

## 스토리지 시스템 기술과 표준화 동향

노영욱\*, 서대화\*

### ● 목 차 ●

1. 서론
2. 스토리지 시스템의 요구 사항
3. 스토리지 시스템 기술
4. 네트워크 연결형 스토리지 시스템
5. 표준화 동향
6. 결론

### 1. 서론

반도체와 저장 매체 기술의 발달로 자기 디스크의 가격은 급격히 떨어지고 있으며, Web에 기반한 대규모 전자 상거래 시스템과 대용량 저장 용량을 필요로 하는 멀티미디어 데이터의 일반화로 대용량 저장장치에 대한 요구가 높아지고 있다. 대규모 데이터 저장 센터의 경우에 전체 투자 금액의 약 50% 정도가 스토리지 부분에 투자되고 있으며 2003년에는 전체 금액의 75%가 스토리지 부분에 투자될 것으로 예상하고 있다[1].

이러한 데이터 이용의 변화에서 기존의 네트워크 파일시스템에 기반한 파일 관리는 기하급수적으로 증가하는 데이터 처리에 한계가 있어서 네트워크에 스토리지를 직접 연결하는 네트워크 연결형 스토리지 시스템에 대한 개념이 나타나게 되었다. 네트워크 연결형 스토리지 시스템은 스토리지 시스템을 직접 관리하는 서버가 존재하지 않아 데이터의 무결성과 보안의 취약성, 스토리지 시스템의 분산으로 인하여 관리가 복잡한 단점이 있다.

그러나 네트워크 연결형 스토리지 시스템은 서버와 클라이언트와 같은 네트워크에 접속시키면서 위치적으로 분리해서 확장성이 있고, 저장 공간을 줄이고, 새로운 스토리지 시스템을 추가하는데 드는 시간과 비용을 줄일 수 있고, 데이터 관리를 간소화하고 데이터 가용성을 증대하고 클라이언트간의 데이터 공유가 가능하고 데이터의 백업의 어려움을 해결하는 장점이 있다.

네트워크 연결형 스토리지 기술의 대표적인 것으로 NAS(Network Attached Storage)와 SAN(Storage Area Network)이 있다. NAS와 SAN은 시스템 통합, 빠르고 편리한 설치, 중앙 관리, 편리한 백업, 고가용성, 데이터 공유의 장점을 가지고 있다. 현재까지는 SAN 제품들간에 호환성 문제나 투자비용의 문제 등으로 인하여 시장 형성이 빠르지 못하나 SAN 환경에 대한 투자가 2003년에는 1998년에 비해 10배 정도의 증가가 있을 것으로 시장 조사 기관에서 예측하고 있다. 그리고 앞으로는 서버 종속적인 스토리지 시스템의 증가세는 둔화되고 NAS 또는 SAN 스토리지의 성장세가 지속적으로 이어질 것으로 예측하고 있다.

본고에서는 최근의 인터넷 환경으로 인한 컴퓨팅 환경의 변화에 따른 스토리지 시스템에 대한 요

\* 신라대학교 컴퓨터교육과 조교수

\*\* 경북대학교 전자전기공학부 부교수

구 사항을 분석하고 이러한 요구 사항을 만족하기 위한 최근의 스토리지 기술과 네트워크 연결형 스토리지 기술의 대표적인 것으로 NAS와 SAN을 비교하며 네트워크 연결형 스토리지 시스템에 관련된 표준화 동향을 기술한다.

## 2. 스토리지 시스템의 요구 사항

최근의 인터넷의 확산으로 인하여 통신과 데이터 저장 방식을 포함한 컴퓨터 환경에도 많은 변화를 요구하고 있다. 이중에 대량의 저장과 이 기종의 서버에 저장된 데이터를 통합 관리하기에 어려움이 많다. 먼저 최근의 인터넷 환경에서 스토리지 분야에 영향을 미치는 요인을 살펴보면 다음과 같다[2].

### 2.1 데이터 이용 환경 변화

#### 2.1.1 데이터 이용의 양적 증가

전자 상거래의 활성화, 전자적 자원 관리 시스템 구축, 인터넷을 기반으로 한 웹 컴퓨팅의 보편화로 데이터 저장 공간과 이용이 기하급수적으로 증가하고 있다. 가트너 그룹의 분석에 의하면 최근 5년 100%의 증가세를 나타내고 있다.

#### 2.1.2 데이터 타입의 변화

멀티미디어 데이터를 사용하는 응용 프로그램의 활성화와 HTML을 비롯한 구조적 문서 사용의 보편화로 인하여 종래의 트랜잭션 중심의 데이터 타입에서 MB 급의 크기를 갖는 형태로 변화하고 있다.

#### 2.1.3 분산 이기종 환경

기업의 컴퓨터링 환경이 메인 프레임을 중심으로 한 호스트 환경에서 클라이언트-서버 환경으로 변화함에 따라 서로 다른 플랫폼과 운영체제를 사용하는 분산 컴퓨터링 환경이 일반화되고 있다. 분산 환경에서는 기존의 서버에 종속적인 스토리지

시스템의 사용은 효율적인 데이터 관리 면에서 다음과 같은 여러 가지 문제점이 나타나게 되었다.

#### - 데이터 통합 관리의 어려움

각 업무의 개발이 이기종 환경의 클라이언트-서버 자체로 개발됨에 따라 데이터 포맷이 다를 경우 이를 통합하여 관리하는데 어려움이 발생한다.

#### - 스토리지의 비효율성

스토리지 시스템이 서버에 종속되므로 서버의 이용률이 떨어지게 되면 스토리지의 이용률도 떨어지게 된다. 즉, 남아 있는 기억 공간을 다른 서버에 의해 사용되는 것이 불가능하므로 전체적으로 스토리지 시스템의 활용도가 저하된다.

#### - 데이터 전송의 한계

스토리지 시스템간의 데이터 전송이 LAN 또는 WAN으로 연결된 서버 사이에 이루어지므로 대량의 데이터를 고속으로 전송하는데 한계가 있다.

위와 같은 문제점을 해결하기 위한 방안으로 등장한 것이 네트워크 연결형 스토리지 시스템 기술이다.

### 2.2 네트워크 연결형 스토리지의 요구 조건

네트워크 연결형 스토리지의 환경은 분산 시스템이 기본적으로 갖추어야할 네트워크에 연결된 모든 자원의 통합 기능, 간편하고 신속한 설치, 중앙 관리, 고가용성 및 자료 공유와 같은 기능들이 외에도 다음과 같은 요구 사항을 만족하여야 한다.

#### 2.2.1 데이터 저장 환경의 추상화

여러 개의 호스트에 물리적으로 분산된 스토리지들을 논리적으로 하나의 공유 스토리지 시스템으로 보아야 한다. 공유된 파일시스템은 다수의 응용 프로그램 서버에서도 단일화된 형태로 보아야 한다.

#### 2.2.2 분산 배치

전자 상거래의 일반화에 따라 원격 데이터는 계

속 사용 가능해야하고 모든 데이터는 지역적 재해에 대해 보호될 수 있도록 자주 갱신되는 복사 본을 가지고 있어야 한다. 더욱이 인터넷이 고속화됨에 따라 인트라넷 환경에서도 인터넷을 이용하는 환경으로 변화하고 있다.

### 2.2.3 보안 강화

온라인 전자 상거래가 폭발적으로 증가하고 해킹 수법이 보다 정교해짐에 따라 네트워크 연결형 스토리지에서의 보안은 매우 중요하다. 특히 SAN은 자체 파일 시스템을 존재하지 않으므로 접근 통제에 매우 중요하다. 기존의 파일서버들은 물리적인 방법을 통해 불법적인 접근을 어느 정도 막을 수 있었지만 네트워크 연결형 스토리지에서는 스토리지를 네트워크에 직접 연결함에 따라서 보안 측면에서 취약한 점이 많다.

### 2.2.4 동적 확장성

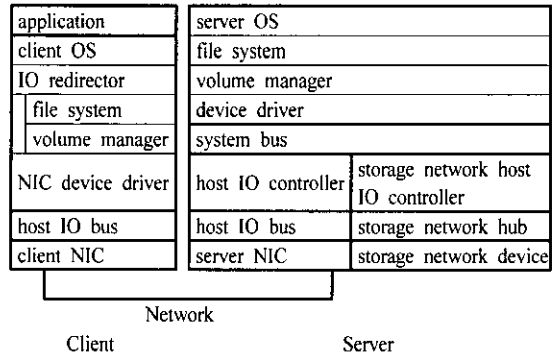
단일 저장 장치의 접근 속도와 저장 공간의 증가뿐만 아니라 증가하는 컴퓨팅 파워와 클라이언트 수를 수용하기 위한 저장 능력을 동적으로 확장하는 능력이 필요하다.

### 2.2.5 백업 개선

기존의 백업은 각 서버에서 직접 백업을 받거나 백업 서버에 연결된 LAN을 통해서 네트워크 사용이 적은 심야 시간을 이용하여 다른 서버에 백업하였다. 이는 서버 수와 동일한 백업 장치가 필요하고 관리도 복잡한 문제가 있다. 저속의 LAN으로 백업을 하면 백업 성능이 저하되고 LAN의 네트워크 트래픽에도 영향을 미치는 문제점이 있다. 따라서 스토리지로부터 직접 테이프 장치에 고속으로 데이터 전송이 가능한 서버가 없는 백업이 필수적이며 재해를 대비한 원거리로의 백업도 고려되어야 한다.

## 3. 스토리지 시스템 기술

(그림 1)은 클라이언트-서버 환경에서 일반적인 IO 경로를 논리적으로 나타낸 것이다.



(그림 1) 클라이언트 서버 시스템에서 IO 경로

스토리지 시스템의 성능을 개선하기 위해서는 저장 매체 자체의 성능 개선과 IO 경로에 있는 모든 요소들의 하드웨어와 소프트웨어의 성능을 개선하여야 한다. 여기서는 호스트 IO 버스, 호스트 IO 제어기와 연결 구조에 대해서 기술한다.

### 3.1 호스트 IO 버스

데이터가 시스템 메모리 버스로부터 호스트 IO 버스로 전달된다. 지금까지 호스트 IO 버스로는 S-bus, EISA, VME, PCI 버스 등이 사용되었다. 호스트 IO 버스는 시스템에 추가되는 카드를 인식하고 메모리 버스와 데이터 전달과 버스에 연결된 카드 사이에 데이터를 전달하는 기능을 수행한다. 프로세스의 성능 증가에 비례하여 IO 버스의 성능 향상이 필요하다. 최근에 연구 개발 중인 호스트 IO 버스로는 PCI-X, InfiniBand, RapidIO 등이 있다.

최근에 발표된 IO 기술은 틈새 시장을 목표로 하고 있다. PCI-X는 보드내의 여러 구성 요소를 연결한다. InfiniBand는 외부의 빠른 IO를 연동하기 위한 시리얼 기술로 고속의 네트워크 인터페이스와

여러 서버를 연결하는 기술이다. RapidIO는 전화 교환기와 라우터와 같은 내장형 시스템을 목표로 하는 병렬 기술이다[3].

### 3.1.1 PCI-X

PCI-X는 PCI의 가격대비 성능을 높이기 위해 Compaq, HP, IBM, Intel 등의 회사가 주축으로 사양을 개발한 것으로 RRS(register-to-register)를 구현한 것이 PCI와 차이점이다. RRS는 신호를 보다 정확하게 처리할 수 있어 동일한 크기의 버스가 보다 높은 클럭과 데이터 전송률을 제공할 수 있다. RRS는 PCI와 비교할 때 쓰기 IO 성능은 동일하나 읽기 IO는 속도를 두 배로 높일 수 있다. 그리고 PCI-X는 주변 장치들이 버스 채널을 접근할 때 대기하는 시간을 제한하여 지연 시간을 감소시킨다. 현재는 PCI-X 버스와 PCI 주변 장치들이 하드웨어와 소프트웨어가 호환되나 PCI 버전에 따라 전기적으로 호환되지 않는 것이 있을 수 있으나 PCI V2.3에서는 해결될 것이다. PCI-X는 현재 초당 1GB 전송률을 가지나 미래에는 2GB 또는 4GB의 전송률을 가질 것으로 예상되며 고속의 네트워크 기술과의 보다 연동이 잘 될 것으로 예상된다.

### 3.1.2 InfiniBand

InfiniBand는 Cisco, Compaq, HP, IBM 등의 회사가 주축으로 진행한 Future IO와 Intel에 의해 시작되고 Dell, Sun등이 지원하는 Next Generation IO 프로젝트를 통합하여 나온 기술이다. InfiniBand는 통신 장치들을 연결하는 케이블에 따라 초당 2.5Gbits, 10Gbits, 30Gbits의 데이터 전송을 제공하며 최대 64,000개의 CPU, 저장시스템과 다른 구성요소를 연결할 수 있는 스위치 기반 구조를 가지고 있다. 이 기술은 구리선을 사용할 경우에 17 미터 단일 모드 광케이블을 사용할 경우에 10Km까지 작동범위가 다양하다. InfiniBand는 IPv6 주소 방식을 기반으로 하여 각 노드는 128비트의 IP 주소를 사용하

여 고속의 인터넷 연결이 가능한 구조를 개발할 수 있다. 외부의 서버는 TCP/IP 패킷을 InfiniBand 패킷으로 전환하고 다른 서버에 이 패킷을 전달함으로써 신뢰성과 상호 운영성에 대한 부담을 줄일 수 있다.

### 3.1.3 RapidIO

RapidIO는 Motorola, Cisco, IBM, Nortel Networks을 포함한 약 40여개의 회사들이 개발하는 기술로 각 구성요소의 데이터 전송률을 높이고 지연을 줄여서 스위치 구조를 가지는 내장형 시스템의 성능을 개선하는데 사용된다. RapidIO는 높은 QoS 수준을 요구하는 응용을 구현하는 능력과 관리를 개선하기 위해 제어판 인터페이스를 제공한다. 내장형 시스템 개발자는 전통적으로 PCI를 사용하였다. RapidIO는 LVDS(low voltage differential signal)을 사용한다. LVDS은 단일 선 사이의 전압차이를 사용하여 통신하는 기존 방법과는 달리 두선 사이의 전압차이를 사용하여 통신한다. 그리고 RapidIO에서는 모든 처리가 하드웨어로 이루어짐으로써 IO 소프트웨어를 작성, CPU 또는 전용 프로세서에서 그 소프트웨어를 수행할 필요성을 제거함으로써 CPU의 부담을 줄이고 시스템의 가격을 줄일 수 있다. 구성요소의 수와 크기를 줄이는 것은 내장형 시스템에서는 중요한 고려 요인이다. RapidIO는 높은 대역폭과 신뢰성이 필요한 전화 교환기와 라우터와 같은 네트워크 장치 응용의 요구에 가장 적합하다.

## 3.2 호스트 IO 제어기

호스트 IO 버스로부터 데이터는 호스트 IO 제어기(controller)(또는 호스트 버스 어댑터)로 전달된다. 호스트 IO 제어기는 호스트 IO 버스에 부착되는 별도의 카드나 시스템 보드에 칩으로 존재한다. 호스트 IO 제어기를 제어하는 소프트웨어는 제어기 내의 firmware와 시스템 디바이스 드라이브에서

수행한다. firmware는 전력 테스트와 오류 검출과 같은 역할을 하며 장치 드라이브는 데이터 전송과 연산 모드를 담당한다. 네트워크 연결형 스토리지는 호스트 IO 제어기로 시리얼 SCSI인 Fibre Channel, SSA, IEEE 1394 등을 사용하나, 현재는 Fibre Channel이 많이 사용되고 있다.

Fibre Channel은 현재 전이중 1Gbps의 전송 속도와 전송거리 10km까지 가능하다. Fibre Channel에는 FC-AL(Fibre Channel Arbitrated Loop)와 Fabric의 주 종류의 네트워크가 있다. FC-AL은 Fibre Channel 허브를 사용하고 8bit 주소를 사용하여 1 Loop 최대 126 노드 접속이 가능하다. 그러나 자원을 공유하기 때문에 접속 노드에 장애가 발생하거나 새로운 노드 접속등으로 발생하는 초기화 때에 다른 노드의 통신에 영향을 미칠 수 있다. 그러므로 소규모 시스템에 적합한 시스템이다. Fabric은 24bit 주소를 사용하여 최대 1,600만개의 노드가 접속되는 스위치 접속형의 시스템이다. 병렬처리가 가능하고 한 노드의 장애가 다른 노드에 영향을 미치지 않아 고성능 병렬처리 시스템과 대규모 SAN에 적합하다.

### 3.3 IO 버스와 네트워크 연결

스토리지 장치와 시스템을 연결하는 구조는 성능과 확장성에 영향을 미치는 요인이다. 데이터 네트워크를 연결하는 버스, 루프, 스위치형 구조가 스토리지를 연결하는데에도 사용할 수 있다. <표 1>은 데이터 네트워크와 스토리지를 연결하는 구조를 비교한 것이다.

<표 1> 데이터 네트워크와 스토리지 연결 구조 비교

	Bus topology	Loop Topology	Switched Topology
Data Networking	Archnet Thick ethernet Thin ethernet	Token Ring FDDI	10BaseT 100BaseT 1,000BaseT ATM
Storage Connectivity	Parallel SCSI ATA FC point-to-point	SSA Firewire FC Loop	ESCON FC fabric

버스 방식은 공유 케이블을 사용하여 병렬과 시리얼 형태로 전송가능하므로 케이블에 연결된 장치나 시스템이 동시에 버스를 사용하고자 할 때 중재하는 기능이 필요하다. 루프 방식은 루프를 여러 장치가 공유하여 중재가 필요하다는 점에서는 버스 방식과 유사하나 시리얼 전송을 사용하는 것과는 이중 루프를 사용하여 동시에 반대 방향으로 트래픽을 분산할 수 있는 것이 버스와 차이가 있다. 스위치 방식은 시리얼 전송을 하는 점에서는 루프 방식과 유사하나 공유 케이블을 사용하지 않고 중앙에 있는 스위치에 케이블이 직접 연결되어 중재가 필요없어 스위치에 연결된 여러 구성 요소 쌍 사이에 동시에 통신이 가능한 장점이 있다.

## 4. 네트워크 연결형 저장시스템

네트워크 연결형 저장 시스템은 서버와 클라이언트로부터 스토리지를 분리하여 확장 가능한 네트워크에 스토리지를 위치하게 함으로써 낭비 공간과 새로운 스토리지를 추가하는 시간을 줄이고 백업의 불편함을 줄일 수 있다. 그리고 시스템 관리를 간단하게 하고 데이터 가용성을 높이며 클라이언트 사이에 데이터의 공유가 가능한 장점이 있다. 한편, 네트워크 연결형 저장시스템은 네트워크에 분산된 시스템이 많아짐으로 많은 기계가 정상적으로 동작되어야 하고, 통신 프로토콜 처리의 부담과 네트워크에서 데이터의 무결성과 보안이 노출되는 단점이 있다.

### 4.1 NAS와 SAN

대부분의 네트워크 연결형 저장시스템은 NAS)와 SAN 기술 중에 하나에 속한다. 간단히 NAS와 SAN의 차이를 구분하면 NAS는 클라이언트에 내장형 파일시스템 기능을 제공하는 것이고 SAN은 내장형 파일시스템 기능을 제공하지 않는 것으로 구분할 수 있다[1]. NAS와 SAN의 구체적인 차이점

은 <표 2>와 같다.

<표 2> NAS와 SAN의 비교

	NAS	SAN
Protocol	NFS, CIFS	FCP(Fiber Channel Protocol), Serial SCSI
Network	Ethernet	Fiber channel
Source/Target	Client/Server, Server/Server	Server/Device
Transfer object	Files	Device blocks
Storage device connection	IO bus or Channel on network	Direct on network
Embedded file system	Yes	No

그러나 NAS와 SAN은 경쟁 관계에 있는 기술이 아니다. SAN은 저장 관리의 효율성을 위해 파일 시스템의 특징을 포함하는 것은 피할 수 없다. SAN 시스템은 스토리지와 스토리지가 연결된 스토리지 영역의 네트워크를 통칭한 것이다. 협의의 의미에서 SAN은 서버와 스토리지를 연결하는 Fibre Channel 허브, 스위치와 라우터만 포함한다고 볼 때 IP 트래픽을 처리할 수 있도록 SAN의 기능이 확장되어 다중 프로토콜을 갖는 SAN에 NAS를 연결하여 사용할 수 있을 것이다[4].

#### 4.2 SAN의 산업 및 기술 동향

SAN에 관련된 기술은 네트워크 기술, SAN 관리 기술과 SAN 응용 기술로 분류할 수 있다. SAN의 기본적인 네트워크는 Fibre Channel으로[5], 서버와 스토리지 시스템을 연결하는 Fibre Channel 인터페이스에 대한 표준이 정리되어 가고 있다. 현재 Fibre Channel은 전이중 1Gbps의 전송 속도와 최대 10Km의 전송 거리가 가능하다. SAN의 네트워크와는 달리 SAN 환경을 관리하는 기능과 관리 소프트웨어에 대한 표준화 작업은 아직 부족한 상태이다. SAN 관리 소프트웨어는 스토리지 시스템 관리 소프트웨어는 개발하는 업체들을 중심으로 상용화되고 있으며 상용화된 제품들은 다음과 같다[2,5].

- Tivoli의 Vision(Storage Management Solutions)
- Sun의 StoreEdge
- Compaq의 SANworks
- HP의 HP SureStore E
- Legato의 ESMA, NetWorker, GEMS, SmartMedia
- Vixel의 Insite2000
- Veritas의 SANPoint Control
- HighGround의 SMR(Storage Resource Manager)
- Gadzoox Network의 Ventana SAN Manager
- Brocade의 Web Tools
- Datacore의 Cantata software
- QLogic의 QLconfig와 QLview

### 5. 표준화 동향

#### 5.1 FA(Fibre Alliance)

FA는 1999년 2월 EMC를 중심으로 Fibre Channel과 관련된 표준화 작업을 하고 있다. 이 그룹에서는 서버와 스토리지 시스템을 연결하는 Fibre Channel의 표준 인터페이스와 관련 네트워크 장비의 인터페이스 규격을 연구한다.

#### 5.2 FCIA(Fibre Channel Industry Association)

FCIA는 FA가 EMC의 스토리지 시스템 사양에 치우친 규격을 문제점으로 제시하며, SUN, HP 등의 서버 업체와 스토리지 업체들이 중심이 되어 진정한 의미의 개방형 컴퓨팅 환경에 적합한 Fibre Channel 기술에 대한 표준 사양을 연구하고 있다.

#### 5.3 SNIA(Storage Networking Industry Association)

SNIA는 1997년 9월 SAN 관련 기술의 공동 연구와 보급을 위해 100여개의 서버 업체와 스토리지 업체를 중심으로 결성되었다. 초기에는 포럼 형태

로 관련 업체들 간의 기술 교류를 주목적으로 하였으나, 현재는 SAN과 관련된 표준 규격을 연구하는 활동을 진행하며 기술 위원회에는 스토리지 네트워크 관리, 파일 시스템, 백업 등의 워킹 그룹이 있다.

#### 5.4 IPS(IP Storage)

IETF에서 IP 기반 네트워크에서 블록 스토리지 트래픽을 전송하는데 필요한 기술의 표준화 활동이다. IPS는 IP 기반 전송에서 SCSI와 Fibre Channel 등의 기존의 프로토콜을 포함한 전송과 전송에 관련된 보안, naming, discovery, configuration에 초점을 맞추고 있다[6].

### 6. 결론

인터넷을 기반으로한 컴퓨팅 환경의 변화로 정보의 양은 폭발적으로 증가하고 있으며, 이에 따라 이들 정보를 저장하고 관리하는 것은 매우 중요한 문제이다. 이들 정보를 저장하기 위한 네트워크 연결형 스토리지 시스템의 역할은 중요하다고 하겠다. 네트워크 연결형 스토리지 시스템의 하부 기술에 대한 연구 개발이 진행되고 있고 시장 환경도 개선되고 있으나 아직 해결해야 할 과제가 많다. 특히 이 기종간의 상호 운영성 문제를 해결할 수 있는 표준화된 기술이 절대적으로 필요하다. 특히,

NAS와 SAN으로 대표되는 네트워크 연결형 스토리지 기술은 시장에서 서로 경쟁하는 것으로 보이거나 앞으로는 두 기술이 서로의 부족한 점을 보완하는 형태로 발전될 것으로 기대된다.

### 참고 문헌

- [1] G.A. Gibson and R.V. Meter, "Network Attached Storage Architecture," CACM, Vol.43 No.11, Nov. 2000, pp.37~45.
- [2] 서대화, 민병준, 임기욱, "네트워크 연결형 스토리지 기술 동향," 한국정보과학회지 제19권 제3호, 한국정보과학회, pp.6~13, 2001. 3.
- [3] G. Lawton, "New I/O Technologies Seek to End Bottlenecks," Computer, IEEE, Vol.34, No.6, Jun. 2001, pp.16~18.
- [4] M.Farley, Building Storage Networks, Osborne/McGraw-Hill, Berkeley, 2000.
- [5] "Fibre Channel Solutions : management," Fibre Channel Association, <http://www.fibrechannel.com/>, 1999.
- [6] M.A.Carlson, S.Mali, M.mehar, C.Minia, M. Rajagopal, A Framework for IP Based Storage, draft-ietf-ips-framework-00.txt, IETF, Nov. 2000.

## 저자약력



**노 영 옥**

1985년 부산대학교 계산통계학과(이학사)  
1989년 부산대학교 대학원 전자계산학과(이학석사)  
1998년 부산대학교 대학원 전자계산학과(이학박사)  
1989년-1996년 한국전자통신연구원 연구원  
1996년-현재 신라대학교 컴퓨터교육과 조교수  
관심분야: 운영체제, 멀티미디어, 병렬/분산시스템, 컴  
퓨터교육  
e-mail : yulho@silla.ac.kr



**서 대 화**

1981년 경북대학교 전자공학과 학사  
1983년 한국과학기술원 전산학과 석사  
1993년 한국과학기술원 전산학과 박사  
1983년-1995년 한국전통신연구원 연구원  
1995년-현재 경북대학교 전자전기공학부 부교수  
관심분야: 시스템소프트웨어, 실시간시스템  
e-mail : dwseo@ee.knu.ac.kr