

고속 신호 전송을 위한 케이블 미디엄 성능 비교

김영우^{*,**}, 권원욱^{*,**}, 권혁제^{*}, 박찬호^{*}, 오명훈^{*,**}

^{*}한국전자통신연구원 클라우드컴퓨팅연구그룹

^{**}과학기술연합대학원대학교 컴퓨터소프트웨어 전공

e-mail:bartmann@etri.re.kr

A Preliminary Comparison of Cable Mediums for High-Speed Signal Transmission

Young woo Kim^{*,**}, Wonok Kwon^{*,**}, Hyukje Kwon^{*}, Chanho Park^{*}.

Myeong-Hoon Oh^{*,**},

^{*}Cloud Computing Research Group, ETRI

^{**}Dept. of Computer S/W, Univ. of Science & Technology

요 약

컴퓨팅 시스템의 고속화와 더불어 시스템, 서버의 내외부에서 다양한 미디엄에 기반 한 고속 신호 연결의 필요성이 증대되고 있다. Gbps 급 이상의 전송속도를 요하는 시스템 네트워크, 서버 시스템 버스 등의 활용에 있어서, 구리선 기반의 고속 케이블 미디엄이 널리 사용되고 있으며, 이들 케이블 미디엄의 속도는 점차 향상하고 있는 추세이다.

본 논문에서는, Gbps급의 고속 시스템 버스에 대한 케이블 미디엄 기반의 신호 송수신 실험을 통하여, 고속 신호전송에 사용 가능한 케이블 미디엄의 신호 특성 및 성능을 비교 분석 한다. Gbps급 전송의 실험을 위하여 차동 신호 당 10 Gbps급 이상의 전송속도를 가지는 microQSFP, Mini SAS HD, Passive Copper 케이블 미디엄을 사용하는 HW를 제작하여 실험하였다. 제작된 HD를 기반으로 8Gbps급 고속 신호의 병렬 전송 실험을 통하여 케이블 미디엄의 성능을 평가 하였다. 평가 결과, Passive Copper 케이블을 포함하여 모든 케이블 미디엄이 8Gbps 이상의 고속 전송에 적합함을 확인하였다.

1. 서론

컴퓨팅 시스템은 이전의 단순한 서버-클라이언트 모델 기반 시스템에서 클라우드 컴퓨팅 시스템으로 진화함에 따라, 시스템 규모의 대규모화, 시스템 연결망의 고속화로 진화해 왔다. 시스템 연결망의 대규모화, 고속화는 시스템, 서버 내외부에서 다양한 미디엄에 기반 한 고속 신호 연결을 필요로 하고 있다. 특히 Gbps 급 이상의 전송속도를 요하는 시스템 네트워크, 서버 시스템 버스 등의 활용에 있어서, 구리선 기반의 고속 케이블 미디엄이 널리 사용되고 있으며, 이들 케이블 미디엄의 속도는 점차 향상하고 있는 추세이다.

본 논문에서는 컴퓨팅 서버 및 시스템 연결망/네트워크에 있어서, 서버의 고속 신호를 확장하는 하드웨어 시스템의 개발에 있어서 최적의 케이블 미디엄을 선택하기 위하여, 다양한 규격의 케이블 미디엄을 사용하여 연결망/네트워크 구성에 적합한 Gbps급의 케이블 미디엄의 신호 특성 및 성능을 비교 분석한다. 본 논문에서는 새로운 모듈형 케이블 미디엄 규격인 microQSFP[1]와 기존의 Mini SAS HD[2], 그리고 Passive Copper 케이블 미디엄[3]을 사용한 하드웨어를 제작하고 성능을 평가한다.

2. 고속 신호 전송 케이블 미디엄

Gbps 이상의 고속 신호를 컴퓨터, 서버의 외부로 전달

하기 위하여 일반적으로 신호 인터페이스 하드웨어, 이에 장착된 케이블 어셈블리 모듈 및 케이블 어셈블리를 사용한다. 고속 신호를 외부로 전달하기 위해 널리 사용되는 케이블 어셈블리와 규격은 다음의 (표 1)과 같다.

<표 1> 고속 신호를 위한 케이블 어셈블리 규격[1], [2], [4]

케이블 어셈블리	차동 신호 당 성능 (Gbps)	차동 신호 수/ 모듈 성능 (Gbps)
SFP	1	1 / 1
SFP+	10	1 / 10
SFP28	25	1 / 25
QSFP	1	4 / 4
QSFP+	10	4 / 40
QSFP28	25	4 / 100
QSFP-DD	50	8 / 400
Micro QSFP	50	4 / 200
Mini SAS HD	12	4 / 48

고속 시스템 연결망 혹은 시스템 버스는 고속의 신호 전송을 위하여 단일 차동 신호 보다는 다중의 차동 신호를 사용하며, 최근의 고속 연결망은 100G~400G 까지의 고속 신호 전달을 위한 다양한 규격을 발표, 사용하고 있다.

이와 같은 고속 신호의 컴퓨터, 서버 외부로 전달은 신호 전달 경로의 길이에 민감하여 그에 따른 신호의 손실 (Insertion Loss, Return Loss 등)이 발생하고, 다중 차동 신호를 사용할 경우 차동 신호 간의 경로 차이로 인한 오

류 등이 발생하며, 장거리 신호 전송의 경우 신호재생을 위한 re-timer, re-driver 등의 신호 재생 장치의 사용이 필요하다.

본 논문에서는 다양한 케이블 미디엄 중 10Gbps급 이상의 다중 고속 신호 전송이 가능한 microQSFP, Mini SAS HD, Passive Copper 케이블 미디엄을 사용하여 다중의 고속 신호를 전송함에 있어서, 신호 재생 장치의 사용 없이 컴퓨터/서버 외부로의 고속 신호 전송 특성을 측정 분석하고자 한다.

3. 케이블 미디엄 성능 평가

A. 성능 평가를 위한 HW 및 고속 시스템 버스

상기의 케이블 미디엄의 성능 평가를 위하여, 범용 PC/서버의 고속 시스템 버스를 외부로 전달하는 하드웨어를 설계, 제작하였다. 설계, 제작한 하드웨어는 고속 신호를 PC/서버 외부로 전달하기 위한 신호 인터페이스 하드웨어인 호스트 인터페이스(HIF, Host Interface) 카드, 케이블 어셈블리(CA, Cable Assembly), 신호 성능 평가를 위한 테스트 지그(Teste Zig) 하드웨어로 구성한다. 고속 시스템 버스는 시스템의 IO 장치에 널리 사용되는 PCI Express Gen3 규격의 버스를 사용하여 케이블 미디엄의 성능을 평가 하였다. 다음의 (그림 1)은 설계, 제작한 호스트 인터페이스(HIF, Host Interface) 카드, 케이블 어셈블리(CA, Cable Assembly), 테스트 지그(Teste Zig) 하드웨어이다.



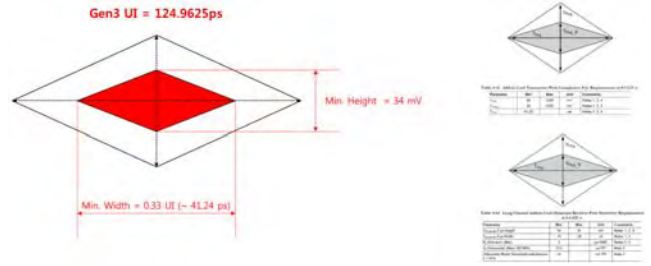
(그림 1) 고속 신호 성능 평가를 위한 하드웨어

<표 2> 성능 평가 하드웨어 규격 요약

평가 하드웨어 케이블 어셈블리	케이블 길이 (m)	평가 하드웨어 특성 임피던스 (Ohm)
Micro QSFP	0.5	85
Mini SAS HD	0.5	85
Passive Copper	0.5	85

케이블 미디엄의 성능 평가를 위하여, 개별 차동 신호선의 Eye Pattern을 확인하여, 차동신호의 진폭, 신호 폭이 규격에 적합하게 전달되는가를 평가 하였다.

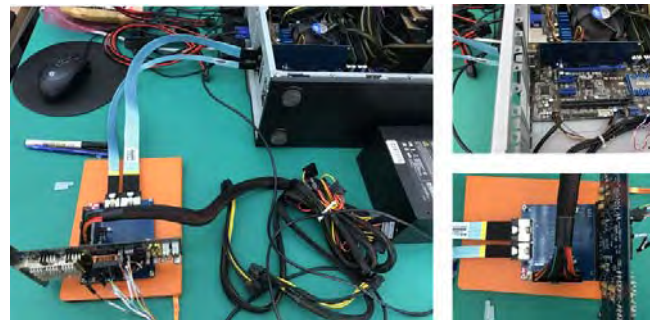
사용한 고속 시스템 버스의 수신단 측에서의 Eye Pattern 규격은 (그림 2)와 같으며, 최소의 Eye Height는 34mV, 최소의 Eye Width 는 0.33UI로서 약 41.24 ps 이상을 요구한다.



(그림 2) 고속 시스템 버스의 Eye Pattern 규격

B. 성능 평가 환경

케이블 미디엄의 성능 평가를 위한 실험 환경으로, PC/서버의 고속 신호 외부 전달을 위한 성능평가 하드웨어(HIF, CA, Test Zig), 고속 신호 수신을 위한 하드웨어 장치와 고속 신호 수신 하드웨어 장치의 개별 차동신호에 대한 Eye Pattern의 확인을 위한 소프트웨어로 구성한다. 케이블 미디엄에 따른 신호의 손실을 확인하기 위하여, 먼저 고속 신호 수신 하드웨어 장치를 컴퓨터 시스템에 직접 장착한 상태에서 개별 차동 신호에 대하여 Eye Pattern을 측정하고, 제작한 케이블 미디엄 성능 평가 하드웨어를 통한 연결 상태에서 차동 신호에 대하여 Eye Pattern을 측정하여 신호가 규격을 만족하도록 전송되는지 여부를 확인한다.



(그림 3) 고속 신호 성능 평가 하드웨어 환경

<표 3> 성능 평가 시스템 요약

항목	규격
프로세서	Intel Core i5-3507k @ 3.4 GHz
운영체제	Windows7 32bit
케이블 미디엄	microQSFP Mini SAS HD Passive Copper
전송 차동 신호 수	각 케이블 미디엄 별 8 개 차동 신호
신호선 Trace 길이	Direct Connection < 7" 평가 시스템 < 37"

C. 성능 평가

성능 평가는 전송한 바와 같이 고속 신호 수신 하드웨어 장치가 장착된 컴퓨터 시스템에 Eye Pattern을 측정하고(Direct Connection), 개별 케이블 미디엄을 사용하는 성

(표 4) 각 케이블 미디어의 Eye Pattern 측정 결과

Eye	Diff Pair parameter	Direct Connection		Micro QSFP			Mini SAS HD			Passive Copper		
		ps / mV	UI	ps / mV	UI	Attn.	ps / mV	UI	Attn.	ps / mV	UI	Attn.
Pair 0	Width(ps)	100	0.80	85	0.68	-15.0%	90	0.72	-10.0%	85	0.68	-15.0%
	Height(mV)	440	-	240	-	-45.5%	300	-	-31.8%	240	-	-45.5%
Pair 1	Width	90	0.72	100	0.80	11.1%	90	0.72	0.0%	80	0.64	-11.1%
	Height	360	-	200	-	-44.4%	260	-	-27.8%	200	-	-44.4%
Pair 2	Width	85	0.68	90	0.72	5.9%	80	0.64	-5.9%	85	0.68	0.0%
	Height	360	-	260	-	-27.8%	280	-	-22.2%	220	-	-38.9%
Pair 3	Width	95	0.76	90	0.72	-5.3%	90	0.72	-5.3%	90	0.72	-5.3%
	Height	300	-	190	-	-36.7%	300	-	0.0%	200	-	-33.3%
Pair 4	Width	90	0.72	85	0.68	-5.6%	85	0.68	-5.6%	80	0.64	-11.1%
	Height	270	-	200	-	-25.9%	260	-	-3.7%	160	-	-40.7%
Pair 5	Width	95	0.76	90	0.72	-5.3%	95	0.76	0.0%	95	0.76	0.0%
	Height	420	-	220	-	-47.6%	300	-	-28.6%	240	-	-42.9%
Pair 6	Width	90	0.72	80	0.64	-11.1%	75	0.60	-16.7%	70	0.56	-22.2%
	Height	300	-	220	-	-26.7%	200	-	-33.3%	140	-	-53.3%
Pair 7	Width	90	0.72	85	0.68	-5.6%	75	0.60	-16.7%	50	0.40	-44.4%
	Height	380	-	260	-	-31.6%	260	-	-31.6%	180	-	-52.6%

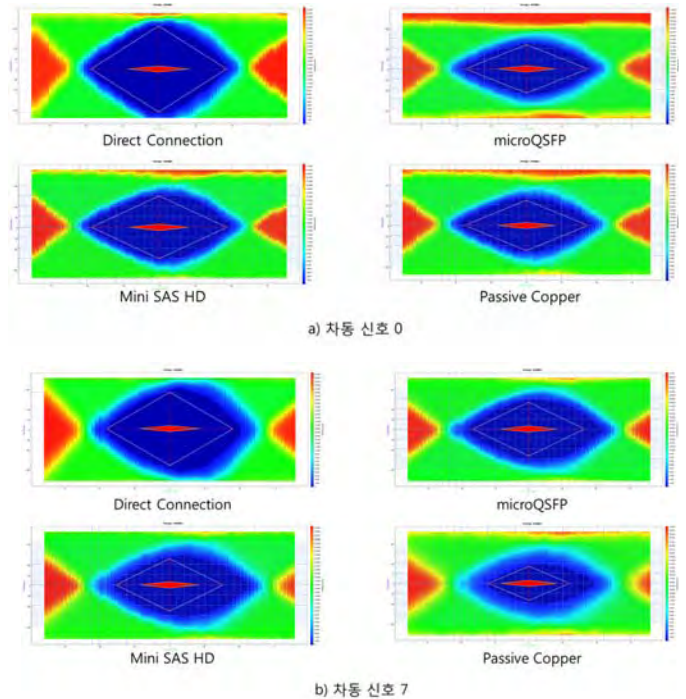
능 평가 하드웨어 연결 상태에서 Eye Pattern을 측정, 비교 하였다. (표 4)는 개별 케이블 미디어의 차동 신호별 Eye Pattern을 측정한 결과를 요약한 표이다.

Attn. 컬럼은 직접 연결(Direct Connection)시의 고속 신호 수신 하드웨어 장치의 Eye Pattern 대비 Eye Height, Eye Width의 감소 비율을 의미한다.

측정 결과, microQSFP, Mini SAS HD, Passive Copper 를 사용한 성능 평가 환경(약 37" 이하 신호 trace)에서 별도의 신호 재생 장치의 사용 없이도 만족할 만한 수준의 고속 신호 전달이 가능함을 확인하였다.

신호 전달 수준은 Mini SAS HD가 주어진 환경에서 가장 만족할 수준을 나타내었으며, 다음으로 microQSFP, Passive Copper 케이블 순으로 성능이 저하되었다. Passive Copper 케이블의 경우 별도의 케이블 모듈을 사용하지 않음으로 인하여, 차동 신호의 감쇄가 가장 컸으며, 일부 차동 신호의 경우 주어진 규격을 최소한으로 만족하는 결과를 나타내기도 하였다.

다음의 (그림 5)는 측정한 차동 신호 중 신호 0번과 7번의 각 케이블 미디어에 따른 Eye Pattern 측정 결과를 나타낸 그림이다.



(그림 5) 차동신호 Eye Pattern 측정 결과

4. 결론

본 논문에서는 고속 신호의 컴퓨터/서버 외부 전달에 사용 가능한 다양한 케이블 미디어 중 microQSFP, Mini SAS HD, Passive Copper 케이블을 사용한 고속 신호 전송 특성 및 성능을 측정, 분석 하였다. 성능 평가를 위한 성능 평가 하드웨어를 제작하여 분석한 결과 microQSFP, Mini SAS HD, Passive Copper 케이블 미디어 모두 8Gbps급의 고속 신호 전송에 적합함을 확인하였다.

Acknowledgement

본 연구는 2017년 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 국가과학기술연구회 창의형 융합연구사업(No. CAP-17-03-KISTD)의 지원을 받아 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] microQSFP Specification Rev2.5, microQSP MSA Group, <http://www.microqsf.com/>, 2017
- [2] SFF-8024 Specification for Cross Reference to Industry Products Rev 4.1, SNIA, 2016
- [3] SLIVER internal cabled interconnect solution, TE Connectivity, 2017
- [4] QSFP-DD MSA Specification Rev3.0, QSFP-DD MSA Group, <http://www.qsfp-dd.com>, 2017