

Serial ATA Interface를 통한 RAID Controller 보드의 설계 및 구현

Design and Implementation of RAID Controller
using Serial ATA Interface

임 승 호*, 이 주 평, 박 규 호
(Seung-Ho Lim, Ju-Pyung Lee and Kyu-Ho Park)

한국 과학 기술원 전자전산학과 전기 및 전자공학 전공
(전화:(042)869-5425, 팩스:(042)869-8025, E-mail : (shlim, jplee)@core.kaist.ac.kr, kpark@ee.kaist.ac.kr)

Abstract : In this paper, we have designed and implemented the RAID controller board which connects to the host computer with serial ATA interface and connects to the disks with parallel ATA interface. Serial ATA interface is proposed to overcome the design limitation of parallel ATA while enabling the storage interface to scale with the growing media rate demands for PC platforms. Serial ATA is to replace parallel ATA with the compatibility with existing operating systems and drivers, adding performance headroom for years to come. It Moreover, serial ATA provides even faster transfer rate of 150 Mbytes/s which is larger than that of current parallel ATA. The RAID controller board designed in this paper combines up to 4 disks with parallel ATA interface, and connects to PC host computer with serial ATA interface. We have implemented RAID controller using Verilog HDL language with FPGA chip. The RAID controller supports RAID level 0 and 1 functionality. Experimentally, the average read/write performance of parallel ATA interface is about 30 Mbytes/s. Therefore, when 4 parallel disks is connected to the RAID controller board, we can get almost full throughput of serial ATA protocol using the RAID level 0 configuration with 4 disks.

Keywords : parallel ATA, Serial ATA, RAID0,I, FPGA

1. 서론

일반적으로 IDE라 불리는 Parallel ATA (AT-Attachment) Interface는 그 프로토콜의 단순함에 비해서 비교적 큰 용량, 적당한 대역폭, 그리고 싼 가격으로 인해서 오늘날 대부분의 일반 PC시장에서 저장장치로 사용되고 있다. 그런데, 최근의 ATA 프로토콜 분야에서는 기존의 Parallel ATA보다 훨씬 큰 대역폭을 내어줄 수 있고, 안정성을 보장하며, cable 역시 단순하고 길이 가 훨씬 긴 Serial ATA 프로토콜을 새롭게 제안하였으며 표준화가 한창 진행중이다. 이런 Serial ATA Interface의 발전으로 인해, ATA Protocol 역시 SCSI와 비슷한 큰 대역폭을 내어 줄 수 있고, 안정성 또한 많이 좋아지게 되었다. 또한, 기존의 ATA Protocol과 도 호환성이 뛰어나기 때문에 앞으로 Serial ATA Protocol을 이용한 저장 장치 시스템의 사용이 기존 PC 시장 뿐 아니라 고성능의 서버 시장에서도

늘어날 것으로 전망된다.

저장 장치 시장에서 이런 ATA Interface의 과도기적인 입장에서 우리는 Serial ATA와 Parallel ATA의 혼용인 Hybrid ATA를 사용해보고자, 본 논문에서는 Host computer와는 Serial ATA interface를 사용하고, Disk와는 Parallel ATA interface를 사용하는 Hybrid ATA Interface RAID controller를 제작, 구현하고 그 성능을 검증하였다. RAID(Redundant Array of Inexpensive Disks)는 disk의 대역폭을 증가시키는 디스크 기술중의 하나로써, Multimedia Server와 같은 대용량의 서버 시스템에서 많이 사용된다. Serial ATA Interface에 여러개의 Parallel ATA Disk를 연결하여 Serial ATA Disk의 대역폭을 충분히 활용할 수 있는 RAID controller는 싼 가격에 대용량의 디스크 시스템을 구축할 수 있는 장점이 있다.

RAID Controller는 FPGA chip 모듈을 이용하여 Verilog HDL로 구현하였으며, 디스크의 안정성을 위

해서 Mirroring, 충분한 대역폭을 보장해 주기 위해서 Striping 등의 RAID 0,1 기능을 구현하였다. 이를 통해 저렴한 Parallel ATA 디스크를 이용해 Multimedia 서비스를 충분히 보장해 줄 수 있는 대역폭과 안정성을 추구할 수 있게 되었으며, Serial ATA의 대역폭과 Parallel ATA의 대역폭을 서로 충분히 활용할 수 있는 Hybrid ATA 시스템의 성능을 검증함으로써 향후 대체할 Serial ATA의 프로토콜을 검증해보았다.

2장에서는 ATA Interface에 대해서 살펴보고, 3장에서는 Verilog HDL로 구현한 RAID Controller의 구조에 대해서 설명한다. 4장에서는 실제 FPGA와 보드에 대한 내용을 설명하고 5장에서 결론을 내리고 마치도록 한다.

II. ATA Interface

Parallel ATA Specification은 1980년 초에 가격 경쟁력을 고려해서 PC 시장을 목표로 초기 3MBytes/s의 대역폭을 가지는 간단하고 구현하기 쉬운 저장장치의 표준으로 생겨나게 되었다. Parallel ATA Interface의 최근 버전은 Ultra ATA-133으로써 133 Mbytes/s까지 대역폭을 낼 수 있게 되었다. 그러나 Parallel ATA Specification은 Voltage가 5 Volt라든가, Pin Connection이 40개이며, Cabling의 한계를 가지는 등 현재의 개발자들에게 심각한 디자인 이슈가 될 수 있는 고유한 문제점들을 가지고 있다. 이런 문제점들 때문에 Parallel ATA의 발전에는 한계가 있게 되었으며 ATA Standard에서는 이보다 더 나은 Protocol을 개발하기 위해서 다시 Standard를 정하였으며, 그 결과 Serial ATA가 나오게 되었다.

Serial ATA Specification[2]은 기존의 Parallel ATA의 장점인 간단한 프로토콜과 값싼 PC 시장을 목표로 Parallel ATA와는 완벽히 호환이 되면서 Parallel ATA의 단점이었던 점들을 보완하도록 제안되었다. Serial ATA는 Voltage level이 기존보다 훨씬 낮은 250mV를 사용하여서 파워에 대한 부담을 줄였으며, Cable 역시 Serial line을 사용하기 때문에 line 수에서 기존의 40개에서 7개로 줄여서 Cabling이 훨씬 단순해졌다. 가장 중요한 대역폭에서도 역시 현재 버전 1.0이 150MBytes/S를 지원하며 앞으로 2.0에서는 600Mbytes/S를 지원할 수 있도록 할 예정이다. 표 1에서는 기존의 Parallel ATA와 Serial ATA, 그리고 SCSI 프로토콜과 Fibre Channel에 대한 성능을 비교한 것이다. 표에서도 알 수 있듯이, Serial ATA는 기존의 Parallel ATA는 물론, SCSI, FC와 비교해도 그 가격과 성능 면에서 경쟁력이 있음을 알 수 있다.

	SATA	PATA	SCSI	FC
Low cost	Yes	Yes	No	No
Simple protocol	Yes	Yes	No	No
Long cable	?	No	Yes	Yes
Hot plug	?	No	Yes	Yes
Plug and play	Yes	No	No	Yes
Small, flexible cable	Yes	No	No	Yes
Low voltage	Yes	No	Yes	Yes
Low pin count	Yes	No	No	Yes
Extendible bandwidth	Yes	No	No	Yes

표 1. Protocol 비교

그림 1은 Serial ATA protocol stack을 나타낸 것이다. Serial ATA protocol layer는 크게 세 개 층으로 되어 있으며, transport layer, link layer, physical layer로 되어 있다. transport layer는 host platform과 관련된 작업을 통해서 ATA 정보를 packing시키거나 Unpacking 시켜서 link layer에 전달하거나 application layer에 전달한다. link layer는 flow control을 하거나 control signal을 보내거나 받는 역할을 한다. physical layer는 실제적인 serial data transfer 전송역할을 한다. 최상위 계층인 application layer에서는 기존의 parallel ATA의 register를 가지며 호환성을 유지하도록 해준다.

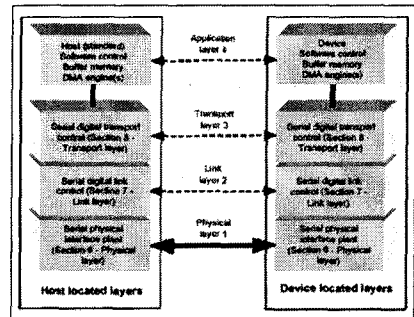


그림 1 Serial ATA protocol stack

III. Raid Controller

RAID는 Redundant Array of Inexpensive (or Independent) Disks의 약자로서, 한 개의 디바이스 드라이버의 관리 하에 여러 개의 디스크를 한 그룹으로 사용가능하도록 한 것을 의미한다. 여러 디스크들로 한 개의 시스템을 구성하고, 이들 디스크에 자료를 저장하는데 적절한 기술을 사용하여, 기존 한 개의 디스크만을 사용하였던 것보다는 뛰어난 성능을 발휘할 수 있다.

RAID Controller에 대한 제작과 구현은 MaxPlus2를 이용한 Verilog HDL language를 사용하였으며, 실제 제작과 테스트는 Altera[4]사의 EP1kFC256-3 low cost FPGA 칩을 사용하였다. 이 칩의 핀 수는 256핀으

로써 4개의 Parallel ATA를 동시에 연결할 수 있다. 그림 2는 디자인하고 구현한 Raid Controller의 구조를 나타낸 것이다. 크게 host interface와 ATA protocol 통신을 하는 *drive_interface*, ATA disk interface와 ATA protocol 통신을 하는 *host_controller* 부분, 데이터의 전송을 위해서 sector 단위로 데이터를 저장하는 *Sector_buffer* 메모리 영역, RAID 기능을 수행하기 위한 *Raid_Ctrl* 영역, 그리고 모든 기능을 control 해주는 *Control logic*으로 구성되어 있다. *drive-interface*와 *host-controller*에서는 ATA register를 이용해서, ATA protocol spec.을 만족하는 타이밍 또는 control data를 generation 해주며 디스크 또는 호스트와 통신을 수행하게 된다. *Raid_Ctrl*에서는 주어진 configuration에 대한 RAID Functionality를 수행해주게 된다.

RAID Functionality가 RAID-0일 경우에는, *Control logic*에서 4개의 디스크에 동시에 정해진 Stripe size 크기만큼 데이터를 병렬적으로 접근을 하게 된다. 이를 위해서 *Sector_buffer*에서는 각 디스크에 대해서 정해진 Stripe size의 두 배 만큼의 메모리를 할당해 두고 host interface에 연속적으로 데이터를 주거나 받게 된다. RAID functionality가 RAID-1일 경우에는, *Control logic*에서 서로 다른 디스크에 같은 데이터를 저장하는 미러링 연산을 수행해준다. *Sector_buffer*에서는 각 디스크에 대해서 정해진 Stripe size의 두 배 만큼의 메모리 영역을 할당해 두고 있기 때문에 read나 write 연산을 수행할 때에도 데이터 전달의 끊임이 없이 계속적으로 일어날 수 있다. 그러나 write 연산을 할 때, 서로 다른 디스크에 데이터가 모두 써졌다는 것을 보장해 주기 위해서 각 Stripe size를 쓸 때마다 Synchronization를 맞추어 주는 작업이 필요하다.

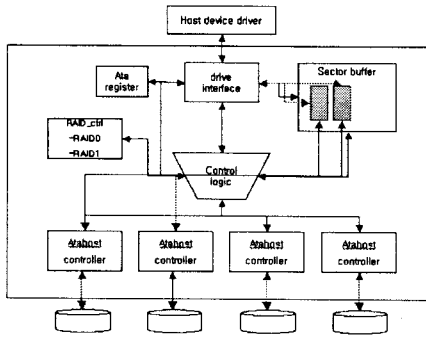


그림 2 RAID Controller 구조

IV. Board Design

Host와 Serial ATA Interface 통신을 수행하기 위해서 Serial ATA to Parallel ATA conversion이 필요하다. 이것은 Silicon Image[5]의 Si3611 Serial-to-Parallel conversion 칩을 통해서 수행해 주도록 하였다.

Si3611은 Serial ATA Specification을 만족하는 구조를 가지며 Host computer와는 Serial Interface를 통해서 데이터를 주고받게 되며 Disk와는 RAID Controller를 통해서 Parallel Interface를 통해서 데이터를 주고받게 된다. Si3611 Serial-to-Parallel chip과 앞 장에서 구현한 RAID controller FPGA 칩을 이용해서 간단한 RAID Controller with Serial ATA Board를 꾸몄으며 그림 3에 잘 나타나 있다. FPGA chip은 4개의 Parallel ATA connection을 가지게 되며 각각은 실제 디스크와 Parallel ATA Interface를 통해서 데이터를 주고받게 된다. 그리고 FPGA은 또 si3611 Serial-to-Parallel chip 과도 연결되어서 si3611을 통해서 Host computer와는 Serial ATA Interface를 통해서 데이터를 주고받게 된다.

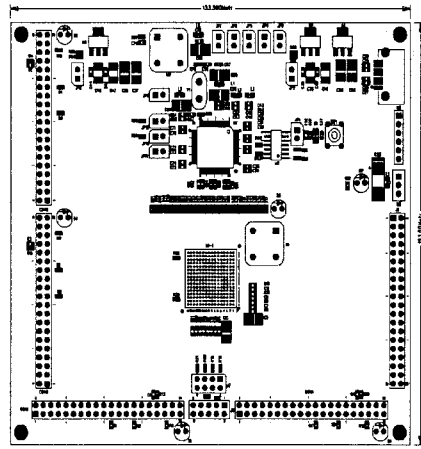


그림 3 Board Design

V. Conclusion

Serial ATA Interface는 그 성능과 가격 면에서 앞으로 Parallel ATA를 대체할 것이 확실시 되고 있으며 지금도 많은 제품들이 출시되고 있는 실정이다. 본 논문에서는 Host와는 Serial ATA Interface를 통해서 통신을 하고 Disk와는 여러 대의 디스크를 한 데 묶어 Parallel ATA RAID Controller를 통해서 통신을 할 수 있는 Hybrid RAID Controller Board를 제작하고 구현함으로써 현재 급변하고 있는 PC 기반의 저장 장치 시스템의 요구를 맞출 수 있는 실제적인 제품의 가능성과 성능을 알아보는 연구를 수행해 보았다. 현재 Serial ATA 1.0의 대역폭이 150Mbytes/S이고, 기존의 IDE 디스크가 30MByte/S 정도의 대역폭을 내는 것을 실험적으로 확인할 수 있다. 본 논문에서 제작하고 구현한 RAID Board with Serial ATA를 이용해서 4 channel RAID Array를 이용할 경우 Serial ATA의 대역폭인 150Mbytes/S와 Parallel ATA의 대역폭인 30Mbyte/S의 대역폭에 대한 활용도를 최대한으로 할 수

있는 실용적이고 가격대 성능비가 뛰어난 RAID 저장 시스템을 구현할 수 있다.

참고문헌

- [1] Fridhelm Schmidt. "The SCSI Bus and IDE Interface Protocols, applications and programming", Addison-Wesley. Second Edition, 1998.
- [2] Serial ATA Workgroup, <http://www.serialata.org/>
- [3] Dave Anderson, Jim Dykes, Erik Riedel. "More Than an Interface-SCSI vs. ATA", In *Proceedings of International Conference on File and Storage Technology*, 2003
- [4] Altera Corporation. <http://www.altera.com/>
- [5] Silicon Image <http://www.silimage.com/>
- [6] ATA Working group. AT Attachment Interface with Extensions.
- [7] Jakob Ostergaard, The Software-RAID HOWTO, <Http://ostenfeld.dk/jakob/Software-RAID.HOWTO/Software-RAID.HOWTO.html/>