

가상화와 컴퓨터 네트워크의 활용 - 6 : 네트워크 스토리지 기술 - (2)

최영락 휴레이포지티브 선임연구원 & OVNC 기술매니저

- 연재 목록 -

- | | |
|------------------------|-----------------------|
| 1. 가상화와 데이터센터 | 6. 네트워크 스토리지 기술 - (2) |
| 2. 데이터센터 네트워크 구성 - (1) | 7. 활용 사례 - (1) |
| 3. 데이터센터 네트워크 구성 - (2) | 8. 활용 사례 - (2) |
| 4. 가상화와 네트워크 스토리지 | 9. 활용 사례 - (3) |
| 5. 네트워크 스토리지 기술 - (1) | |

지난 연재에서는 파이버 채널(FC)을 중심으로 하여 네트워크 스토리지의 필요성 및 발전 과정, 그리고 SAN 적용에서의 접속 과정 및 단점 등을 살펴보았습니다. 이번 연재에서는 지난 연재에 이어 TCP/IP 기술과 통합되어 탄생 및 발전한 iSCSI와 FCoE 두 기술을 중심으로 살펴보려고 합니다.

iSCSI

지난 7월 연재에서 살펴보았던 SCSI(Small Computer Systems Interface)는 디스크를 컴퓨터/서버에 직접 부착하여 사용하는 DAS(Direct Attached Storage)에 해당하는 디스크 컨트롤러 방식 중 하나입니다. 사실, SCSI는 하드디스크만을 위한 규격이라기 보다는 하드디스크를 포함한 여러 주변기기와의 입출력을 위한 표준 규격입니다. 상대적으로 SCSI를 지원하는 컨트롤러가 비쌌어도 당시 SCSI와 비교되는 IDE/E-IDE 방식보다 매우 안정적으로 데이터 입출력을 수행하는 장점이 있었습니다.



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

[그림 1] SCSI CD Writer 제품 예 및 음향/방송 데이터 저장을 위한 CD 유형 로고

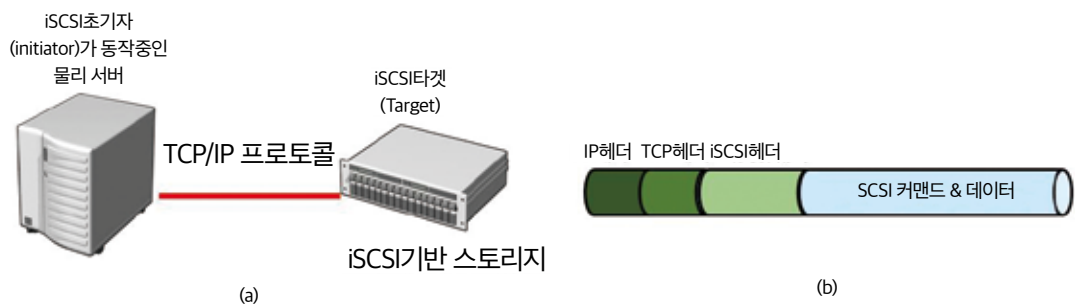
다른 방식과 비교했을 때 SCSI의 안정성을 확인할 수 있는 한 예를 들면, 요즘은 많이 쓰이지 않지만 1990년대 말에서 2000년도 초반에는 CD를 직접 제작할 수 있는 CD Writer라는 장비가 많이 사용되었습니다. CD Writer 장비를 이용하여, 컴퓨터 데이터를 기록하기도 하지만, 74분/80분 저장이 가능한 음악 CD[그림 1-(a)]와 MPEG/MPEG-2 규격의 비디오를 CD에 저장하는 비디오 CD[그림 1-(d)] / 슈퍼 비디오 CD[그림 1-(e)]를 직접 제작할 수 있었습니다. (물론, 나중에 DVD가 나오면서 DVD Writer가 등장하였으며,

현재는 영상을 더 이상 CD에 저장하지는 않고 DVD나 블루레이를 사용합니다.) 당시 CD Writer 제품은 IDE/E-IDE를 지원하는 제품과 SCSI를 지원하는 제품이 있었는데, SCSI 제품[그림 1-(a)]이 IDE/E-IDE 제품보다 2~3배 정도 비싼데다, 별도의 SCSI 컨트롤러 카드[그림 1-(b)]를 구입해야 했습니다.

그런데 IDE/E-IDE 방식의 제품을 사용하는 경우 디스크 컨트롤러의 안정성이 좋지 않아 컴퓨터 CPU를 많이 사용합니다. 이때, CD를 제작하다가 컴퓨터로부터 데이터를 가져오지 못하는 경우가 종종 발생하는데, 이 경우 해당 공CD는 더 이상 사용하지 못하는 상태가 되어 버립니다. 따라서 CD를 제작하는 동안에는 컴퓨터에서 다른 프로그램을 실행하는 일을 자제해야 하는 상황이 생기기도 하였습니다. 반면, SCSI 방식의 제품은 매우 안정적으로 데이터를 전송하여 이와 같은 상황이 훨씬 덜 발생하였기에, CD를 많이 제작하거나 안정성을 필요로 하는 환경에서는 IDE/E-IDE 방식보다는 SCSI 방식의 CD Writer 장비를 사용하였습니다.

iSCSI(Internet SCSI)는 위의 예에서와 같이 검증된 SCSI 방식의 안정성을 기반으로, TCP/IP 네트워크에서 디스크 입출력을 위한 SCSI 메시지를 주고받도록 설계된 방식입니다. 이 방식을 사용하면 더 이상 디스크를 컴퓨터/서버에 직접 부착하지 않고도 컴퓨터 네트워크를 구성한 후, 해당 네트워크를 사용하여 스토리지를 먼 거리에 둘 수 있다는 장점이 생깁니다. 지난 연재에서 살펴보았던 파이버 채널(FC, Fibre Channel)은 TCP/IP를 사용하지 않기에 별도의 네트워크를 구성하여 사용할 필요가 있습니다. (물론, FCoE라는 기술을 통해 TCP/IP 기반의 네트워크 환경에서 FC와 Ethernet을 동시에 보낼 수 있는 기술이 있습니다만, FCoE에 대해서는 뒤에서 살펴보도록 합니다.)

반면, iSCSI는 기존 TCP/IP 기반의 네트워크를 사용하기에 기존 장비 및 스킬을 활용하여 스토리지를 위한 전용 네트워크를 구성할 수 있다는 장점이 생깁니다. 그러나 TCP/IP 데이터 통신을 수행하므로 데이터 통신 패킷에 IP 헤더와 TCP 헤더가 추가로 붙어 통신이 이루어지는 등 TCP/IP 자체의 특성에 따른 부하로 인한 성능 저하가 있을 수 있습니다. 빠른 속도 및 안정성을 갖춘 iSCSI를 사용하기 위해서는 같은 TCP/IP 기반이라도 일반 망과 iSCSI를 위한 전용 스토리지망을 별도로 구축하고, 해당 스토리지를 위한 전용 네트워크에 대해 최적화를 수행할 필요가 있습니다. iSCSI 구성을 위해 필요한 요소는 [표 1]과 같습니다.



[그림 2] iSCSI 방식과 iSCSI 메시지 내부 구조

구성 요소	설명
IP 네트워크	iSCSI 메시지를 주고받는 IP 기반의 네트워크를 이야기합니다. 네트워크 전송을 통해 고성능 및 불필요한 중복을 제거하기 위한 TCP/IP에서의 기능을 그대로 사용합니다.
iSCSI 타겟 (Target)	스토리지 장치가 실제 동작하고 있는 위치를 iSCSI 타겟이라고 합니다. 일반적으로 여러 디스크를 묶은 후, 해당 장치에 iSCSI 타겟 모듈이 동작하는 식으로 구성됩니다.
iSCSI 초기자 (Initiator)	iSCSI 타겟으로의 액세스를 제공하는 호스트 어댑터 또는 소프트웨어 구성요소를 말합니다.
IQN	iSCSI 네트워크에서 타겟 및 초기자를 구분하기 위한 일종의 고유 식별자입니다.

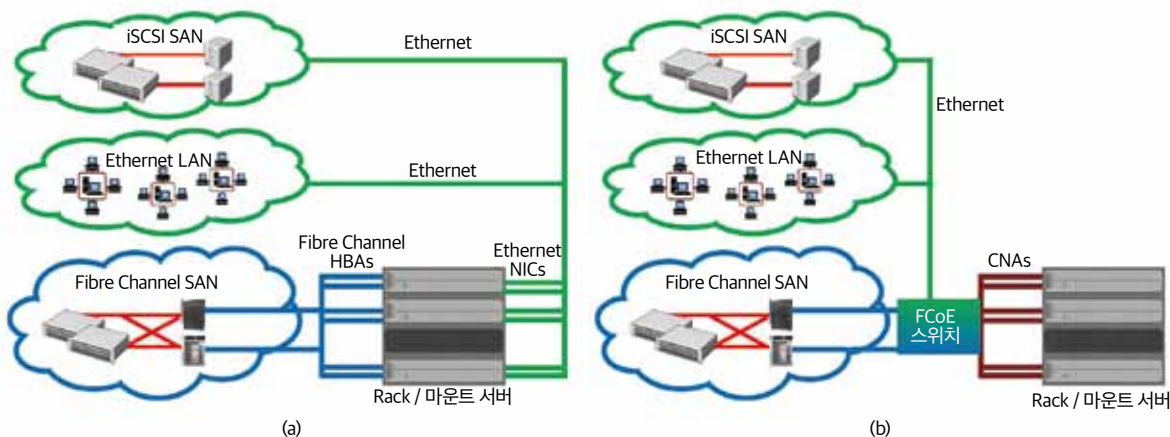
[표 1] iSCSI 구성 요소

IT 인프라에서의 네트워크 I/O 통합

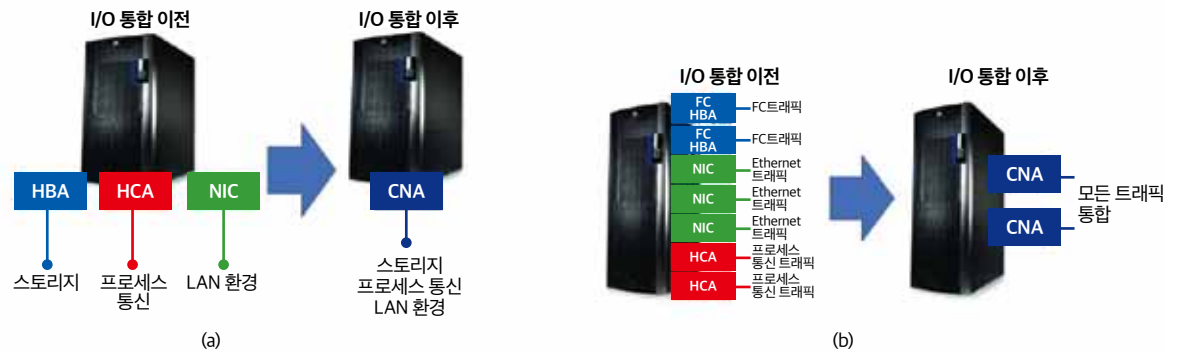
일반적으로 IT 인프라를 구성할 때에는 IT 인프라에서 사용하는 데이터 통신을 위한 네트워크망을 안전하게 구축해야 할 뿐만 아니라, 스토리지에서 사용하는 네트워크망 또한 유념하여 구축해야 합니다. 이때, 2000년도에 들어 점차 네트워크 I/O 통합이 강조되고 있습니다. (I/O는 영어로 입력에 해당하는 In과 출력에 해당하는 Out의 첫 대문자를 사용하는 약어로, 네트워크에서 데이터를 전송하고 수신하는 것을 네트워크 I/O라고 합니다.) 네트워크 I/O 통합이란 IT 인프라에서 사용하고 있는 스토리지 전용망, 데이터 통신을 위한 네트워크망 등을 통합된 단일 케이블을 사용하여 각 망에서 사용하던 통신들을 모두 보장하는 것을 말합니다. 네트워크 I/O 통합을 통해 각 네트워크망에 대한 별도의 물리적인 케이블 작업을 하지 않아도 되며, 이에 따른 관리적인 노력이 줄어드는 이점을 얻을 수 있습니다.

[그림 3]에서 (a) 부분은 네트워크 I/O가 통합되지 않은 환경에서의 IT 인프라를 도식화한 그림입니다. 이전 연재에서 살펴보았던 파이버 채널을 사용한 스토리지 망을 구축할 때에는 기존 인터넷을 사용하는 망과 다른 물리적인 프로토콜을 사용하기에 별도의 네트워크망을 구성해야 합니다. 따라서 서버 입장에서는 인터넷을 사용하는 망에 대한 네트워크 인터페이스 카드(NIC, Network Interface Card)뿐만 아니라 파이버 채널에 연결하기 위한 HBA(Host Bus Adapter)를 필요로 합니다. 이때, 입출력 통합이 된 경우라면 1개의 물리 네트워크 어댑터를 사용하여 통합이 가능하며, 사용하는 물리네트워크 어댑터를 CNA(Converged Network Adapter)라고 합니다. 그리고 iSCSI 네트워크망 역시 iSCSI를 위해 최적화된 별도의 네트워크망을 사용하는 것이 좋습니다. 이와 같이 구성하는 경우, 서버에서는 3개의 네트워크 인터페이스 카드가 있어야 하며, 각 카드는 각각의 네트워크와 연결되기에 추가적인 전력이 소모될 뿐만 아니라 각 네트워크망을 위한 장비에 대한 중복 지출 등의 어려움이 발생합니다.

반면, [그림 3]에서 (b) 구성을 살펴보면 (a)보다 선이 깔끔해진 것을 볼 수 있습니다. 뒤에서 언급할 FCoE 기술을 활용하여 네트워크 I/O를 통합한 구성 예시입니다. FCoE 스위치에서는 파이버 채널에 해당하는 FC 연결 및 TCP/IP를 사용하는 Ethernet 연결을 모두 지원합니다. 그리고 물리 서버와는 Ethernet과 FC 트래픽이 동시에 수용 가능한 장비를 이용해 통신을 수행합니다. 즉, FCoE 스위치에서는 Ethernet 및 FC 트래픽을 동시에 물리 서버에 전송이 가능해지며, 물리 서버에서는 해당 트래픽을 주고받을 수 있는 별도의 네트워크 인터페이스를 필요로 하는 것입니다.



[그림 3] 네트워크 I/O 통합 이전과 이후의 IT 인프라 네트워크망 구성 예

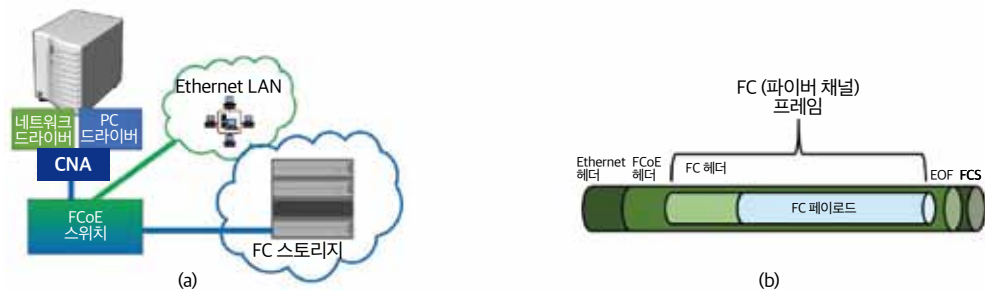


[그림 4] 네트워크 인터페이스에서의 I/O 통합

[그림 4]에서는 네트워크 인터페이스를 기준으로 네트워크 I/O를 통합하는 과정을 보여주고 있습니다. 네트워크 I/O 통합이 이루어진 환경에서는 통합된 단일 네트워크에서 내부적으로 각 통신을 분리하여 기능이 동작합니다. 그리고 일반적으로 네트워크 이중화를 위해 여러 개의 네트워크 어댑터를 설치하는 경우가 많은데, 이때 네트워크 I/O 통합이 이루어지면 네트워크 이중화에 따른 서버당 2~3개의 네트워크 인터페이스 카드만을 설치하여 통합에 사용하는 것이 가능해집니다. 단, 이때 사용하는 네트워크 인터페이스 카드는 3가지 유형의 네트워크망을 모두 지원하는 장비여야 하며, 이를 CNA(Converged Network Adapter)라고 합니다. 따라서 네트워크 I/O 통합은 CNA를 사용하여, 서버 쪽에서는 CNA를 기반으로 한 인터페이스 카드만을 사용하기에 전체 망 구성이 깔끔해지는 이점을 얻을 수 있습니다.

FCoE

네트워크 I/O 통합은 적은 케이블을 사용하여 IT 인프라를 단순화하며, 이때 표준화된 케이블은 프로토콜에 독립적이어야 합니다. 네트워크 I/O 통합을 위해서는 OSI 7계층 중 1계층과 2계층에 각각 해당하는 물리 계층과 데이터 링크 계층을 통일해야 할 필요가 있습니다. 하나의 케이블을 사용하므로 물리 계층은 이미 통일된 상태이며, 데이터 계층 또한 통일되어야 동일한 유형의 데이터를 주고받는 네트워크가 될 수 있습니다. 그런데, 파이버 채널은 TCP/IP 기반의 망을 사용하는 것이 아니라 별도의 프로토콜을 사용하므로 TCP/IP와 2계층에 해당하는 데이터 링크 계층이 서로 다릅니다. 이를 통일하기 위해 등장한 방식이 바로 FCoE(Fibre Channel over Ethernet)입니다. FCoE는 기존 파이버 채널에서 사용하던 FC 프레임에 FCoE 헤더 및 Ethernet 헤더를 붙여 통신을 수행합니다. 이때, FCoE 스위치라는 장비는 기존 파이버 채널용으로 제작된 FC 스토리지와 연결되지만, FCoE 스위치에서 서버로 데이터를 전송할 때, FCoE 헤더와 Ethernet 헤더를 추가로 붙여 전송합니다. 따라서 서버 입장에서는 CNA 어댑터로부터 FC 데이터와 일반 Ethernet에 해당하는 데이터를 분리하여 송수신이 가능해짐으로써 네트워크 I/O 통합을 가능하게 합니다.

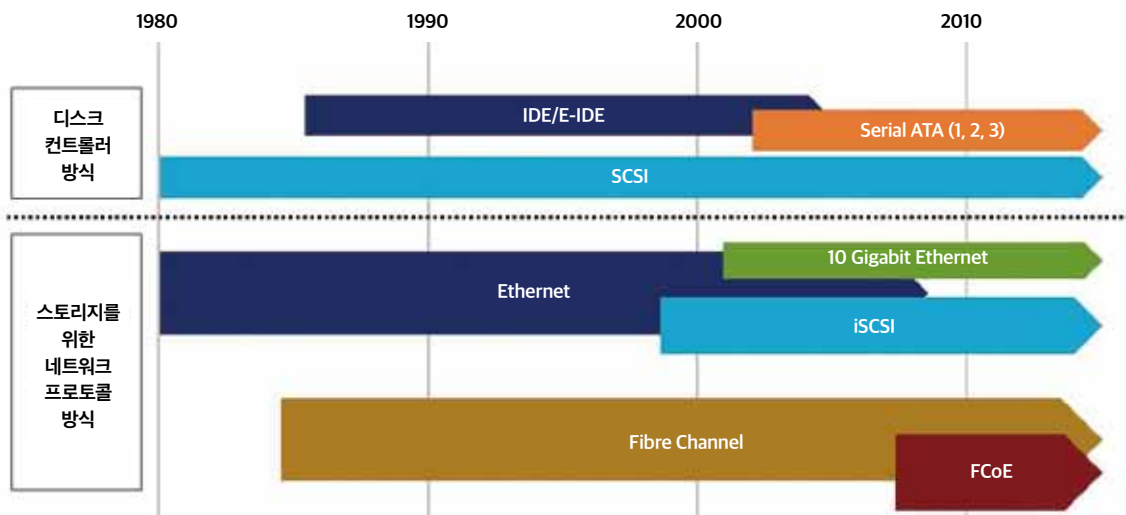


[그림 5] FCoE 방식과 메시지 구조

그런데 조금 더 구체적으로 살펴보면, 네트워크 I/O 통합을 위해 몇 가지 필요한 기술적인 요소가 있습니다. 먼저, FC를 사용하는 SAN 네트워크망이 통합되기에 트래픽 손실이 없다고 가정해야 하는 기술 요소가 있어야 합니다. 이는 Ethernet 환경과는 차이가 있는데, Ethernet 환경에서는 데이터를 프레임 단위로 전송하며, 네트워크상의 트래픽 손실이 일부 있을 수도 있는 환경을 전제로 설계되어 프레임에는 데이터 손실 등이 발생하였을 때 재전송하는 내부적인 기능이 동작하고 있습니다.

FCoE를 사용하는 네트워크 I/O가 통합된 환경에서 트래픽 손실이 없음을 보장하는 기술 요소를 Lossless Ethernet이라고 하며, FCoE 스위치에 해당하는 장비에서 DCB(Data Center Bridging)를 지원해야 합니다. 그리고 Ethernet의 경우 하나의 프레임 당 최대 1500바이트 정도만을 전송 가능하도록 설정되어 있습니다. 이를 MTU(Maximum Transmission Unit)이라고 하며, Ethernet에 연결된 여러 장비에 설정된 MTU 값 중 가장 작은 값을 MTU 값으로 사용하여 데이터를 주고받습니다. 즉, 중간 어느 하나의 장비가 작은 MTU 값을 가지고 있다면, 해당 MTU 값에 해당하는 최대 크기로 프레임을 주고받아야 합니다. 이에 비해 FC에서는 최대 2180바이트의 프레임을 주고받으며, FCoE와 Ethernet 헤더 및 꼬 부분을 추가하면 최대 프레임 크기가 2240바이트에 달합니다. 따라서 약 2500바이트만큼의 데이터가 끊어지지 않도록 설정하여야 하는데, 해당 설정은 Ethernet에서 크기가 큰 데이터라도 하더라도 끊지 않고 송수신을 가능하게 하기 위한 점보 프레임(Jumbo Frame) 설정을 해야 합니다.

스토리지를 위한 프로토콜의 변화

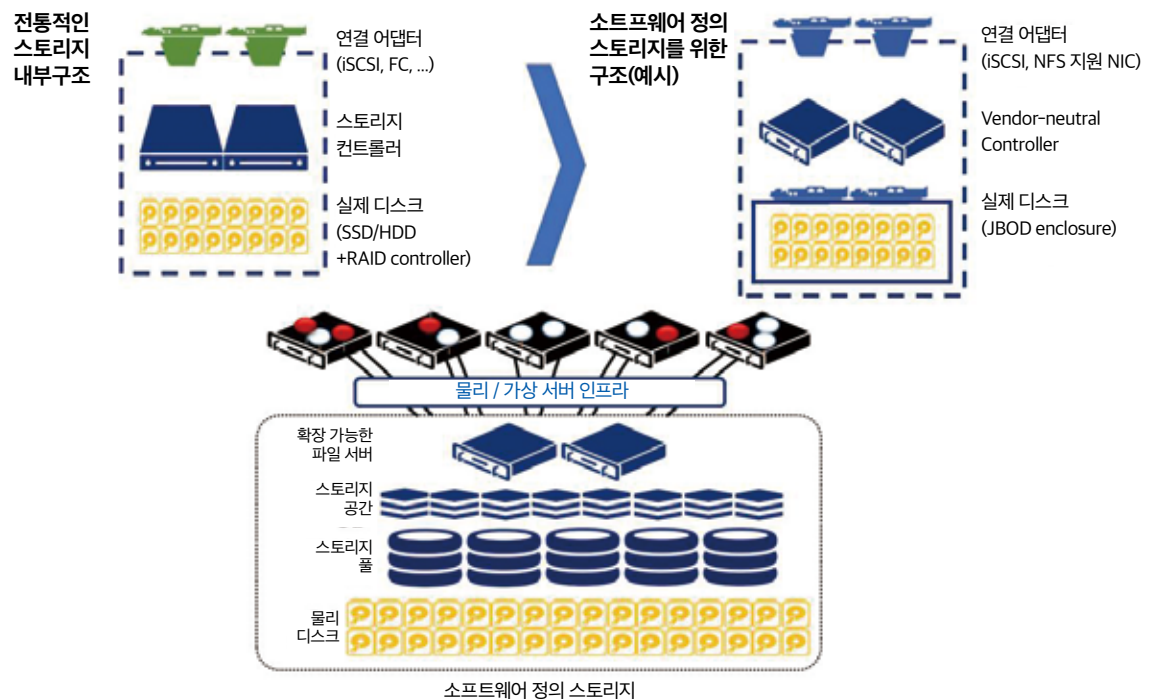


[그림 6] 스토리지 관련 프로토콜 변화

[그림 6]은 1980년대를 시작으로 하여 스토리지를 위한 프로토콜의 등장 및 변화를 도식화한 내용을 나타냅니다. 컴퓨터/서버에 직접 부착하여 사용하는 디스크 컨트롤러 방식은 개인용 컴퓨터의 경우 IDE/E-IDE에서 Serial ATA로 변화하였으며, 서버 시장에서는 전통적으로 SCSI를 권장하였으나, 중소기업의 경우 Serial ATA 기반의 저장장치를 사용하는 경우도 많으며, 최근에는 Serial ATA와 SCSI의 장점을 섞어 만든 직렬 통신 기반 인터페이스인 SAS(Serial Attached SCSI) 방식을 사용하기도 합니다. 그리고 스토리지를 위한 네트워크 프로토콜 방식의 경우 Ethernet이 지속적으로 발전하면서 기존 Fibre Channel 기반으로 많이 구축되던 네트워크 스토리지로부터 점차 iSCSI 기반으로 바뀌는 추세이며, FCoE를 사용하여 네트워크 I/O를 통합하는 시도 또한 증가하고 있습니다. iSCSI는 TCP/IP를 기반으로 한 통합, FCoE는 네트워크 I/O를 통합하는 장점이 있기에 둘 중 무엇이 우월하다고 이야기하기는 어려우나, 분명한 것은 Ethernet이 10G, 40G 등 계속 발전하면서 IT 인프라에서 네트워크 기반의 스토리지를 사용하는 비율이 점차 증가하고 있으며 앞으로 계속 증가할 것이라는 점입니다.

그리고 네트워크의 관리 복잡성 증가에 따라 소프트웨어 정의 네트워킹(SDN, Software Defined Networking)이 등장한 것과 마찬가지로, 최근에는 소프트웨어 정의 스토리지(SDS, Software Defined Storage)라는 용어도 사용되고 있습니다. 가상 컴퓨터 내에서 스토리지 연결을 통한 데이터 저장 및 중앙 관리, 그리고 고가용성을 위한 클러스터링 구성 등 복잡한 기능을 위해서 소프트웨어 정의 스토리지에서는 스토리지 컨트롤러 제조사(벤더)가 다르더라도 이를 통합하여 가상화 스토리지 서비스, 멀티 플랫폼 지원, 애플리케이션 통합 등을 장점으로 추상화된 스토리지를 사용할 수 있도록 하고 있습니다.

[그림 7]에서는 소프트웨어 정의 스토리지에 대한 한 예시를 보여주고 있습니다. 전통적인 스토리지를 위한 스토리지 내 내부에서는 iSCSI나 FC에 대한 외부 연결을 제공하고 있지만, 내부적으로는 특정 한 벤더(제조사)의 스토리지 컨트롤러를 사용하고 실제 디스크들이 스토리지 컨트롤러에 연결되는 식으로 구성됩니다. 반면, 소프트웨어 정의 스토리지를 위한 구조에서는 스토리지 컨트롤러 제조사가 다르더라도 각 스토리지 컨트롤러에 맞게 실제 디스크를 연결하거나 부착 가능한 구조를 제공하도록 하면 물리/가상 서버 인프라에 따라 유연하게 필요로 하는 스토리지를 제공 가능하도록 인프라를 구성할 수가 있습니다.



[그림 7] 소프트웨어 정의 스토리지 예시

이처럼 이번 연재에서는 iSCSI와 FCoE를 살펴보고 스토리지와 관련된 프로토콜을 중심으로 여러 변화들을 정리해 보았습니다.

다음 연재부터는 가상화 또는 컴퓨터 네트워크를 활용한 몇몇 사례들을 중심으로 연재를 진행할 예정입니다. 📖

참고 문헌

- [1] David L. Black, "Converged Data Center: FCoE, iSCSI and the Future of Storage Networking", EMC World 2013, 2013.
- [2] 백승주, "Hyper-V를 다루는 기술", 길벗출판사, 2014년 10월.