서버 독립적 LAN 이중화 모듈을 통한 네트워크 속도 및 가용성 향상 방안

Dual LAN Topology with the Dual Path Ethernet Module

박 지 훈, 박 종 규, 한 일 석, 김 학 배
(Jihoon Park, Jonggyu Park, Ilsuk Han, and Hagbae Kim)

Abstract : A Dual-Path Ethernet Module(DPEM) is developed to improve Local Area Network (LAN)'s performance, High Availability(H/A) and security. Since a DPEM simply locates at the front end of any network device as a transparent add-on, it does not require sophisticated server reconfiguration. Our evaluation results show that the developed scheme is more efficient than conventional LAN structures in various aspects.

Keywords : dual LAN, fault-tolerant, realtime, high-availability, security

I. 서론

단순한 정보의 전달에 그쳤던 인터넷의 기능이 확장되어 실시간 데이터의 전송이나 복잡하고 세밀한 작업의 원격 처리가 가능해졌다. 따라서 단순히 정보의 빠른 전송만이 아닌 높은 정확성과 안정성에 대한 요구가 증대되고 있다. 특히, 금융권, 군사용 혹은 생산관리시스템 등에서 사용되는 네트워크는 인간의 신경망과 같은 것으로서 이들 분야의 고가용성은 전쟁의 승패 혹은 고객서비스의 고품질화로 경쟁력을 확보하는데 핵심적 요소로서 작용한다.

LAN의 고장은 서버나 클라이언트 혹은 중간경로의 장비 등 네트워크의 어느 지점에서든 발생할 수 있다. 따라서 네트워크의 안정성을 보장하기 위해 라우터나 서버 등 개별적 장비의 성능향상을 추구하고, 나아가 부가적인 장비를 통해 고장포용능력을 갖는 구조를 채택하여 네트워크의 고가용성을 보장하기 위한 시도가 계속되고 있다. 이러한 시도들은 크게 서버의 안정성과 네트워크 선로의 안정성 추구로 나누어질 수 있다. 서버의 경우 무정지 데이터 복구(disk hot-fixing)나 무정지 장비교환(hot-swap), 디스크 미러링(disk mirroring) 등의 방법을 통해 가용성의 향상을 추구하고 있다. 그러나 서버측면에서의 방법들은 네트워크의 상위 계층에서 이루어지는 과정들로서 하나의 서버에 고장이 발생하더라도 그 영향이 다른 장비들로 전파되지는 않는다.

네트워크 선로의 경우, 만일 단일 경로로 구성된 망에 문제가 발생하면 이 네트워크에 연결된 모든 서버들의 기능이 정지된다. 따라서, 네트워크 자체의 고가용성 보장을 위해 다양한 LAN 이중화 방법이 제안되어왔다. LAN 이중화의 초기 구조에서는 정상적인 상태에는 대기 상태로 존재하다가 주 경로에 문제가 발생된 이후에 부 경로가 동작을 시작하는 백업 망의 개념이 사용되었다[1][2]. 그러나 이 방법은 가용성의 향상이라는 장점에도 불구하고 네트워크의 속도 향상에는 전혀 기여하지 못하였으며, 네트워크 상태의 지속적 감시를 요구하므로 평상시에는 오히려 속도를 감소시키는 단점을 지녔다[1]. 속도 향상을 위해 다중화 된 네트워크를 동시에 사용하는 방법으로서 베어울프(Beowulf) 클러스터링 컴퓨터의 구현을 위해 개발된 채널 본딩(Ethernet Channel Bonding) 기법[2]이 있다. 그러나 이것은 여러 대의 컴퓨터가 하나의 가상 머신처럼 IP 주소를 공유하는 형태로서, 모든 장비들이 단일 IP를 가지는 네트워크 상에 존재해야 하므로 단일 컴퓨터의 기능이 극도로 제한된다. 또한 네트워크 안의 한 세그먼트에 문제가 발생할 경우 검출이 매우 어렵다는 단점을 가지고 있다.

본 논문에서는 일반적인 LAN 이중화의 개념과 구조를 제안하고, 거기에 따른 장점과 단점에 대해 분석한다. 나아가 기존의 LAN 이중화 방법의 단점을 보완하며 단일 컴퓨터들이 고유의 기능을 유지할 수 있도록 독립적으로 존재하는 LAN 이중화 구조를 위해 개발된 Dual Path Ethernet Module(DPEM)을 소개한다. DPEM은 각 호스트의 네트워크 카드와 LAN 사이에 존재하여, 서버의 기종이나 OS에 독립적인 LAN 이중화를 제공하고, 서버 이중화와 함께 네트워크 선로에서의 완전한 고가용성(HA)을 보장하는 저렴하고 안정적인 솔루션이 될 수 있다.

II. LAN 이중화의 개념 및 특성

1. LAN 이중화의 구현 방법 및 특성

LAN 이중화는 네트워크 안의 디바이스들을 이중으로 연결하여 보다 향상된 네트워크 성능을 얻기 위한 방법이다. 그림 1은 단순한 LAN 이중화를 나타낸 것으로서 서버 내에 하드웨어 혹은 소프트웨어적으로 이중화가 구현되어 있는 모습을 나타내고 있다.

LAN 이중화의 주요 목적은 고장이 발생할 경우 중요한 어플리케이션이 정지되는 등의 치명적인 영향을 미칠 수 있는 부분을 이중화하여 전체 네트워크의 고장 가능성을 획기적으로 개선하고자 함이다. 이에 해당되는 부분은 라우터처

접수일자 : 2001. 9. 29., 수정완료 : 2001. 1. 5.
박지훈, 박종규, 한일석, 김학배 : 연세대학교 전기전자공학과((pjh, baram2k,dolsmileys21,hbkim)@yonsei.ac.kr)
※ 본 논문은 과학기술재단의 2001년도 목적기초사업(R01-2001-0316)에 의해 지원되었습니다.

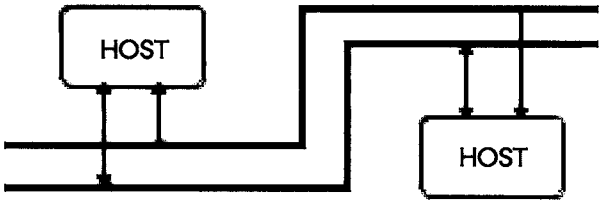


그림 1. 단순한 LAN 이중화의 구현.
Fig. 1. The simple dual LAN structure.

럼 핵심이 되는 독립장비로부터 전원공급장치 혹은 LAN카드 등의 작은 장치가 될 수도 있다. 기존의 LAN과 더불어 평행하게 존재하는 이중화 라인은 네트워크의 SPF(Single Point of Failure)를 제거하여 고장이 발생할 확률을 획기적으로 줄일 수 있으므로 네트워크 전체의 가용성 향상에 크게 기여할 수 있다.

요즘은 네트워크가 중요한 부분을 차지하는 금융망 이나 생산관리, 군사시설 등에서 LAN 스위치 사이에 부가적인 링크를 설치하는 것이 일반적이다. 대표적으로 IEEE 802.1d는 이중화된 구조를 위한 표준안을 제시하고 있다. 그러나 전술한 바와 같이, 정상적인 상황에서는 단 하나의 활성화된 경로만이 존재하는 것을 전제로 한 규약이므로 로드밸런싱에 대한 고려가 부족하다. 또한 그림 1에서 보이는 바와 같이 LAN 이중화는 내부 루프구조를 형성하게 된다. 따라서, 현재 상용화 되어있는 대부분의 LAN 스위치는 IEEE 802.d에서 제안한 SPT (spanning-tree)[3]라는 부가적 알고리즘을 통해 루프 형성을 막는다. 또한, SPT 알고리즘은 두 개의 네트워크 스테이션 안에 단지 하나의 활성화된 경로만이 존재하는 것을 보장하므로, 이 알고리즘은 활성화된 경로에 문제가 발생했을 때 자동적으로 백업라인이 동작하도록 하는 기능을 수행한다. 백업 망의 개념으로 설치된 이중 LAN 구조는 그 자체로서도 상당한 양의 비용 증가를 초래한다. 여기에 더불어 기존 이중 네트워크의 큰 단점은 같은 규약이 사용되어진 소프트웨어를 사용해야만 한다는 측면이다. 따라서 만약 네트워크 안에 이종의 OS를 가진 장비가 추가될 경우 LAN 이중화를 위해 복잡한 솔루션을 찾거나 완전히 새로 설계해야 한다. 또한 LAN 이중화를 위해서는 한 채널 안에서 여러 링크의 상태를 모니터링하기 위한 모듈이 필요하고, 각 링크별로 unicast, multicast, 그리고 broadcast 각각에 대한 로드밸런싱을 수행해야 하므로, 부가적인 장비와 관리의 어려움이 필수적으로 수반되며 이는 전체적인 네트워크 구축에의 비용 상승을 초래한다. 또한, 이중화된 LAN을 통한 전송방법은 많은 전송량을 요구하는 경우에는 성능을 향상시키지만 전송량이 적은 경우에는 패킷이 거쳐야 하는 노드와 프로세스의 수가 증가하므로 오히려 성능을 감소시킬 수 있다[4].

2. 고장검출

이중화된 LAN 구조의 장점을 최대한 활용하기 위해 중요한 요소 중의 하나는 신속한 고장의 검출이지만, 반드시 네트워크의 성능에 과도한 영향을 미치지 않아야 한다. 고장검출에는 일반적으로 다음과 같은 방법이 가능하다.

하나는 빈번히 발생하는 네트워크 스테이션간의 데이터 전송에 piggybacking하는 것으로, 이 방법은 네트워크의 부하를 증가시키지 않는 장점을 갖는다. 그러나 네트워크의 패킷을 변형시켜야 하므로 기존의 보안 시스템과 충돌할 가능성이 있다. 따라서 이 방법을 적용하기 위해서는 방화벽 등 패킷 필터링 동작을 하는 장비와의 충돌을 방지하는 설정이 필요하다.

다른 하나는 주기적으로 장비의 상태를 검사하는 것이다. 네트워크 장비가 정상적으로 작동하는 지 알아내기 위해 미리 정해진 일정한 간격으로 시그널을 보내고 그 응답을 기다린다. 이때, TCP 등의 상위레벨 프로토콜의 도움을 받아 전송속도가 일정수준 이상을 지연되고 있는 장비만을 주기적으로 검사(polling)하면 높은 효율을 유지하면서 네트워크의 부하를 줄일 수 있다[5]. 이 방법을 적용할 경우 지나치게 빈번하게 시그널을 보내는 것은 네트워크에 추가적인 부하를 가할 우려가 있다. 또한 시그널의 간격이 지나치게 크면 라우팅 테이블의 적절한 관리가 이루어지지 않는다. 따라서, 이 두 가지 요소를 모두 고려한 시그널 간격을 설정하여야 한다.

III. DPEM을 적용한 이중 LAN의 구조 및 특성

1. DPEM을 적용한 이중 LAN의 기본 구조

서버 혹은 OS에 관계없이 LAN 이중화를 보장하여, 서버 이중화와 함께 네트워크에서의 완전한 HA를 보장하는 저렴하고 안정적인 솔루션이 DPEM이다. DPEM을 통해 구현된 LAN 이중화의 전체적인 개념도는 그림 2와 같다.

기존의 이중화 방법이 요구하는 복잡한 서버의 설정이 필요 없이 각각의 터미널에 추가는 것만으로도 이중화의 효과를 거둘 수 있다. 기존의 네트워크 환경에는 전혀 영향을 미치지 않으며, 단지 새로 설치되는 서버 혹은 클라이언트 머신의 앞단에 DPEM을 추가하는 작업만이 필요하다.

각 컴퓨터에서 나오는 패킷은 모두 DPEM과 물리적으로 직접 연결되어 두 개의 서로 다른 게이트웨이를 향하도록 분할된다. DPEM은 한 호스트 혹은 서버의 네트워크 카드와 LAN 사이에 위치한다. 따라서 향후 네트워크 안에 노드가 추가될 경우에도 전환대기(hotstandby) 형태로 문제가 발생하기 전에는 하나의 선로를 보조경로 형태로 비워두었다가 문제가 발생했을 때에 경로전환(fail-over)을 행하는 방식이 아니라 유연하게 여러 개의 알고리즘을 가지고 있다가 선로의 상태를 지속적으로 파악하여 그 결과에 따라 가장 적정

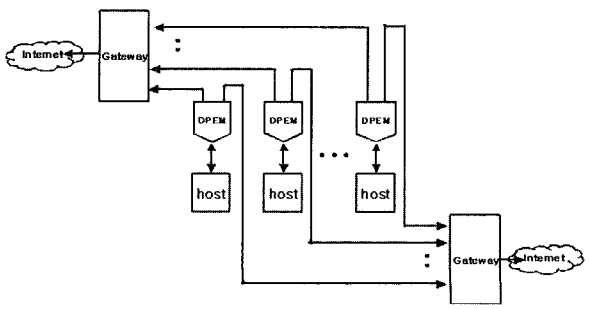


그림 2. DPEM으로 구현된 LAN 이중화구조.
Fig. 2. The dual LAN structure with the DPEM.

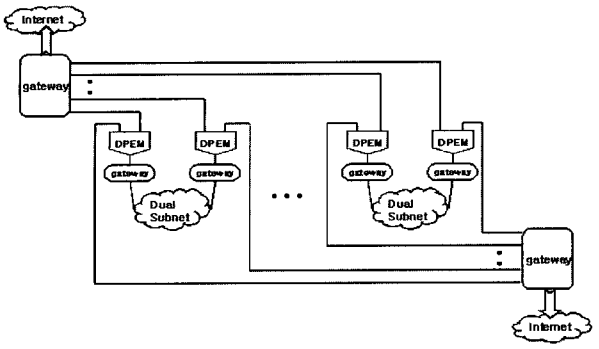


그림 3. 이중화 영역의 확장.
Fig. 3. The expansion of the dual LAN.

한 알고리즘이 적용되어 전체 선로의 성능을 향상시키는 방법으로 설계되어졌다.

이중화의 범위를 확장하여 여러 개의 서브넷으로 이루어진 네트워크에 이중화를 구축하는 것은 그림 3과 같이 이중화가 이루어진 서브넷의 각 게이트웨이에 DPEM 모듈을 추가하는 것만으로 가능하다. 게이트웨이 역할을 하는 라우터에 부착된 DPEM은 라우터를 통과하는 패킷을 분할하여 보다 상위의 이중 네트워크를 형성한다.

2. DPEM을 적용한 이중 LAN의 특성

DPEM을 적용한 LAN 이중화 구현은 단순히 평행한 선로의 증가를 통한 대역폭의 선형적 확대에 그치는 것이 아니라 다음과 같이 네트워크 전체의 가용성과 시큐리티를 향상시킬 수 있으며 유지관리 면에서도 매우 용이하다.

High Speed : 일반적으로 다른 사용자가 네트워크를 점유하지 않은 때에만 사용이 가능하도록 한 CSMA/CD와 같은 단순한 알고리즘의 네트워크 접근 방식은 네트워크에 부하가 크지 않은 경우에는 효율적으로 성능을 발휘한다. 그러나 제한 용량을 초과하는 트래픽이 발생할 경우에는 극심한 네트워크 정체현상을 초래할 수 있다. 그러나, DPEM은 평상시에도 네트워크의 모든 경로를 사용할 수 있도록 하므로, 충돌이 획기적으로 감소하여 대역폭 면에서 두 배 이상의 확대 효과가 발생한다.

High Availability/Fault Detection : LAN 이중화를 통해 구조가 복잡해짐에 따라 LAN의 한 경로에 문제가 발생하였을 경우 그 검출이 더 어려워진다. 따라서, 이를 해결하기 위해 효율적인 고장검출 알고리즘이 요구된다[5]. DPEM은 앞에서 논의한 두 가지 네트워크 상태 검출 알고리즘(piggybacking, polling) 중에서 polling 방법을 적용하였다. polling 방법의 단점을 보완하기 위해 주기의 범위를 관리자가 조절하여 적용되는 네트워크의 상황에 맞는 주기를 지정할 수 있도록 하였다. 이것은 전체 LAN의 상태를 모니터링하고 고장발생시 즉시 경로를 수정하는 독립된 모듈로서 구현된다.

Security : 이중화 구축과정에서 적절한 서브넷으로의 분배 혹은 내부 루프 형성의 방지를 위해 LAN의 모든 패킷을 검색하는 기능이 필수적으로 추가된다. DPEM은 투명 프록시(transparent proxy)의 형태로서 네트워크 상에 존재한다. 이때, 특정한 원격지에서 도달하는 패킷을 필터링하거나, 비정상적인 패킷흐름을 검색하여 차단할 수 있다.

또한, 이중화된 LAN은 하나의 목적지로 가는 패킷 스트림을 복수의 경로로 나누어 보내므로, 전송 도중에 발생할 수 있는 네트워크에의 고의적 또는 악의적인 접근(sniffing)을 근본적으로 차단할 수 있다.

Easiness to Build : DPEM은 OSI 7 계층 중에서 네트워크 계층에서 동작하도록 만들어졌다. 그러나, DPEM은 호스트의 앞단에 투명하게 설치되는 부가적인 모듈(transparent add-on)의 형태로 구성되었으므로, 어떠한 네트워크나 서버의 재설정도 요구하지 않는다. 따라서 이를 적용한 이중 LAN은 각 호스트의 OS 종류나 장비에 구애받지 않고, 네트워크의 구조를 변경하거나 장비를 추가할 수 있다.

IV. Dual Path Ethernet Module의 구현

1. DPEM의 동작 방법

DPEM은 linux 플랫폼을 기반으로 한 분리된 형태의 하드웨어 모듈로서, 운영체제의 커널 단에 존재하는 내부 소프트웨어의 작동으로 동작한다. 커널 단에서 이루어지는 작업을 통해 동일하고 단순한 작업의 반복이 보다 효율적으로 이루어질 수 있도록 하였으며, 커널/사용자 모드 사이의 전환에 따른 불필요한 메모리 복사나 프로세스의 생성을 줄였다. 또한 LAN 이중화를 위해 핵심적인 기능만을 탑재하여 안정성이 증가되었고, 커널의 크기를 줄여 향후 내장형 OS(embedded OS)로의 적용에도 용이하도록 하였다.

DPEM은 그림 2에서 보여진 것처럼 하나의 호스트에서 발생한 패킷 스트림을 두 개의 경로로 나누어 전송한다. 이를 위해 DPEM의 port 0번은 호스트와 직접 연결되어 있다. 따라서, 호스트에서 나가는 패킷들은 port 0번을 통해 DPEM으로 들어간 후 내부적인 처리를 거쳐 port 1번 혹은 port 2번으로 분리되어 나가게 된다. 내부의 패킷 변환은 크게 두 개로 나누어진 모듈을 통과하며 이루어진다.

Gateway Management Unit(GMU) : 이 모듈은 외부로 나가는 패킷의 게이트웨이 MAC 주소를 변환한다. 호스트는 하나의 게이트웨이만이 설정되어 있으므로 모든 패킷을 지정한 게이트웨이를 향하도록 하여 port 0번을 통해 전달한다. 이때 GMU는 패킷을 일정주기로 검사한 후 각 포트의 상태를 감지한 데이터를 바탕으로 두 개의 포트에 적절한 양의 패킷을 분할하여 포워딩(forwarding)한다.

이때 그림 4와 같이 해시형태로 된 라우팅 테이블을 관리하여 주소의 검색 속도를 증가시킨다. 최대 256개까지의 주소가 저장될 수 있는 라우팅 테이블은 하나의 엔트리에 대

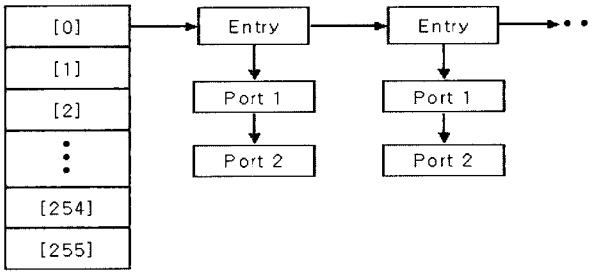


그림 4. DPEM의 패킷 포워딩 엔트리 테이블.
Fig. 4. The packet forwarding entry table in the DPEM.

해 두 개의 포트가 지정되어 패킷의 방향을 토글하는 것이 용이하도록 하였다. 라우팅 테이블은 정적 혹은 동적으로 갱신될 수 있다[6]. 즉, 몇 가지 중요한 경로는 임의로 지정하여 시스템 초기화시에도 항상 저장되도록 하고, 나머지 경로에 대해서는 사용자의 요청이 있는 경우에 갱신되도록 하였다. 현재 생성되어 있는 테이블의 유효성 검사 주기는 사용자의 요구에 따라 10초~1,000,000초 사이의 값을 지정할 수 있다.

Local Management Unit(LMU) : 컴퓨터와 네트워크 사이, 혹은 네트워크 내부의 패킷을 제어하는 모듈로서 다음과 같은 하위 모듈로 구성된다.

Packet Distributor(PD) : GMU에 의해 외부 네트워크로 향하기 위한 게이트웨이 MAC 주소가 변경된 패킷들을 해당 라우터로 전달한다. GMU에서는 두 개의 포트로 전송되도록 지시된 패킷을 교대로 생성하여 전달하고, 패킷 분배기는 패킷을 변경된 게이트웨이 MAC 주소에 따라 각각의 포트로 토글하는 역할을 한다. 이를 통해 두 개의 서로 다른 게이트웨이를 향해 패킷이 실질적으로 분리되어 진다. 따라서 호스트에서 DPEM을 통해 외부로 나가는 패킷은 모두 이 모듈을 통과하게 된다.

Packet Filter(PF) : 이중화된 LAN은 필연적으로 내부적인 루프를 형성하게 된다. 즉 하나의 게이트웨이를 향해 나간 패킷이 해당 라우터에서 외부로 전송된 후 소멸되지 않고 네트워크 내부에 잔류하는 현상이 발생한다. 이를 방지하기 위해 패킷 필터는 port 1번과 port 2번 사이를 패킷이 직접 통과하지 못하도록 전송을 막아서, 적절한 게이트웨이를 찾지 못하고 루프 안을 떠도는 패킷을 검출하고 제거한다. 그러나 외부에서 들어오는 패킷 중 호스트로 향하는 것에 대해서는 아무런 조작을 거치지 않은 채 port 0번으로 포워딩하여 해당 호스트로 전송한다. 이상과 같이 DPEM의 전체적인 내부 구조와 동작에 대한 개념은 그림 5와 같다.

2. DPEM의 관리 및 고장검출 방법

DPEM은 각 컴퓨터에 투명하게 구현되어 있으므로 네트워크 구성과 관리를 위해 부가적인 장비나 호스트의 설정이 필요하지는 않다. 그러나 패킷을 모든 검사하고 필요에 의해 변경하는 중요한 작업을 수행하므로, 자체적으로 보유한 라우팅 테이블 관리 알고리즘을 보완할 수 있는 관리 도구를 추가할 수 있다. 이를 통해 패킷의 내부 포워딩 과정을 계속 모니터링하고, 각 포트에 해당하는 경로와 라우터에 대한 지속적 감시를 수행하면 보다 안정적인 동작이 보장된다.

이 기능은 소프트웨어적으로 구현된 관리 도구에 의해 수행된다. 이 소프트웨어는 인터넷 제어 메시지 프로토콜(ICMP, Internet Control Message Protocol)에 기반한 SNMP (Simple Network Management Protocol)를 사용한다. ICMP는 네트워크 문제의 발생으로 인한 데이터 전송 효율 저하를 방지하기 위해 네트워크 전반에 관한 정보를 교환하는 방법을 정의한다[7][8]. LAN 이중화 관리 소프트웨어는 RMON (Remote Monitoring)을 통해 네트워크에서 발생하는 일련의 과정을 감시하고 고장 발생시 적절한 신호를 관리자와 해당 기기에 전송하여 이중 LAN의 중대한 결함 유무를 주기적으로 혹은 임의의 순간에 확인할 수 있다[9].

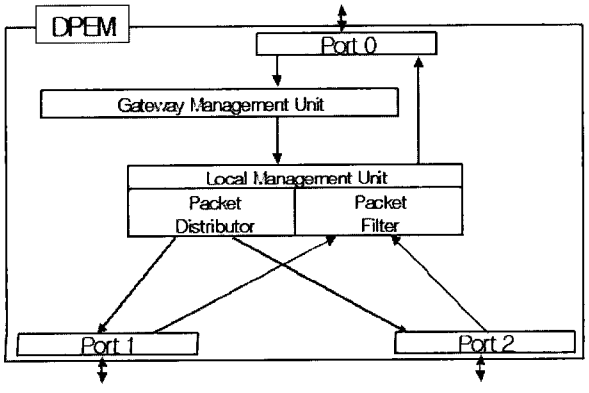


그림 5. DPEM의 내부 구조 및 동작.
Fig. 5. Internal modules and operations of the DPEM.

V. DPEM이 적용된 이중 네트워크의 성능평가

1. DEPM 성능 평가 환경

DPEM을 적용한 이중 LAN의 성능을 측정하기 위해서 그림 6과 같은 성능평가 환경을 구성하였다.

여기에서는 파일서버와 클라이언트로 이루어진 두 대의 호스트가 네트워크 트래픽을 발생시킨다. 클라이언트는 정해진 규칙에 따라 파일서버에 데이터를 요청한다. 이때 요청되는 데이터는 네트워크의 성능이 한계에 이를 때까지 단계적으로 증가한다. 네트워크의 중간경로에 위치한 다른 한 대의 컴퓨터는 컨트롤러로서 파일서버와 클라이언트를 통과하는 데이터량을 측정하여 그 특성을 분석한다.

이번 테스트에서는 파일서버나 클라이언트 자체의 성능에 의해 데이터 전송량이 감소하는 것을 방지하기 위해 각 경로에 할당된 대역폭을 10/100Mbps로 조절할 수 있는 3COM 3C1651B-US Hub를 사용하였다. 모든 네트워크 호스트는 불필요한 어플리케이션과 커널 기능은 모두 제거한 linux 2.4.2 버전을 설치하였고, 5대의 컴퓨터는 Pentium III 1GHz CPU와 512Mbyte RAM, 3COM 3CSOHO100-TX NIC을 사용하였다. 또한, 100Mbps의 속도를 지원하는 UTP 케이블을 사용하여 네트워크 선로의 물리적 특성에 의한 제한요소도 제거하였다.

2. 단일 LAN과 이중 LAN의 성능 비교

단일 LAN과 이중 LAN에 요청하는 데이터를 단계적으로 증가시켜 각 네트워크 구성방식에 따른 전송 효율과 대역폭의 한계점을 측정한다. 이를 위해 클라이언트에서 요청하

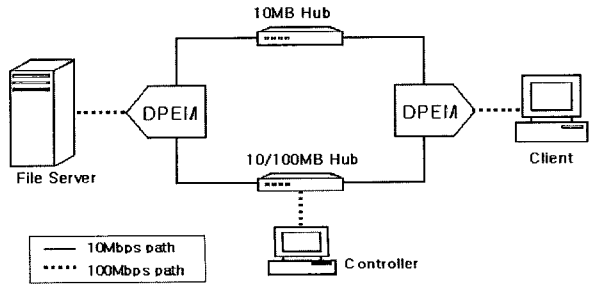


그림 6. DPEM 테스트 환경.
Fig. 6. The DPEM TestBench.

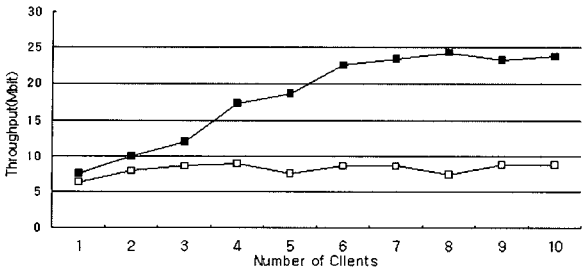


그림 7. 단일 LAN과 이중 LAN의 데이터 전송량.
Fig. 7. Throughputs of the single and the dual LAN.

는 데이터량을 단계적으로 증가시켜 그에 따른 데이터 소통량을 분석하였다. 클라이언트가 요청하는 데이터의 양은 최초 7Mbps부터 일정 간격으로 2Mbps씩 증가시켜 최대 40 Mbps가 되도록 하였다.

그림 7은 두 가지 LAN 환경에 대해 클라이언트의 데이터 요청에 파일서버가 응답하여 LAN을 통해 전송한 데이터의 실제량을 의미한다.

단일 LAN의 경우 CSMA/CD 프로토콜의 한계로 인해 주어진 10Mbps의 속도도 완벽하게 지원하지 못하고 있다. 그러나 이중 LAN의 경우 10Mbps×2=20Mbps라는 산술적 대역폭 증가의 한계를 극복하여 20Mbps보다 큰 전송량을 나타낸다.

3. 고장이 발생한 이중 LAN의 특성 평가

이 테스트는 이중 LAN에서 고장 발생시 이를 검출하고 정상 상태로 회복하는 과정을 파악하기 위해 실시되었다. DPEM을 통해 이중화된 네트워크는 정해진 주기(aging-time)마다 네트워크의 상태를 파악하여 이를 자신이 보유한 포워딩 엔트리에 반영한다. 본 테스트에서는 주기를 10초로 지정하였다. 즉, 네트워크에서 발생한 변화는 10초의 주기로 포워딩 엔트리에 반영된다. 자세한 테스트 시나리오는 표 1과 같다.

초기에는 정상적인 이중 네트워크의 상태에서 시작한다.

표 1. 이중 LAN 고장 발생 시 복구 과정.
Table 1. The recovery process of the dual LAN.

	시간(초)	상태	
		전송경로	포워딩엔트리
Step 1	0~15	이중경로 정상상태	2 paths
Step 2	15	1 경로 고장 발생 DPEM 인지 못함	2 paths
Step 3	15~20	이중경로로 계속 전송 시도 →효율저하	2 paths
Step 4	20	DPEM 인지	1 path
Step 5	20~35	단일경로 안정상태 유지 고장났던 경로 정상화	1 path
Step 6	35	DPEM 인지 못함	1 path
Step 7	35~40	단일경로로 계속 전송 시도 →이중화 효과 없음	1 path
Step 8	40~	DPEM 인지 이중경로 정상상태 재진입	2 paths

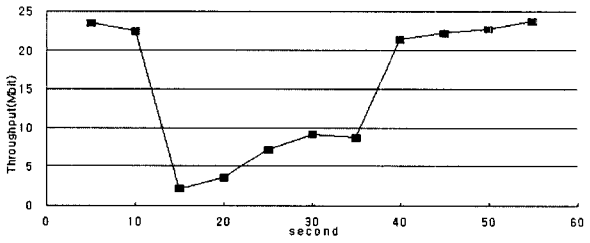


그림 8. 이중 LAN에서 고장 발생 시 전송량.
Fig. 8. Throughput variation in the presence of an error.

10초 후 이중 네트워크 중 하나의 경로를 물리적으로 제거한다. 그러나 다른 하나의 경로는 변함 없이 작동하므로 데이터의 전송이 완전히 정지하지는 않는다. 하지만 다음 포워딩 엔트리 갱신 주기까지 DPEM은 이를 인식하지 못하므로, 두 개의 경로로 패킷을 분산해서 보내는 동작을 지속하게 된다. 이 경우 그림 8에서 보는 바와 같이 10Mbps 단일 경로로 설정된 일반 LAN 환경보다 저하된 성능이 나타난다. 이것은 TCP/IP의 특성상 손실된 패킷을 재전송하는 과정에서 발생하는 부가적 패킷 전송에 기인한 것이다.

포워딩 엔트리 갱신 후 네트워크는 정상적인 10Mbps 경로의 속도로 회복되어 마치 단일 LAN처럼 동작하게 된다. 이후 고장 발생을 위해 제거되었던 케이블을 다시 연결하면 다음 번 갱신 시간 이후에 정상적인 이중화 LAN의 동작 상태로 복귀하게 된다.

VI. 결론

기존의 네트워크 이중화는 주 경로에 고장이 발생한 경우에만 부 경로가 활성화되는 방법을 적용하는 비효율성을 내포하고 있다. 이를 개선한 LAN 이중화 역시 네트워크의 구축 단계에서 모든 것이 결정되어 구조의 변경이나 이종 혹은 동종의 시스템이 추가될 경우 전체 구조의 많은 부분을 변경하거나 완전히 새롭게 설계해야 하는 단점을 지니고 있다.

DPEM은 일반적인 하나의 호스트 앞에 추가되는 형태로서 기존의 네트워크 구조나 설정에는 아무런 변경이 필요하지 않는 장점을 지닌다. 이를 통해 이중 네트워크의 구축을 쉽게 할 수 있으며, 터미널을 추가하거나 제거할 경우 단지 DPEM 모듈을 하나 더 장착하는 작업만이 추가적으로 필요할 뿐이다.

DPEM은 외부로 나가는 패킷의 해당 게이트웨이MAC 주소를 변경하여 두 개의 포트로 패킷 전송 방향을 토글하는 Gateway Management Unit(GMU)과 이중화로 인해 발생한 루프의 영향을 제거하여 성능 저하를 막는 Local Management Unit(LMU)으로 구성된다. LMU는 다시 Packet Distributor(PD)와 Packet Filter(PF)를 통해 패킷들을 검사하여 적절한 방향으로 포워딩한다.

DPEM을 이용하여 구축된 이중 LAN은 전송속도, 가용성, 보안, 이중화 영역의 확장성 등 대부분의 측면에서 크게 향상된 성능을 보인다.

DPEM은 각 호스트의 네트워크 카드와 LAN 사이에 존재하여, 서버의 기종이나 OS에 독립적인 LAN 이중화를 보장하여, 서버 이중화와 함께 네트워크에서의 완전한 HA를 보

장하는 저렴하고 안정적인 솔루션이다.

참고문헌

[1] Karen Webb, *Building Cisco Multilayer Switched Networks*, Cisco Press, 2000.

[2] "Beowulf ethernet channel bonding," www.beowulf.org.

[3] Keith Sutherland, *Subnet Design*, Butterworth Heinemann, 2000.

[4] Maria C. Yuang, "A high performance LAN/MAN using a distributed dual mode control protocol," *IEEE International Conference*, vol. 1, pp. 11-15, 1992.

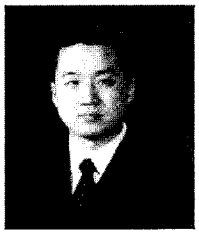
[5] Wang Huiqiang, "A parallel and fault-tolerant LAN with dual communication Subnetworks," *IEEE Proceedings*, pp. 340 -346, 1997.

[6] Strazisar. V., "Gateway routing: an implementation specification," *IEN 30*, Bolt Beranek and Newman, April 1979.

[7] RFC-792, "Internet Control Message Protocol," *IETF*, 1981.

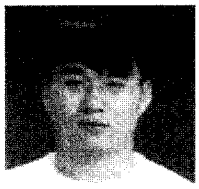
[8] RFC-2573, "Simple network management protocol," *IETF*, 1999.

[9] RFC-1757, "Remote Monitoring," *IETF*, 1995.



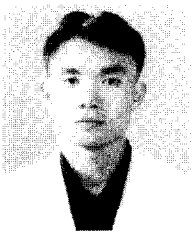
박 지 훈

1974년 6월 4일생. 2000년 연세대학교 전기공학과 졸업. 현재 연세대학교 대학원 석사과정. 관심 분야는 네트워크 관리 및 고장포용 기술, 인터넷 프로토콜.



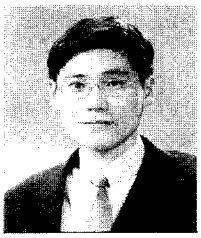
한 일 석

1973년 6월 13일생. 1999년 원광대학교 제어계측공학과 졸업. 2001년 동대학원 석사 졸업. 현재 연세대학교 대학원 박사과정. 관심분야는 인터넷 프로토콜 및 리얼타임OS.



박 종 규

1972년 4월 12일생. 1998년 원광대학교 제어계측공학과 졸업. 2000년 동대학원 석사 졸업. 현재 연세대학교 대학원 박사과정. 관심분야는 인터넷 프로토콜 및 리얼타임OS.



김 학 배

1965년 10월 10일생. 1988년 서울대 전자공학과 졸업. 1990년 미국 미시간대 대학원 전기공학과(EECS) 졸업 (석사). 1994년 동대학원 졸업(공학박사). 1994년 9월~1996년 8월 미국 National Research Council(NRC) Research Associate at NASA Langley Research Center. 1996년 9월~현재 연세대학교 전기전자공학과 부교수. 관심분야는 인터넷 인프라 솔루션, 실시간 고장허용 제어, 홈 네트워킹.