문에서는 A/V라우터, SDI to HDMI 비압축신호변환기 등 방송장비에서 주로 사용되는 SDI 신호의 입력감도 특성이 케이블 길이에 따라 특성이 어떻게 변화되는가를 분석하기 위해 국내외 제조사의 A/V라우터, SDI to HDMI Converter의 케이블 길이를 늘리면서 PSNR과 Rise/Fall Time, Timing/Alignment Jitter를 비교 분석하였다.

비교시험 결과 전송률에 따른 인증기준에서 제시한 케이블 길이보다 적게는 30 m에서 최고 130 m까지 연장하여도 제품 특성에 따라 영상이 정상적으로 전송됨을 확인하였다.

본 논문은 전송률에 따른 케이블 길이 변화를 비교 시험한 것으로 방송장비 제조사에서 권고하는 케이블 길이에 대한 신뢰도 확인 및 실 사용 환경에서의 고려 등을 위해 케이블 길이 별 데이터를 추출하였으며, 시험대상 장비별로 감도특성이 달라 케이블 길이에 따른 SDI 입력 감도에 대한 보다 심도 깊은 연구가 추가로 필요할 것으로 본다.

<감사의 글>

본 연구는 미래창조과학부의 “차세대 방송장비 인증 인프라 조성” 과제의 연구결과로 수행되었습니다.

참고문헌

[1] SMPTE 292-1, "The 1.5 Gbit/s Signal/Data Serial Interface", 2012

[2] SMPTE 424, "3 Gbit/s Signal/Data Serial Interface", 2006

[3] TTA, "TCB-0032(00), A/V라우터 TTA Verified 인증기준“, Oct. 2011

[4] TTA, "TCB-0038(00), SDI to HDMI 비압축신호변환기 TTA Verified 인증기준“, Sep. 2012

[5] EBU Technical Report 002, "Advice on the use of 3 Gbit/s HD-SDI interfaces", July. 2011