

<主 題>

Serial Bus 표준화 동향

박성모*, 김봉수**

(*전남대학교 컴퓨터공학과,

**해태전자주식회사 전자연구소)

□ 차 례 □

I. 서 론

II. Serial Bus 표준안

III. IEEE 1394 고성능 Serial Bus

IV. 향후 전망

I. 서 론

디지털 기술이 빠른 속도로 발전해 나감에 따라 완전한 디지털 환경에서 동작하게되는 새로운 인터페이스가 필요하게 되었다.

지금까지의 오디오 비디오 분야에서 컴퓨터 장치는 아날로그 입력신호를 디지털 형식으로 전환하고, 디지털 신호로 편집한 다음, 출력을 위해 디지털신호를 다시 아날로그 형식으로 변환했었다. 이제 오디오는 아날로그에서 콤팩트 디스크(CD)나 디지털 오디오 테이프로 전환되고있고, 비디오는 디지털 비디오 카메라와 디지털 VCR, 디지털 TV의 개발이 진행되고있다. 그러나 데이터가 미디어 사이에서 전송되어질 때는 여전히 아날로그 형태로 전송되므로, 데이터는 먼저 송신 측에서 아날로그 형태로 바뀌고 수신 측에서 다시 디지털 형태로 바뀌어야하므로 매우 비효율적이다. 따라서 미디어 사이에 디지털 데이터를 직접 전송하는 새로운 방법이 필요하다.

아울러 반도체 기술의 발달로 시스템이 소형화되고 있는 추세에 따라 주변장치와의 연결을 위한 물리적인 포트 부분도 소형화되어야한다. 프로세서의 처리속도가 빨라져서 시리얼 전송방식에 의해서도 충분히 빠르게

데이터를 전송할 수 있으므로, 핀 수가 많고 크기가 큰 기존의 병렬포트 대신에 핀 수가 적고 크기가 작은 새로운 형태의 시리얼 포트를 사용할 수 있게 되었다. 이것은 결국 시스템의 가격을 낮추고 신뢰성을 향상시키는 중요한 장점이 된다.

이에 따라 다양한 주변 장치들과 데이터를 고속으로 전송하고, 오디오 비디오 장치들과 효율적인 디지털 전송을 하며, 편리한 확장성을 지닌 고속 디지털 시리얼 인터페이스가 등장하게 되었다. 특히 1995년에 표준화된 IEEE 1394는 새로운 고성능 시리얼 버스로서 낮은 가격, 고속, 작은 케이블 사용, 간단한 연결 등의 특징을 가지며, 실시간 데이터 처리를 위한 동시성 프로토콜을 지원한다. IEEE 1394 규격은 데이터 전송률이 100-400MBps에 달해 캠코더, 스캐너, 카메라 및 화상회의, VOD 시스템 등 정보처리량이 많은 주변기기 및 시스템의 연결방식으로 부상하고 있다.

한편, 데이터 전송률이 초당 12MB에 달하는 USB (Universal Serial Bus) 규격은 키보드, 마우스, 모니터, 프린터, 모뎀, 전화기 등을 지원하는데 적합한 인터페이스 규격으로 부상하고 있다. 이미 마이크로소프트사는 윈도우97에 IEEE 1394를 지원하기 위한 드라이버를 제공하고 있으며 Intel, TI, IBM, VLSI 등 선진

반도체업체들도 IEEE 1394 및 USB를 지원하기 위한 인터페이스용 반도체의 개발을 끝내고 본격 출하를 준비중에 있는 것으로 알려졌다.

본 논문에서는 현재 쓰이는 다양한 종류의 시스템 버스를 시작으로 시리얼 버스의 표준안에 대해 살펴보고, 이어서 IEEE 1394의 구조와 향후 전망에 대해 기술하였다.

II. Serial Bus 표준안

표준버스는 8비트 마이크로프로세서 시대에 S100, 16비트 마이크로프로세서에 IEEE 796버스(멀티버스 I)가 널리 사용되어 왔고, 근래에는 PC나 워크스테이션에 사용되는 32비트 마이크로프로세서에 대응해 VME 버스, 멀티버스II, Nu버스 등이 제안 사용되어 왔다.

최근에는 CPU와 주변장치 사이의 데이터 통로를 크게 확장, 데이터 처리속도를 한결 빠르게 해주는 32비트 폭의 로컬버스가 개발되고 비디오칩 및 주변기기 업체들이 주축이 된 VESA(Video Experts Standards Association) 진영의 VL(VESA Local) 버스와 Intel, IBM, Compaq, DEC 등이 주축이된 PCI(Peripheral Components Interface) 버스간의 표준화 경쟁이 치열하게 전개되었다.

PCI 카드는 64비트이면서도 16비트 ISA(Industry Standard Architecture) 카드보다 크기가 더 작다. 전형적인 PCI 카드는 비디오 카드, 하드 드라이브 컨트롤러, SCSI 컨트롤러 그리고 네트워크 카드 등이다. VESA는 16비트에서 32비트 카드로 향상된 표준을 제시했는데, 새로운 카드의 크기는 16비트 카드보다 3-4인치만 넓어졌으나 이론적으로 16비트 카드보다 2배의 데이터를 처리할 수 있게 되었다.

인터페이스 카드는 대표적으로 IDE(Intelligent Drive Electronics)와 SCSI(Small Computer System Interface) 방식이 존재한다. IDE는 주변장치의 저장 매체와의 표준 인터페이스이다. ATA(AT At-

tachment)라고도 불리며 대부분의 표준 PC 구조에 쓰이는데, 각 IDE 채널에 2개의 주변장치가 접속될 수 있고 많은 칩 셋들이 간단한 IDE 인터페이스를 제공한다. IDE 분야는 최근에 많은 변화를 가져왔고 이러한 변화는 일반적으로 EIDE(Enhanced IDE)라는 이름으로 알려 졌으나, 실제 표준은 ATA-2, ATAPI(ATA Packet Interface)로 구축되었다. ATA-2 표준안은 원래의 ATA모드에 빠른 PIO모드와 DMA모드를 추가했을 뿐만 아니라 Identify Drive 명령을 향상시켰다. 드라이브는 그것의 특성이 어떤지를 보다 정확히 소프트웨어에게 말할 수 있는데 이것은 Plug'n'Play와 표준안의 다음 버전과 호환성을 이루는 근간이 된다. ATAPI 표준은 ATA에서 사용되었던 것과 완전히 다른 명령 프로토콜을 기술하는데 이것은 SCSI 명령 세트에서 유도된 것이다. ATAPI는 원래의 ATA 포트에 삽입된 CD-ROM과 테이프 드라이브와 같은 장치를 위해 디자인된 표준이다. ATAPI 하드웨어의 근본적인 장점은 값이 싸고 IDE나 EIDE 어댑터가 부착된 모든 PC에서 동작한다는 것이다.

SCSI는 컴퓨터산업에 고성능 표준이 되어왔다. 빠른 데이터 전송률, 매우 기능적인 명령어 세트와 하나의 버스에 많은 디바이스를 지원할 수 있는 능력으로 말미암아 SCSI는 성능과 유연성, 확장성 면에서 뛰어난 장점을 가지고 있다. 이러한 이유로 SCSI는 PC에서부터 LAN 서버, 고성능 RISC 워크스테이션과 슈퍼 컴퓨터에 이르기까지 일련의 컴퓨터에 표준으로 사용되어 왔다. SCSI-2는 새로운 명령과 기능을 첨가하여 1994년에 소개되었다. 캐싱(caching), 명령어 큐잉, 전력 관리 등을 포함한 이러한 향상은 성능과 유연성을 개선시켰다. Fast-SCSI 프로토콜은 SCSI 버스 신호의 물리적 속도를 배가 시켜서 데이터 전송을 더 빠르게 했고, Wide-SCSI 사양은 8비트에서 16비트로 데이터 패스의 폭을 배가 시켜 SCSI 디바이스와 호스트 컴퓨터사이로 전송되는 데이터의 양을 많게 했다.

한편, 그 동안 사용되거나 표준화된 시리얼 버스 표준안들에는 Apple Desktop Bus (ADB), Access.bus (A.b), CHI(Concentration Highway Interface), GeoPort, VMSbus, IEEE 1596 SCI(Scalable

Coherent Interface) 등이 있다.

ADB는 Apple 컴퓨터에 사용했던 매우 간단한 시리얼 인터페이스로 16개의 디바이스까지 읽고 쓰는 프로토콜을 지원했다. 데이터 전송속도는 90Kbps까지로 매우 느려서 CPU와 키보드, 포인팅 디바이스, 그 외 데스크 탑 장치들과의 통신에 사용되었다.

A.b는 Phillips의 I²C 기술과 DEC의 소프트웨어 모델에 기반을 두고 산업체 그룹이 개발한 것으로 주로 키보드와 포인팅 디바이스들에 사용되었다. A.b는 ADB보다 더 다양성을 가지고 있어서 동적 부착, 중재(arbitration), 데이터 패킷, 구성(configuration), 소프트웨어 인터페이스 등이 프로토콜에 잘 정의되어 있다. 최고 127 디바이스까지 어드레싱이 가능하지만, 실제로는 케이블 길이와 전력분배 상황에 의해서 제한 받는다. A.b 표준안의 2.2버전에는 100Kbps까지 명시하고 있으나 기술적으로는 400Kbps까지 지원이 가능하다.

CHI는 AT&T에서 터미널과 디지털 스위치를 위해서 개발된 것으로, 통신 시스템에서 디지털화된 음성 전송을 위해 완전이중모드(full duplex) 시간분할 멀티플렉스(TDM)된 시리얼 인터페이스이다. 프로토콜은 음성 데이터와 제어 정보를 전달할 수 있는 여러 개의 고정 타임 슬롯으로 구성되어 있고, 4.096Mbps까지 데이터 전송을 지원한다.

GeoPort는 원래 애플컴퓨터회사에서 매킨토시의 전화관련 응용을 위해서 개발한 것으로, 2Mbps까지 데이터 전송을 지원한다. GeoPort 표준안은 9핀 커넥터를 명시하고 RS-422 시그널링을 사용하는데, 애플사에서는 추가로 14핀 커넥터를 정의하여 케이블 길이를 확장시키게 하였다. GeoPort는 Beaconing, TDM, 패킷 전송 모드 등 세 가지 동작 모드를 지원한다.

VMSbus는 1990년에 표준화된 IEC 823 마이크로프로세서 시스템 버스 표준안으로, VME버스로 잘 알려진 IEC 821버스의 시리얼 서브시스템 버스이다.

IEEE 1596 SCI는 1992년에 표준화된 것으로, 고성

능 다중프로세서 시스템에서 필요로 하는 강력한 캐쉬 일관성 메커니즘과 지금까지보다 훨씬 높은 처리량을 제공하기 위하여 개발된 표준안으로써, 65K 노트까지 지원한다. SCI는 매우 빠른 속도의 통신을 위하여 포인트 대 포인트 링크를 사용하는데, 실내의 가까운 거리에서는 시리얼 동축케이블을 사용하여 100Mbps의 전송률을 지원하며, 수 킬로미터의 거리에서는 광섬유를 사용하여 동일한 전송속도를 지원한다.

지금까지 살펴본 버스들은 범용성과 확장성 면에서 상당히 많은 제한을 가지고 있다. 범용성은 여러 가지의 장치를 용이하게 접속할 수 있는 것이고, 확장성은 요구에 용한 다수의 장치를 접속할 수 있고, 또한 용이하게 시스템을 증설하는 것이다. 이러한 제한을 극복하기 위해서 등장한 방안이 USB(Universal Serial Bus)와 IEEE 1394 고성능 시리얼 버스이다.

USB는 Compaq, DEC, IBM, Intel, Microsoft, NEC, Northern Telecom 등 여러 회사들이 주체가 되어 제정하는 산업체 표준안인데 1996년 1월에 버전 1.0이 만들어졌고, 키보드, 마우스, 모니터, 프린터, 모뎀 등과 같은 PC용 주변기기를 한꺼번에 연결시킬 수 있는 범용 인터페이스 방식을 제공한다. 현재 PC 앞뒷면에 설치되어 있는 키보드, 마우스, 모니터, 프린터 연결단자는 모양과 연결방식, 핀 수가 각기 다르고, 반드시 고정된 위치에 연결시키도록 설계되어 있다. USB는 이들 케이블과 연결단자를 동일한 규격으로 통일한 것으로 PC 뒷면의 복잡하게 얽힌 배선들을 단순화시킬 수 있고 USB 단자에 꽂기만 하면 바로 주변기기를 작동시킬 수 있기 때문에 새로운 주변장치를 사용하기 위해 본체를 매번 뜯어야 하는 번거로움을 해소할 수 있다.

USB는 다양한 주변장치를 사용할 수 있는데 최대 126개의 주변장치를 연결시킬 수 있으며 같은 종류의 장치도 여러 개 사용할 수 있다. PC 게임용 조이스틱을 2-3개 연결시켜 동시에 여러 명이 게임을 즐길 수 있으며 심지어는 마우스를 3개, 키보드를 5개 연결시켜 각기 따로 작동시킬 수 있다. 물론 이 경우 응용 소프트웨어나 운영체제가 이들 기능을 지원해야 한다. USB는 주변장치와의 고속 통신이 가능하고 CPU와 직접 신호

를 주고받을 수 있게 설계되어 초당 1-1.5MB의 정보를 전송할 수 있으므로 방대한 이미지를 전송하는 스캐너나 대용량 출력물을 인쇄하는 프린터, 비디오 동화상 신호 등을 손쉽게 처리하는 데 유리하다. 또 플러그 & 플레이가 지원되어 새로운 주변장치 연결이 용이하고 PC를 끄지 않고도 주변장치의 설치와 제거가 가능하다. 통신속도는 12Mbps까지 지원하므로 저속 통신이 필요한 키보드, 마우스, 게임용 조이스틱, 모니터, 가상현실 주변기기 등과 중속 통신인 ISDN, PBX, POTS, 오디오 등에 쓰인다.

USB는 "데이지 체인(Daisy Chain)"이란 개념을 구현하기 위한 상용 기술이라고 볼 수 있다. 데이지 체인이란 흡사 체인을 연결시키듯 컴퓨터 주변장치를 나란히 연결시킬 수 있는 기술로 70년대말 개념이 만들어졌지만 대중화된 제품으로 상용화된 것은 USB가 처음이다. 즉 PC 본체에 모니터와 키보드, 스캐너, 마우스, 프린터 등 모든 주변장치를 연결하고자 할 때 프린터에는 모니터를 모니터에는 키보드를, 키보드에는 마우스를

각각 연결해 사용할 수 있게 된다. 현재 시판중인 USB는 데이지 체인 기술이 극히 제한적으로 적용되어 있어 이런 기능을 활용할 수 없다. 그러나 USB 포트가 PC에 기본 탑재되고 주변기기에도 2-3개씩의 커넥터가 부착된다면 이런 데이지 체인 기술을 손쉽게 활용할 수 있을 것이다. 전문가들은 USB에 데이지 체인 기술이 100% 활용되는 시점은 98년 하반기가 될 것으로 기대하고 있다.

IEEE 1394는 저 가격이고, 외부의 케이블 환경과 내부의 백플레인(backplane) 환경에 모두 유용하며, SCSI보다 고성능일 뿐만 아니라, 진정한 플러그 & 플레이를 지원한다는 네 가지 목표를 가지고 개발된 시리얼 버스 표준안이다. 1991년에 처음 제안되었고, 1993년 Comdex에서 주목을 끌어 바이트 잡지에서 최고 신기술상을 받았으며, 계속해서 개정 보완하여 1995년에 고성능 시리얼 버스 표준안으로 채택되었다. 대부분의 IEEE 32비트 및 64비트 병렬 버스와 잘 연결될 뿐만 아니라, IEEE 1596 SCI와의 연결도 잘 명시되어 있다.

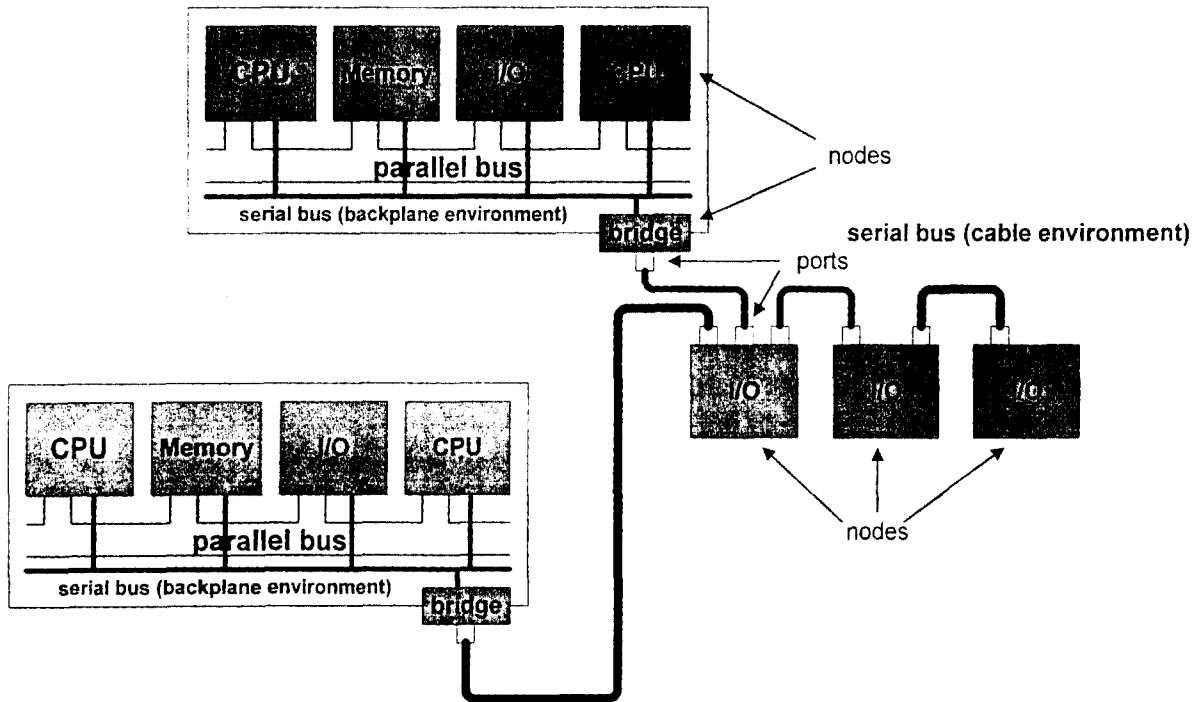


그림 1. 시리얼 버스의 물리 토폴로지

IEEE 1394는 멀티미디어 시대에 홈 PC 사용자에게 매우 적합한 기술로 각종 오디오 비디오 컴퓨터 통신 시스템에 폭 넓게 응용될 것으로 전망하고 있다. IEEE 1394의 구조에 대하여는 다음 장에 자세히 설명하였다.

III. IEEE 1394 고성능 Serial Bus

IEEE 1394는 주변 버스에 필요한 데이터 전송 속도와 적은 대기 시간을 제공하면서도 저가로 디자인된 고속 시리얼 버스이다. 또한 일반적인 병렬 백플레인 버스

의 보완으로도 디자인된다. 시리얼 버스의 물리 토폴로지는 그림 1처럼 두 가지로 구분되고, 백플레인 환경과 케이블 환경으로 정의되어진다. 케이블 환경에서의 물리 토폴로지는 유한한 브랜치들과 확장성을 가진 비순환 네트워크이고, 백플레인 환경의 물리 토폴로지는 멀티-드롭(multi-drop) 버스이다. 시리얼 버스의 노드는 두 가지 중 어떤 환경에나 임의의 조합으로 제한 없이 존재할 수 있다.

시리얼 버스의 구조는 노드와 관련하여 정의되는데, 각 노드는 독립적으로 리셋되거나 확인될 수 있는 주소를 가지고 있다. 시리얼 버스의 주소는 64비트 고정 주소를 지원하는 IEEE 1212 표준안인 CSR(Control

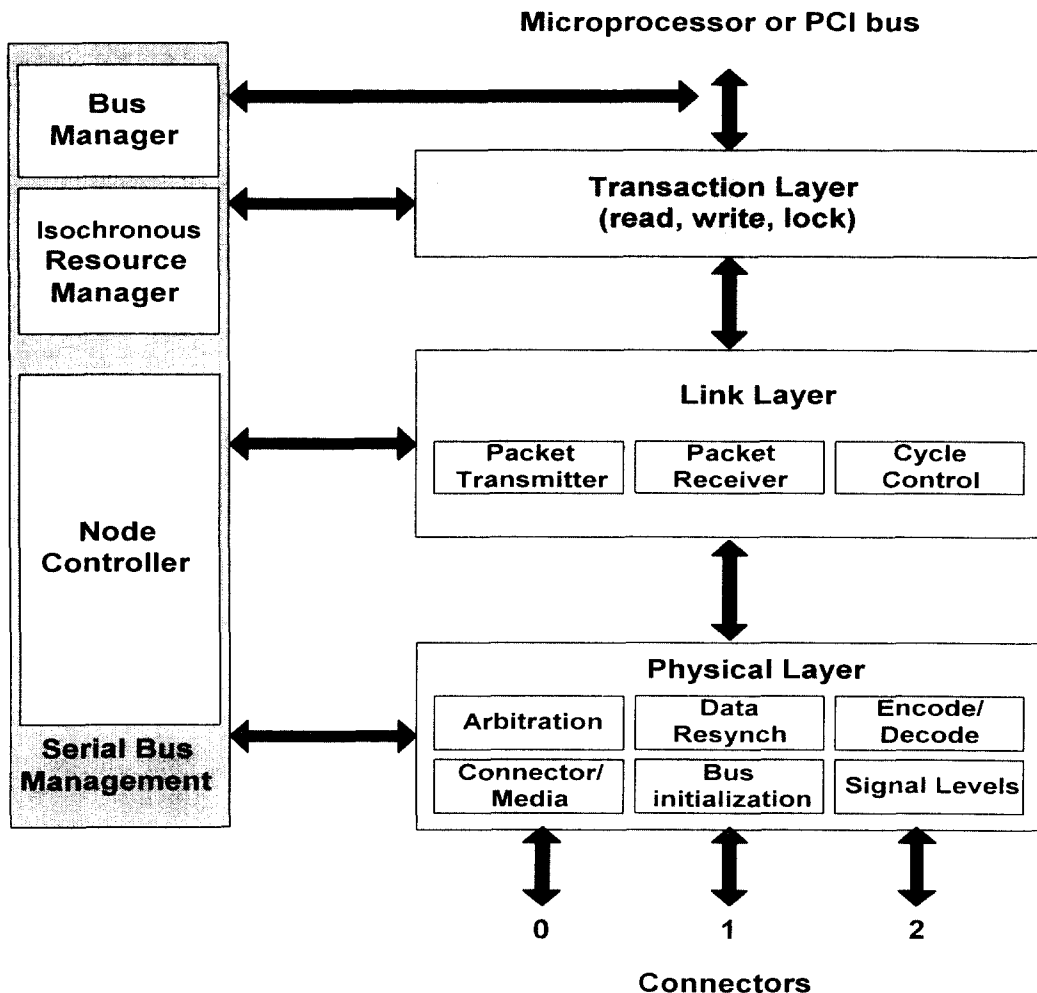


그림 2. 시리얼 버스 프로토콜

and Status Register) 구조를 따른다. 주소의 상위 16 비트는 node_ID를 표현한다. Node_ID는 두 개의 영역으로 나뉘는데, 상위 10비트는 bus_ID를 지정하고, 하위 6비트는 physical_ID를 지정한다. 각 필드는 모두 "1"인 경우를 특별한 목적을 위해 예약해두므로, 이 주소 방식은 1023개의 버스에 각각 63개의 노드를 제공한다. 노드내에서는 2^{16} 바이트(256 terabytes)가 CSR과 일반 메모리 영역으로 나뉘어져 있다.

시리얼 버스 프로토콜은 그림 2와 같이 물리 계층(physical layer), 링크 계층(link layer), 트랜잭션 계층(transaction layer)의 3개의 계층과 시리얼 버스 관리(Serial bus management)로 구성되어 있다.

3.1 물리 계층(Physical Layer)

물리 계층은 데이터 비트들의 송신과 수신, 버스 중재(arbitration), 전기적 기계적인 인터페이스 제공 등의 세 가지 주요 기능을 가지고 있다. 케이블 환경과 백플레인 환경은 각기 다른 물리 계층들을 가지고 있지만 패킷 데이터들을 위한 데이터 스트로브 인코딩(data-strobe encoding)과 버스에 대해 공정한 접근을 보장하는 간단한 중재 방법 등의 두 가지 기본 개념은 공유한다.

먼저 데이터 스트로브 인코딩의 개념이 그림 3에 나타나있다. 패킷 전송을 하는 동안에는 버스 상에서 단지 하나의 노드만이 송신할 수 있으므로, 전체 미디어는 2개의 신호(Sbus_Data, Sbus_Strb)를 사용하여 반이중(half duplex) 모드로 동작할 수 있다. NRZ 데이터는 Sbus_Data에 전송되고 두개의 연속적인 NRZ 데이터 비트들이 같을 때마다 상태를 변화시키는 Sbus_Strb 신호를 동반함으로써 각 데이터 비트마다 Sbus_Data 또는 Sbus_Strb 신호에 천이가 일어나게 해준다. 그리하면 그림 3에 보인 것처럼 두 신호의 조합으로부터 각 비트 주기마다 변하는 클럭을 찾아낼 수 있다. 이러한 전송 코드의 사용은 시리얼 버스를 통해서 전달되는 정보의 전송특성을 개선시켜준다. 특히 이 코드는 Sbus_Strb 신호의 천이와 Sbus_Data 신호의 천이 사이에 한 비트 주기만큼의 차이를 발생시킴으로써 clocked NRZ 방식에서는 얻을 수 없는 증가된 skew tolerance를 제공한다.

다음으로 공정 중재(fair arbitration)의 개념은 결합중인 노드들 사이에 버스 접근 기회를 적당한 간격으로 나누어서 제공하는 방식이다. 정상적인 케이블과 백플레인 중재 방법들은 중재 주기 끝에서 단지 한 노드만이 전송하도록 보장한다. 이 방법들은 엄격한 우선 순위

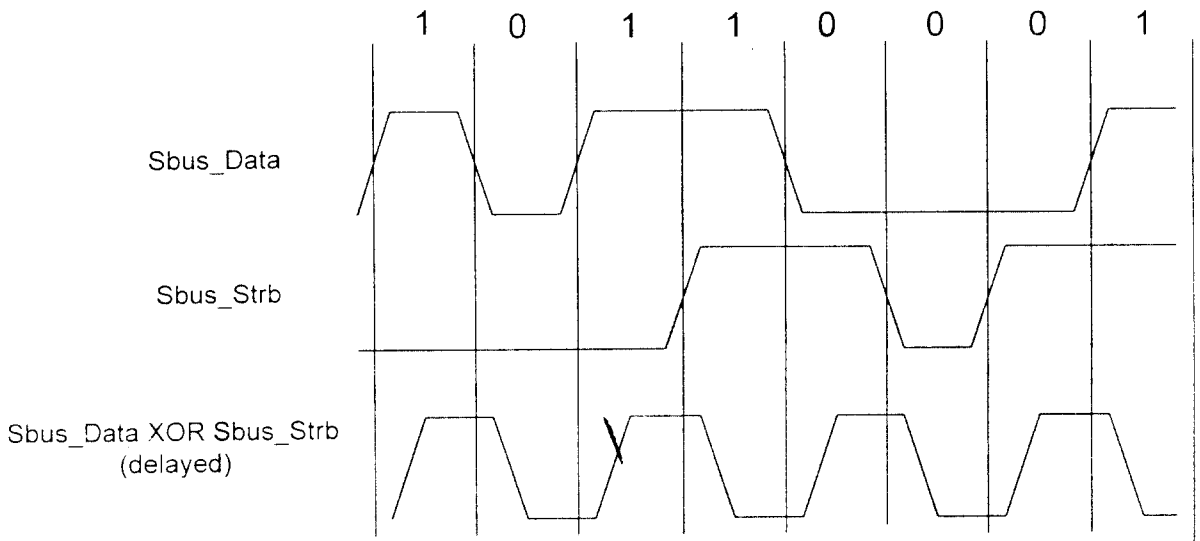


그림 3. 데이터 스트로브 인코딩

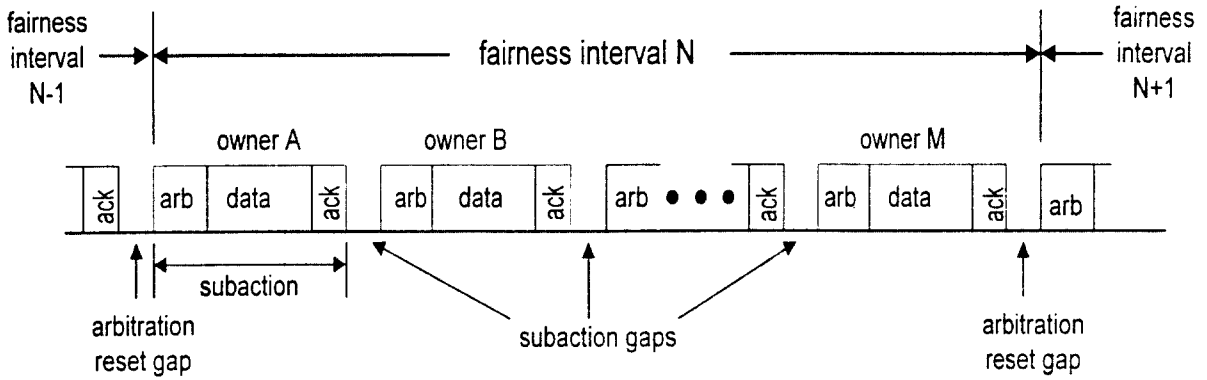


그림 4. 공정 간격 개념도

에 의한 접근만을 제공하므로 가장 높은 우선 순위를 가지는 노드가 항상 선택된다. IEEE 1394 시리얼 버스에서는 공정한 중재를 위해 경합 노드들 사이에서 접근 기회를 공정하게 나누는 공정 프로토콜(fair protocol)을 추가했다.

공정 프로토콜은 공정한 간격(fairness interval)의 개념에 바탕을 둔다. 공정한 간격은 그림 4에 보인 바와 같이 서브액션 간격(subaction gaps)이라 불리는 짧은 간격에 의해 분리되는 하나 또는 여러 주기들의 서브액션 버스 활동과 조금 더 긴 간격을 가지는 중재 리셋 간격(arbitration reset gap)으로 구성되어 있다. 각 서브액션 간격의 끝부분마다 버스를 사용할 다음 노드를 결정하기 위해 버스 중재가 사용된다. 공정중재 사용시 동작 노드는 각 공정한 간격에서 정확히 한번만 버스를 사용할 수 있다. 한번 버스를 사용한 동작 노드는 공정한 간격동안 다시 중재요청을 할 수 없고 대기중인 다른 노드에게 기회가 주어진다. 공정한 간격은 대기중인 마지막 노드가 버스를 사용하게 될 때 끝나게되고 이때 중재 리셋 신호가 발생하여 새로운 공정한 간격을 시작하게 한다.

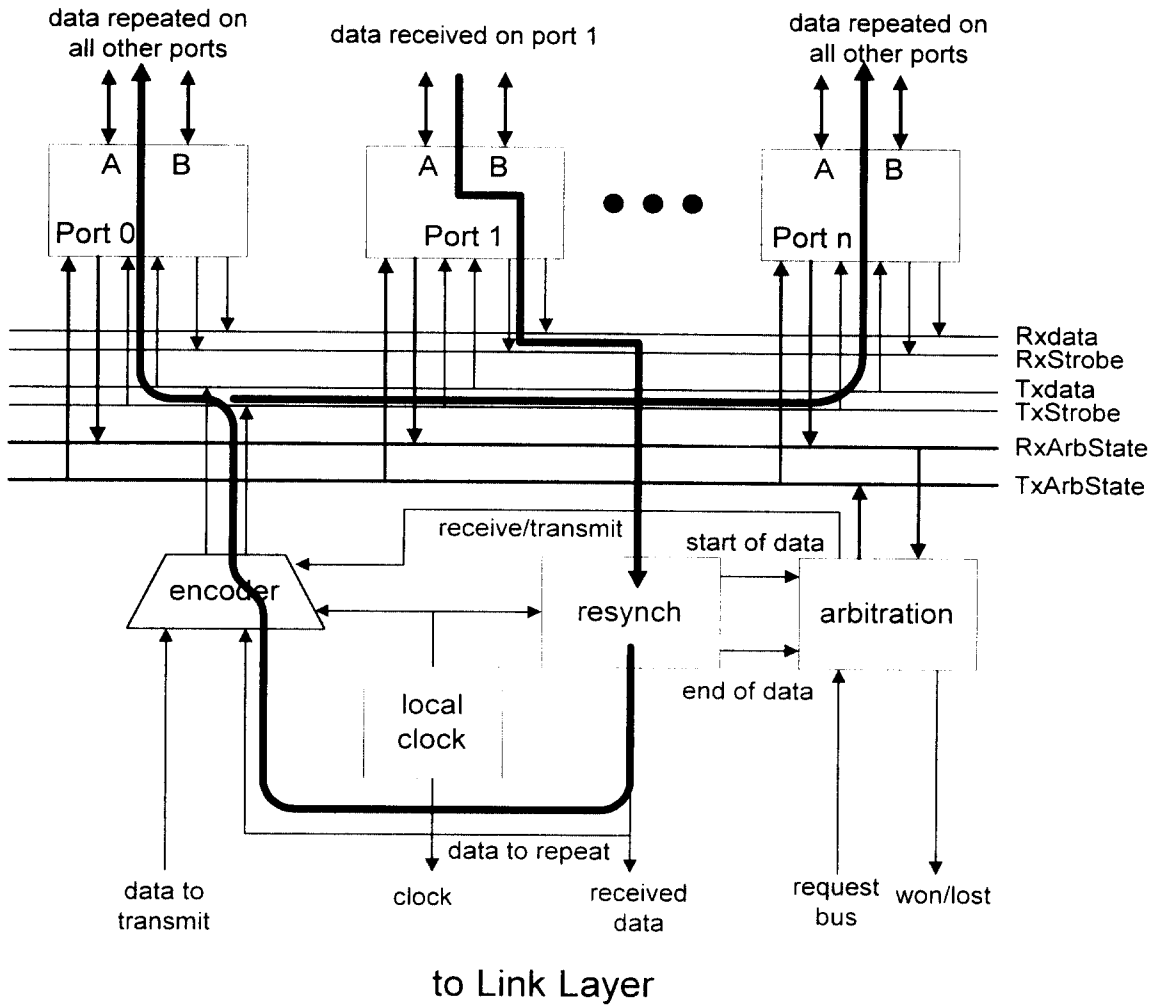
3.1.1 케이블 물리 계층(C-PHY)

케이블 환경은 물리적 커넥션(physical connections)이라 불리는 포인트 대 포인트 링크들에 의해 연결된 노드들의 네트워크이다. 물리적 커넥션은 각 노드상의 포트와 그들 사이를 연결하는 케이블로서 구성

된다. 하나의 노드는 그림 1에 보여주는 브랜칭 멀티호프 연결(branching multihop interconnect)을 허용하는 다중 포트들을 가질 수 있다. 한가지 제약은 노드들의 연결이 루프를 형성해서는 안된다는 것이다.

케이블 물리 계층은 논리적으로 그림 5에 보인 것처럼 포트들(Port x), 중재기(arbitration), 재동기기(resynch), 인코더(encoder) 등 4개의 주요 성분들로서 구성되어 있다. 포트들은 케이블 미디어 인터페이스를 제공하고, 중재기는 버스상의 접근을 제공하며, 재동기기는 데이터 스트로브 인코딩된 데이터 비트들을 받아 로컬 클럭에 동기화된 데이터 비트들을 발생시키고, 인코더는 노드에 의해 전송될 데이터 또는 재동기기에 의해 받아들인 데이터를 취하여 데이터 스트로브 형식으로 인코딩한다.

케이블 환경의 시리얼 버스는 관리자가 없는 고객 환경(customer environment)에서 동작하도록 의도되었다. 이것은 사용자가 시스템의 구성을 위해서 케이블을 플러그에 꼽는 일 외에는 아무 것도 할 필요가 없음을 의미한다. 이러한 편리한 기술은 포인트 대 포인트로 접속을 하는(버스가 아닌) 케이블 환경의 특성에서 비롯된 것으로, 케이블 구성은 버스 초기화, 트리 인식, 자기 인식의 세 단계로 이루어진다. 이 과정에서 케이블 환경은 트리 토폴로지로 만들어지고, 각 노드는 물리적 노드 번호를 할당받으며, 관리 계층(management layer)에 의해 사용되는 노드의 특정적 정보를 보낸다.



to Link Layer

그림 5. 케이블 물리 계층

먼저 버스 초기화에 대해서 살펴보면, 어떤 노드가 버스와 결합할 때마다 신호가 발생하여 모든 노드들을 특정한 상태로 보내어 모든 토폴로지 정보를 제거하고 다음 단계를 시작하게 만든다. 버스 초기화후 어떤 노드가 알 수 있는 유일한 정보는 자신이 branch(직접 연결된 하나 이상의 이웃)인지 leaf(단 하나의 이웃)인지 또는 isolated(연결 안됨)인지를 파악하는 정보이다. 이때 노드의 각 포트에는 개별적으로 번호가 붙여지는데, 번호를 붙이는데 특별한 순서는 없고 다만 각 포트마다 유일한 라벨을 부여하여 포트 초기화의 순서를 선택하는데 쓰인다.

버스 초기화 후 트리 식별이 진행된다. 이것은 일반적인 네트워크 토폴로지를 하나의 트리로서 전환하는 과정인데, 한 노드는 루트로서 지정되고 모든 물리적 커넥션은 루트 노드를 향하여 가리키는 방향을 가지게 된다. 각 연결된 포트를 "parent(루트와 가까운 노드에 연결된 포트)" 또는 "child(루트로부터 더 멀리 떨어진 노드와 연결된 포트)"로 명명함으로써 그 방향이 정해진다. 연결되지 않은 포트들은 "off"로 명명되고 이후의 중재 과정에 참여하지 않는다.

트리 식별이 끝나면 자기 식별 단계가 시작된다. 이

것은 각 노드에게 유일한 'physical_ID'를 선택하여 버스에 연결된 아무 관리자에게나 자신을 알리도록 기회를 제공하는 과정인데, 저 전력 관리와 시스템 토폴로지 맵(map)의 구축에 필요한 과정이다. 자기 식별 과정은 결정론적인 선택과정인데, 루트 노드는 미디어의 제어를 포트 수가 가장 적은 노드에게 보내어 그 노드가 그 자신과 그것의 모든 children이 자기 식별을 끝마쳤다고 보고하기를 기다린다. 루트는 그 다음 노드에게 제어를 넘겨서 그 노드가 같은 과정을 끝마치기를 기다린다. 루트의 모든 포트에 연결된 노드들의 식별이 끝나면 루트는 자신의 식별 정보를 보낸다. 일단 자기 식별 과정이 종결된 후, 노드들은 패킷들을 보내기 위하여 정상 중재(normal arbitration) 방법을 사용할 수 있다.

케이블 물리 계층은 다중 전송률(98.304, 196.608, 393.216 Mbps)을 지원한다. 이중 가장 낮은 속도(98.304)가 기본 전송률이 된다. 각 노드는 자신의 속도 정보를 자기 식별 패킷의 일부로서 브로드캐스트하고, 노드의 자기 식별 과정의 끝에서 'ident_done' 신호를 발생하는 동안 자신의 parent와 속도 정보를 교환한다. 이와 같은 속도 정보는 중재 과정동안 나중의 사용을 위해 양 노드들에 의해 기록하게 된다.

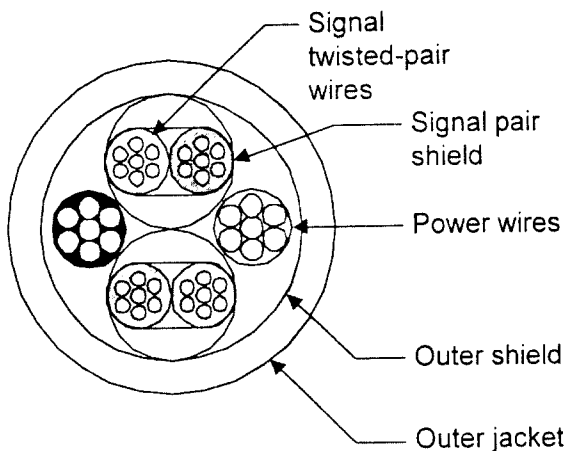


그림 6. 케이블 구조

케이블 미디어 인터페이스(cable media interface)는 물리적인 연결의 구현이며, 케이블에 대한 전기적인 인터페이스, 케이블 커넥터, 그리고 케이블 미디어 자체

의 세 가지 주요한 부분들이 있다. 케이블은 그림 6과 같이 두 쌍의 잘 절드된 비교적 높은 임피던스 신호선들과 한 쌍의 낮은 임피던스 전원선으로 구성되어 있다. 케이블은 8-40VDC 전압과 1.5A까지의 전류를 공급하며 시리얼로 연결된 어떤 노드가 전원이 꺼져있거나 작동하지 않더라도 버스 신호는 재생할 수 있게 하여 물리 계층상의 연속성을 유지하게 한다. 케이블 커넥터는 6개의 전기적인 접점으로 구성된 작고도 튼튼하며 아무라도 쉽게 연결할 수 있는 안전한 모양을 가지고 있다. 케이블 미디어는 임의의 두 노드사이에 4.5미터까지의 케이블 홉(hop)을 16개까지 가질 수 있어서 최대 72미터까지 연결시킬 수 있고 최대 400Mbps까지의 속도로 데이터를 전송할 수 있다.

3.1.2 백플레인 물리 환경(B-PHY)

백플레인 환경은 멀티 드롭(multi-drop) 버스 환경으로 매우 엄격하게 제어되는 전송선로로 이루어지며 브로드캐스트 버스(broadcast bus)상에 있는 모든 노드들에 의해 공유되는 두 신호 Sbus_Data와 Sbus_Strb를 사용한다. 백플레인 환경에서 사용되는 트랜시버는 호스트 백플레인 표준에서 사용되는 것들과 매칭이 되어야하므로 IEEE 1596 SCI에는 ECL, IEEE 396 Future Bus에는 BTL, VME와 NuBus에는 TTL을 사용한다.

백플레인 환경은 케이블 환경에서와 같은 초기화 요구들은 가지지 않는다. 왜냐하면, 토폴로지가 리피터(repeater)가 없는 하나의 브로드캐스트 버스로 고정되어있고 물리적인 번지는 호스트 백플레인에 의해 설정되어지기 때문이다.

백플레인 환경은 앞에서 설명한 공정 우선 알고리즘에 2가지 우선 순위인 공정 우선 순위와 긴급 우선 순위를 사용하여 중재를 한다. 버스 사용 기회의 3/4을 긴급 우선 순위를 사용하는 노드들에게 제공하고 나머지 1/4을 공정 우선 순위를 사용하는 노드들에게 균등하게 배분한다. 모든 노드는 공정 우선 순위를 사용할 수 있도록 구현되어야 하지만 긴급 우선 순위는 선택사항이다. 공정 중재와 긴급 중재를 같이 사용하는 경우에도 공정 간격을 사용하는데, 공정 우선 순위를 사용하는 노드들의

중재는 앞에서 설명한 바와 같이 한 공정 간격 주기 내에서 한번만 버스 사용 기회를 가지게 된다. 그러나 긴급 우선 순위를 사용하는 노드들의 경우에는 urgent-count라는 카운터를 두어 3으로 초기화한 뒤 버스를 사용할 때마다 하나씩 감소시키고 0이 아닐 경우 계속해서 기회를 가지게 되므로 한 공정 간격 주기 내에서 3번의 버스 사용 기회를 가지게 된다.

백플레인 환경에서 일반적인 우선 순위는 4 비트 긴급 우선 순위 레벨과 physical_ID의 결합으로 결정되며 중재 원칙은 다음과 같다. 중재 결합에서 긴급 우선 순위를 사용하는 노드는 공정한 우선 순위를 사용하는 모든 노드들을 항상 이기며, 가장 높은 우선 순위 레벨을 사용하는 노드가 결합에서 이기고, 한 개 이상의 노드가 가장 높은 우선 순위 레벨을 사용한다면, 가장 높은 physical-ID를 가진 노드가 이긴다.

3.2 링크 계층(Link Layer)

링크 계층은 확인응답된 데이터그램(datagram) 서비스를 트랜잭션 계층으로 제공하고, 어드레싱, 데이터 검사, 패킷 송신과 수신을 위한 데이터 프레임링(data framing)을 수행하며, 동시성 (isochronous) 데이터 전송 서비스를 어플리케이션에 직접 제공한다. 하나의 단일 패킷 전송 과정을 서브액션이라 부르는데, 서브액션은 중재 순서, 패킷 전송, 확인응답의 세 부분으로 구성되어 있고, 두 가지 형태의 서브액션인 비동기 서브액

션과 동시성 서브액션이 존재한다. 그림 7에 보인 바와 같이 비동기 서브액션에서는 가변량의 데이터와 여러 바이트의 트랜잭션 계층 정보가 지정된 주소로 전송되며 확인응답이 되돌아오고, 그림 8에 보인 바와 같이 동시성 서브액션에서는 가변량의 데이터가 규칙적인 간격으로 전송되며 확인응답이 없다.

링크 계층 서비스는 그림 9에 보인 바와 같이 request, indication, response, confirmation 동작이 있다. 트랜잭션 계층과 링크 계층은 버스사용의 효율을 최적화 하는 방식으로 상호 작용한다. 특히, write 트랜잭션은 단일(unified) 또는 분리(split)의 두 가지 방법으로 구현될 수 있다. 응답하는 노드의 트랜잭션과 링크 계층이 충분히 빠르면 전체 트랜잭션은 하나의 링크 계층 서브액션으로 수행될 수 있다. 응답이 오래 걸리는 경우에는 요구와 응답에 대해 분리된 링크 계층 서브액션을 사용하는 분리 트랜잭션이 요구된다. 이때 다른 링크 계층의 서브액션이 분리된 트랜잭션 사이에 끼여들 수 있다. 응답 트랜잭션 계층이 빠르면 두 개의 서브액션이 연계되어 연결 트랜잭션을 구성할 수 있는데, data end, subaction gap, arbitration이 생략되고, data prefix signal은 요구 응답신호를 위한 패킷 터미네이터로 사용된다.

시리얼 버스의 유용성을 향상하기 위해, 버스의 각 노드는 세 가지 접근 방법중 하나를 사용할 수 있다. 이러한 버스 접근 프로토콜은 공정 중재, 긴급 중재, 그리고 동시성 접근이다. 동시성 접근은 공통 클락 소스를

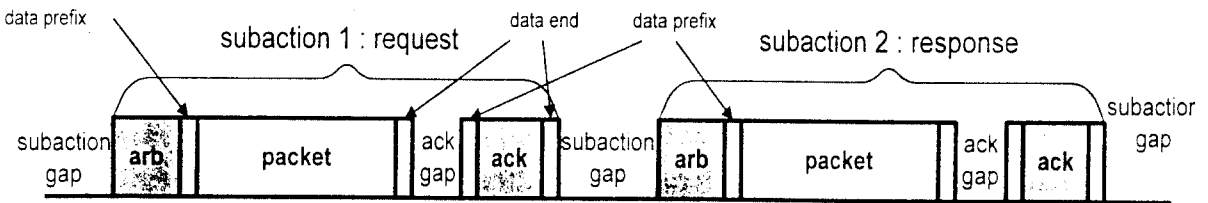


그림 7. 비동기 서브액션

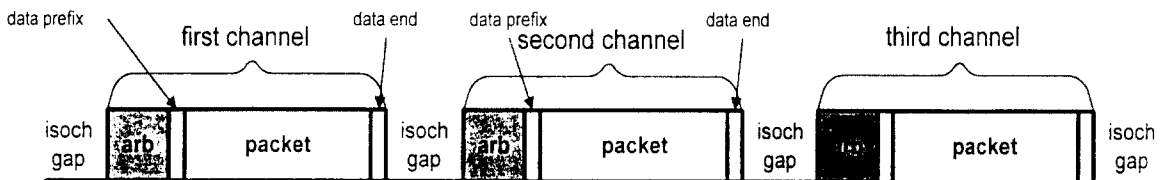


그림 8. 동시성 서브액션

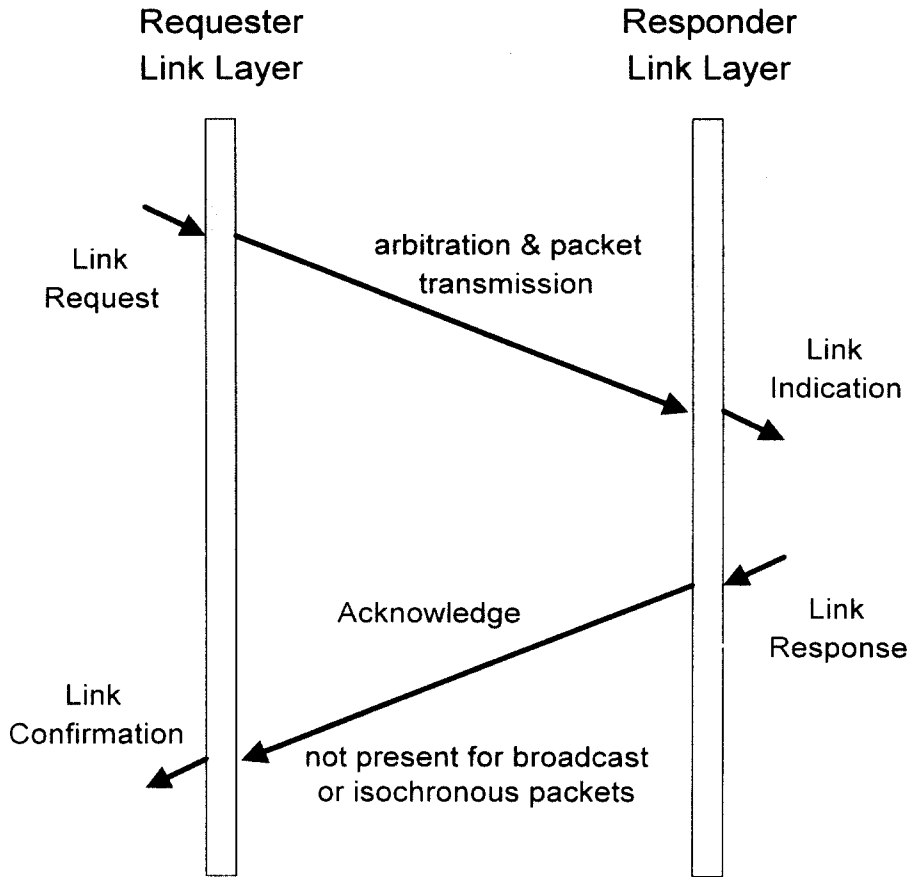


그림 9. 링크 계층 서비스

유지할 책임을 가진 사이클 마스터에게 가장 높은 우선 순위를 부여함으로써 기본적인 접근방식의 틀을 깨지 않고도 버스를 점유할 수 있게 한다. 동시성 데이터를 보내는 노드는 사이클 시작 요구에 응답하여 서브액션 간격을 기다리지 않고 즉시 버스 중재를 시작하여 중재에 성공하면 동시성 패킷을 즉시 보낸다. 이것은 동시성 패킷 사이의 최소 간격을 작게 만들어줌으로써 고속 전송을 가능하게 한다. 동시성 데이터를 보내는 모든 노드가 전송을 끝낸 후에야 서브액션 간격이 발생하고 정상적인 비동기 서브액션을 시작할 수 있다.

3.3 트랜잭션 계층(Transaction Layer)

트랜잭션 계층은 IEEE 1212 구조 버스 트랜잭션을 수행하기 위한 완전한 요구-응답 프로토콜을 정의한다.

트랜잭션 계층은 동시성 데이터 전송에 대한 서비스를 첨가하지는 않지만, 동시성 관리 데이터가 시리얼 버스 관리에 도달하여 동시성 제어 CSR들을 읽고 쓸 수 있는 통로를 제공한다.

시리얼 버스상의 노드들 사이에서 데이터 전송은 read, write, lock의 세 가지 트랜잭션에 의해서 수행된다. Read 트랜잭션은 응답자의 특별한 주소에 있는 데이터가 요구자에게로 다시 전송되게 하고, write 트랜잭션은 데이터가 요구자에게서 하나 혹은 그 이상의 응답자에게로 전송되게 하며, lock 트랜잭션은 데이터가 요구자에게서 응답자로 전송되고, 응답자에 의해서 처리되어지고, 요구자에게로 다시 전송되게 한다. 트랜잭션은 그림 10에 보인 바와 같이 request, indication, response, confirmation의 네 가지 서비스로 구성되어 있다.

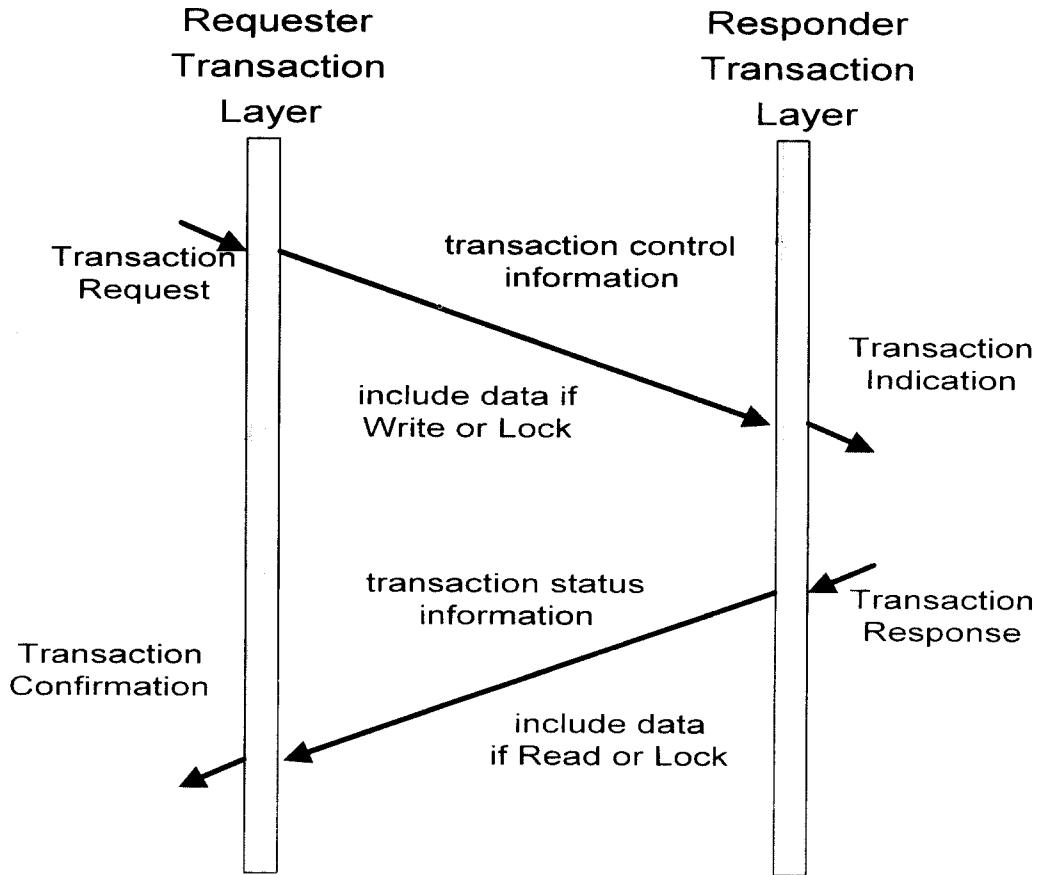


그림 10. 트랜잭션 계층 서비스

트랜잭션이 수행되는 방법으로는 단일(unified) 트랜잭션, 분할(split) 트랜잭션, 연결(concatenated) 트랜잭션, 브로드캐스트(broadcast) 트랜잭션, 펜딩(pending) 트랜잭션이 있다.

3.4 시리얼 버스 관리(Management)

시리얼 버스 관리는 시리얼 버스 노드들에 의해 요구되는 기본적인 제어 기능과 CSR들을 제공한다. 시리얼 버스 관리의 주요 기능은 버스 관리(bus management), 동시성 자원 관리(isochronous resource management), 노드 제어(node control) 등이며, 기능에 맞춰 버스 관리자, 동시성 자원 관리자, 노드 제어기 들로서 구성된다.

노드 제어기는 개개의 노드에서의 활동들을 구성하

고 관리하고, 버스 관리자는 버스 전력 관리, 속도 맵의 유지, 토폴로지 맵의 유지, 토폴로지 맵으로부터 얻어진 정보에 기반을 둔 버스 최적화를 수행한다. 동시성 자원 관리자는 동시성 대역 폭의 할당, 채널 번호들의 할당, 사이클 마스터의 선택, 버스 관리자의 부재시 전력 관리 또는 사이클 마스터의 활성화 등의 제한된 버스 관리자 기능을 수행한다.

IV. 향후 전망

음성/비디오/데이터 공공 교환 네트워크에서는 ATM (Asynchronous Transfer Mode)이 표준이 되어가지만 디스크 드라이브나 카메라 데스크 탑 컴퓨터들과 같은

장치들에 사용하기에는 값이 너무 비싸다. USB는 12Mbps 전송속도를 가져 키보드나 마우스를 컴퓨터에 연결시키는 등의 속도가 문제되지 않는 곳에서는 값이 싼 해결책이지만 디지털 오디오나 비디오 사용 등의 전송속도가 100Mbps 이상이 요구되는 곳에는 적절치 못하다. 100Mbps에서 1Gbps 스펙트럼에 이르는 디지털 오디오, 비디오 시장에서 IEEE 1394는 가장 효과적인 해결책이라 할 수 있다. 앞으로는 멀티미디어 기능이 계속 증가할 것이므로 복잡한 주변 장치를 하나의 케이블로 연결하고, 저가격/고성능을 제공하는 디지털 버스인 IEEE 1394의 응용도 계속 증가할 것이다.

현재의 IEEE 1394 표준은 100, 200, 400Mbps의 데이터 전송률을 지원한다. 연결된 디바이스의 용량에 의존해서 어떤 디바이스간의 연결은 100Mbps로 전송될 수 있고, 다른 디바이스간의 연결은 같은 버스로 400Mbps로 전달될 수 있다. 1394의 성능을 높이기 위한 개정안들이 작업중이어서 얼마되지 않아 800, 1600Mbps의 데이터 전송률도 추가될 것이다. 시리얼 버스에서 이런 고속의 데이터 전송률이 가능해지면 병렬 버스의 필요가 줄어들게 되므로 많은 응용제품들의 인터페이스에서 시리얼 버스가 병렬 버스를 대신하게 될 것이다. 점차적으로 SCSI와 같은 인터페이스를 지니는 것에도 성능 향상을 위해 IEEE 1394가 사용될 것이다. 스캐너, CD-ROM, 하드디스크 드라이브, 프린터와 같은 SCSI 제품들은 IEEE 1394로 전환되면 성능이 향상되어지는 디바이스들이다.

IEEE 1394의 사용은 홈 PC 사용자에게 매우 유용하다. 1394의 많은 장점은 전에는 실현이 어려웠거나 대부분의 소비자에게 너무 고가이었던 응용 제품들을 쉽게 사용하도록 한다. 가정용 비디오 테이프에 잡음이 적은 편집기술이 실현되고, 고화질의 영상, 비디오 화상회의, 디지털 영화 시청, 디지털 음악 녹음, PC를 사용한 가정의 전자 제어 시스템의 실현을 가능하게 한다. 또한 Plug'n'Play를 지원하여 전원이 공급된 상태에서 연결이 쉽기 때문에 게임기와 같은 어린아이들을 대상으로 하는 기기에도 많이 응용될 것이다. 전문가들은 1394 시리얼 버스 시스템이 음성과 영상을 가정과 다른 지역간에 전송하기 위해 먼 거리의 ATM 네트워크와 동

시에 작업하도록 확장될 것으로 전망하고 있다.

참 고 문 헌

- [1] David B. Gustavson, "Computer Buses-A tutorial", IEEE Micro, pp.7-22, August 1984.
- [2] Michael Teener, "A Bus on a Diet-The Serial Bus Alternative", Advanced Multiprocessor Bus Architecture, IEEE Computer Society Press, pp.180-194, 1995.
- [3] David B. Gustavson, "The Scalable Coherent Interface and Related Standard Projects", IEEE Micro, pp.10-22, February 1992.
- [4] Michael Teener, "New Technology in the IEEE P1394 Serial Bus - Making it Fast, Cheap and Easy to Use", Hot Interconnects Symposium '93, August 1993.
- [5] Gary Hoffman and Daniel Moore, "IEEE 1394: A Ubiquitous Bus", COMPCON '95, March 1995.
- [6] Stephen L. Diamond, "P1394: Good for desktops and portables", IEEE Micro, pp.81-83, April 1995.
- [7] "IEEE 1394-1995: Standard for a High Performance Serial Bus", IEEE Standard Press, December 1995.
- [8] "Universal Serial Bus(USB) Specification Revision 1.0", January, 1996
- [9] Ingrid J. Wickelgren, "The facts about FireWire", IEEE Spectrum, pp.19-25, April 1997.
- [10] Adam J. Kunzman and Alan T. Wetzel, "1394 High Performance Serial Bus: The Digital Interface for ATV", IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol.41, No.3, pp.893-900, August 1995.



박 성 모

- 1977년 2월 : 서울대학교 전자공학과 (공학사)
- 1979년 2월 : 한국과학기술원
전기및전자공학과 (공학석사)
- 1988년 12월 : 미국 노스캐롤라이나
주립대학 전기및컴퓨터공학과 (공학박사)
- 1979년 2월 ~ 1984년 7월 : 한국전자기술연구소 반도체
단 설계개발부 선임연구원
- 1988년 8월 ~ 1992년 5월 : 미국 버지니아주
올드도미니언 대학교 전기
및 컴퓨터공학과 조교수
- 1992년 8월 ~ 현재 : 전남대학교 컴퓨터공학과 부교수



김 봉 수

- 1980년 2월 : 성균관대학교 전자공학과 (공학사)
- 1985년 2월 : 한국과학기술원 전기및전자공학과 (공학석사)
- 1979년 12월~1987년 : (주)금성사 중앙연구소
- 1987년~현재 : 해태전자(주) 전자연구소 책임연구원