

네트워크 속도 향상과 고가용성 보장을 위한 서버 독립적 LAN 이중화 방법

박지훈, 한일석, 김학배
연세대학교 전기전자공학과

Transparent Duplicated LAN Topology to achieve High Performance, Availability and Security

Park Jihoon, Han Ilseok, and Kim Hagbae
Dept. of Electrical and Electronic Engineering, Yonsei University

Abstract - 네트워크는 서버를 유지 운영하기 위한 필수적 요소가 아니라 서버의 한 부분으로서 그 중요성을 더해가고 있으며, 네트워크 자체의 안정성이 서버 전체의 고가용성(HA)을 보장하기 위한 중요한 전제가 되었다. 따라서 네트워크의 속도 및 성능을 향상시키고 고가용성을 보장하기 위한 방법으로, 국지적 네트워크 이중화 방법을 제안한다. 현재의 기술 수준에서의 네트워크 이중화 시도는, 같은 네트워크 안에서 이중 OS와 HW를 갖는 서버들로 구성되는 경우 시스템 구현이 용이하지 않으며, 서버의 기종 또는 해당 플랫폼이 변경될 때마다 보완작업을 하거나 완전히 새로 설계해야 하는 어려움이 있다. 이를 해결하기 위해 본 논문에서는 서버, 혹은 OS의 종류에 독립적인 관점으로 LAN 이중화를 구현하며, 기존의 다중 서버와 함께 네트워크에서의 완전한 HA를 보장할 수 있는 저렴하고 안정적인 H/W 및 관련 S/W 솔루션 개발에 대해 제안하고자 한다.

1. 서 론

인터넷의 영역과 영향력이 증대됨에 따라 서버와 클라이언트간의 데이터 전송량은 빠른 속도로 증가하고 있다. 더욱이, 단순한 정보의 전달에 그쳤던 인터넷의 기능이 확장되어, 보다 복잡하고 세밀한 작업의 원격 처리가 가능해짐에 따라, 이런 기능을 구현하기 위해 단순히 정보의 빠른 전송만이 아닌 높은 정확성과 안정성에 대한 요구가 증대되고 있다. 특히, 군사용, 혹은 금융권에서 사용되는 네트워크는 인간의 신경망과 같은 것으로서 이들 분야의 고가용성은 전쟁의 승패 혹은 고객서비스의 고품질화로 경쟁력을 확보하는데 핵심적 요소로서 작용한다. 이를 위해 필요한 네트워크의 빠른 속도와 고가용성을 얻기 위한 대표적인 방법으로 LAN 이중화 방법을 적용할 수 있다.

기존에도 네트워크의 고가용성 보장을 위한 LAN 이중화 방법이 존재하였지만, LAN 이중화의 초기 구조에서는 정상적인 상태에는 대기 상태로 존재하다가 주 경로에 문제가 발생된 이후에 부 경로가 동작을 시작하는 백업 망의 개념으로 사용되었다[1][2]. 따라서 이 방법은 가용성의 향상이라는 장점에도 불구하고 네트워크의 속도 향상에는 전혀 기여하지 못하였으며, 네트워크 상태의 지속적 감시를 요구하므로 고가용성이라는 장점에도 불구하고, 평상시에는 오히려 속도를 감소시키는 단점을 지녔다. 속도 향상을 위한 조금 다른 형태의 방법으로서 베올프(Beowulf) 클러스터링 컴퓨터의 구현을 위해 개발된 채널 본딩(Ethernet Channel Bonding) 알고리즘[3]이 있지만, 이것은 하나의 IP 주소를 공유하는 형태이므로, 모든 장비들이 단일 IP를 가지는 네트워크 상에 존재해야 하므로 여러 대의 컴퓨터를 하나의 가상 머신처럼 사용할 수밖에 없어서 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 구조

를 소개하고, 거기에 따른 장점과 단점에 대해 논한다. 나아가 기존의 LAN 이중화 방법의 단점을 보완하기 위해 향상된 속도와 가용성뿐만 아니라 시큐리티도 보장하며 단일 컴퓨터들이 고유의 기능을 유지할 수 있도록 독립적으로 존재하는 LAN 이중화 구조인 TDLAN (Transparent Duplicated LAN)을 제안한다. TDLAN은 각 컴퓨터의 네트워크 카드와 LAN 사이에 존재하여, 서버의 기종이나 OS에 관계없이 LAN 이중화를 보장하며, 서버 이중화와 함께 네트워크에서의 완전한 HA를 보장하는 저렴하고 안정적인 솔루션이 될 수 있다.

2. 본 론

2.1. LAN 이중화의 개념 및 효과

2.1.1. LAN 이중화의 개념

이중화된 네트워크 디자인은 네트워크 안의 디바이스들을 이중으로 연결하여 보다 향상된 네트워크 성능을 얻기 위한 방법이다. 기존의 LAN과 평행하게 존재하는 이중화 라인은 네트워크의 SPOF(Single Point Of Failure)를 제거할 수 있으므로 네트워크 전체의 가용성 향상에 크게 기여할 수 있다. LAN 이중화의 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 라우터처럼 핵심이 되는 부분부터 전원공급장치, 혹은 LAN카드 등의 작은 장치가 될 수도 있다.

요즘은 네트워크가 중요한 부분을 차지하는 기업이나 학교에서는 LAN 스위치 사이에 부가적인 링크를 설치하는 것이 일반적이다. 대부분의 LAN 스위치는 IEEE 802.1d spanning-tree algorithm[1]을 사용하여 이중화된 네트워크 안에서 트래픽이 루프를 형성하는 것을 막는다. spanning-tree algorithm은 두 개의 네트워크 스테이션 안에 단지 하나의 활성화된 경로만이 존재하는 것을 보장하므로, 이 알고리즘은 활성화된 경로에 문제가 발생했을 때 자동적으로 백업라인이 동작하도록 한다.

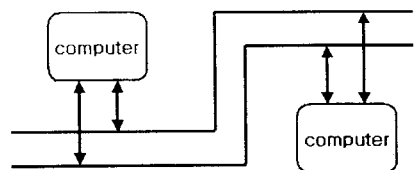


그림 1. 단순한 LAN 이중화의 구현

IEEE802.1d는 이중화된 구조를 위한 표준안을 제시하지만, 단 하나의 활성화된 경로만이 존재하는 것을 전

재로 한 규약이므로 로드밸런싱에 대한 고려는 충분하지 않다.

그림 1은 단순한 LAN 이중화를 나타낸 것으로서 서버 내에 하드웨어 혹은 소프트웨어적으로 이중화가 구현되어 있는 모습을 나타내고 있다. 하지만 그림과 같은 형태는 같은 규약이 사용되어진 소프트웨어를 사용해야만 한다는 제한을 가진다. 따라서 만약 네트워크 안에 이중의 OS를 가진 장비가 추가될 경우 LAN 이중화를 위한 솔루션을 찾거나 새로 설계해야한다. 또한 LAN 이중화를 위해서는 한 채널 안에서 여러 링크의 상태를 모니터링하기 위한 모듈이 필요하고, 각 링크별로 unicast, multicast, broadcast 각각에 대한 로드밸런싱을 해야 하므로, 부가적인 장비와 관리의 어려움이 필수적으로 수반되며 이는 전체적인 네트워크 구축에의 비용 상승을 초래한다.

2.1.2. LAN 이중화의 효과

LAN 이중화의 효과는 단순히 평행한 선로의 증가를 통한 대역폭의 선형적 확대에 그치는 것이 아니라 다음과 같이 네트워크 전체의 사용성과 시큐리티를 향상시킬 수 있다.

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 충분한 성능을 발휘할 수 있다. 그러나 제한 용량을 초과하는 트래픽이 발생할 경우에는 극심한 네트워크 정체현상을 초래할 수 있다. 반대로, 이중화된 LAN을 통한 전송방법은 많은 전송량을 요구하는 경우에는 성능을 향상시키지만 전송량이 적은 경우에는 패킷이 거처야 하는 노드와 프로세스의 수가 증가하므로 오히려 성능을 감소시킬 수 있다(4).

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). 이 기능은 대부분의 경우 전체 LAN의 상태를 모니터링하고 고장발생 시 즉시 경로를 수정하는 독립된 모듈로서 구현된다.

Security

이중화 구축과정에서 LAN의 모든 패킷을 검색하는 기능이 필수적으로 추가된다. 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 접근을 차단할 수 있다.

2.1.3 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.

하나의 빈번히 발생하는 네트워크 스테이션간의 데이터 전송에 piggybacking하는 것으로, 이 방법은 네트워크의 부하를 증가시키지 않는 장점을 갖는다.

다른 하나는 주기적으로 장비의 상태를 검사하는 것이다. 네트워크 장비가 정상적으로 작동하는 지 알아내기 위해 미리 정해진 일정한 간격으로 시그널을 보내고 그 응답을 기다린다. 이때, TCP등의 상위레벨 프로토콜의

도움을 받아 전송속도가 일정수준이상을 지연되고 있는 장비만을 polling하면 높은 효율을 유지하면서 네트워크의 부하를 줄일 수 있다(6).

2.2. Transparent Duplicated LAN의 구현

2.2.1. TDLAN의 기본 구조

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

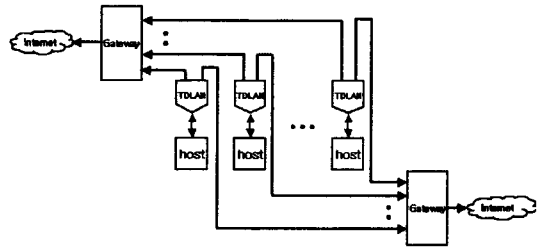


그림 2. TDLAN으로 구현된 LAN 이중화 구조

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 TDLAN 모듈을 추가하는 작업만이 필요하다. 이 구조에서 TDLN은 서버에 완전히 독립된 하나의 장치로 transparent proxy의 형태로 LAN 이중화 서비스를 제공하게 된다. 특히 이를 통하여 proxy에서 얻을 수 있는 많은 장점들을 TDLN 구조에서도 얻을 수 있다. Proxy의 구조를 가지게 됨으로써 악의적인 패킷의 전송을 막을 수 있는 구조가 된다.

각 컴퓨터에서 나오는 패킷은 모두 TDLAN과 물리적으로 직접 연결되어 두 개 이상의 서로 다른 게이트웨이를 향하도록 분할된다. TDLAN은 한 호스트 혹은 서버의 네트워크 카드와 LAN 사이에 위치한다. 따라서 향후 네트워크 안에 노드가 추가될 경우에도 hotstandby(3) 형태와 같이 문제가 발생하기 전에는 하나의 선로를 spare 형태로 비워두었다가 문제 발생 시에 fail-over(3)를 행하는 방식이 아니라 유연하게 여러 개의 알고리즘을 가지고 있다가 선로의 상태에 따라서 가장 적절한 알고리즘이 적용되어 전체 선로의 성능을 향상시키는 방법으로 설계되어졌다.

만약 이중화의 범위를 확장하여 보다 높은 범위까지의 이중화를 구축하는 것은 그림에서 표현된 게이트웨이에 TDLAN 모듈을 추가하는 것으로 가능하다.

2.2.2 TDLAN의 동작 방법

TDLAN이 설치된 컴퓨터에서 나온 패킷은 port 0번을 통해 TDLAN으로 들어간 후 내부적인 처리를 거쳐 port 1번 혹은 port 2번으로 분리되어 나가기 된다. 내부의 패킷 변환은 크게 두 개로 나누어진 모듈을 통과하며 이루어진다.

Gateway Management Unit (GMU)

이 모듈은 외부로 나가는 패킷의 게이트웨이 MAC 주소를 변환한다. 하나의 게이트웨이만이 설정된 컴퓨터는 모든 패킷을 지정한 게이트웨이를 향하도록 한다. 이때 GMU은 패킷을 일정주기로 검사한 후 각 포트의 상태를 감지한 데이터를 바탕으로 두 개의 포트에 적절한 양의 패킷을 포워딩(forwarding)한다. 이때 그림 3과 같

이 해시형태로 된 라우팅 테이블을 관리하여 주소의 검색 속도를 증가시킨다.

하나의 엔트리에 대해 두 개의 port가 지정되어 패킷의 방향을 토글하는 것이 용이하도록 하였다. 만일 LAN을 3중화 이상으로 할 경우 연결되는 port의 개수를 증가시켜 확장할 수 있다.

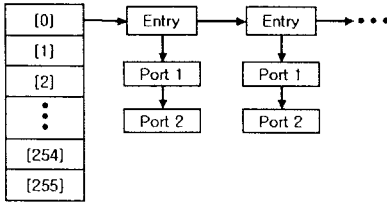


그림 3. TDLAN의 패킷 포워딩 엔트리

Local Management Unit (LMU)

컴퓨터와 네트워크간의 패킷을 제어하는 모듈로서 다음과 같은 하위 모듈을 갖는다.

Packet Distributor: Output

GMU에 의해 외부 네트워크로 향하는 MAC 주소가 변경된 패킷들 해당 라우터로 전달한다. GMU에서는 두 개의 포트로 전송되고 지시된 패킷을 교대로 생성하므로, 이 모듈은 실질적으로 패킷의 전송방향을 변경된 MAC 주소에 따라 각각의 포트에 토글하는 역할을 한다.

Packet Filter: Input

이중화된 LAN은 필연적으로 내부적인 루프를 형성하게 되므로 port 1번과 port 2번 사이의 전송을 막아서, 적절한 게이트웨이를 찾지 못하고 루프 안을 떠도는 패킷을 검출하여 제거한다. 그러나 외부에서 들어오는 패킷에 대해서는 아무런 조작을 거치지 않은 채 port 0번으로 포워딩한다.

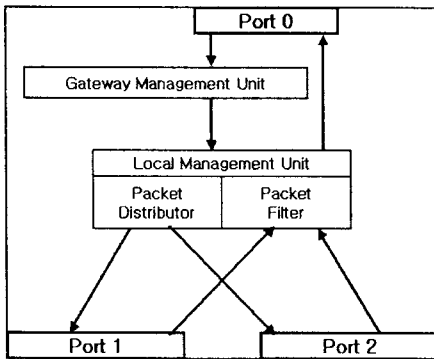


그림 4. TDLAN의 내부 구조 및 동작

이상과 같이 TDLAN의 전체적인 내부 구조와 동작에 대한 개념은 그림 4와 같다.

2.2.3. TDLAN의 관리 및 고장검출 방법

TDLAN은 각 컴퓨터에 투명하게 구현되어 있으므로 네트워크 구성과 관리를 위해 특별한 요소가 필요하지는 않다. 그러나 패킷을 모두 검사하고 필요에 의해 변경하는 작업을 수행하므로 패킷의 내부 포워딩 과정을 계속 모니터링하고, 각 포트에 해당하는 경로와 그 라우터에 대한 지속적 감시를 수행하면 보다 안정적인 동작을 보장받을 수 있다. 이 기능은 소프트웨어적으로 구현된 관

리 도구에 의해 수행된다.

이 소프트웨어는 인터넷 제어 메시지 프로토콜(ICMP, Internet Control Message Protocol)을 기본 프로토콜로 사용한다[7]. ICMP는 네트워크 문제의 발생으로 인한 데이터 전송 효율 저하를 방지하기 위해 네트워크 전반에 관한 정보를 교환하는 방법을 IP 장비에게 제공한다. IP는 TCP와 달리 데이터의 정확한 전송을 보장하지 않는 프로토콜이므로, 이를 보완하기 위해 송신측에서 해당 목적지로의 데이터 전송을 중단하거나 경로를 수정하는 등의 방법을 사용하여 문제를 해결해야한다[8][9]. LAN 이중화 관리 소프트웨어는 이러한 일련의 과정을 감시하고 고장 발생 시 적절한 신호를 관리자와 해당 기기에 전송한다.

3. 결 론

이중화된 네트워크 환경은 단순한 대역폭의 확장뿐만 아니라 가용성과 시큐리티를 비약적으로 증가시킨다. 기존의 네트워크 이중화는 정상적인 상황에는 사용하지 않던 부 경로가 주 경로에 고장이 발생한 경우에만 활성화되는 방법을 적용하는 비효율성을 내포하고 있다. 이보다 발전된 개념의 LAN 이중화 역시 네트워크의 구축 단계에서 모든 것이 결정되어 구조의 변경이나 이중 혹은 동종의 시스템이 추가될 경우 전체 구조의 많은 부분을 변경하거나 완전히 새롭게 설계해야 하는 단점을 지니고 있다.

TDLAN은 일반적인 하나의 컴퓨터 앞에 추가되는 형태로서 단지 기존의 컴퓨터에는 아무런 변경이 필요하지 않는 장점을 지닌다. 이를 통해 이중화된 네트워크의 구축을 쉽게 할 수 있으며, 터미널을 추가하거나 제거할 경우 단지 TDLAN 모듈을 하나 더 장착하는 작업만이 추가적으로 필요할 뿐이다.

TDLAN은 외부로 나가는 패킷의 게이트웨이로 향하는 MAC 주소를 변경하여 두 개의 포트에 패킷 전송을 토글하는 Gateway Management Unit(GMU)과 이중화로 인해 발생한 루프의 영향을 제거하여 성능 저하를 막는 Local Management Unit(LMU)으로 구성된다.

TDLAN은 각 컴퓨터의 네트워크 카드와 LAN 사이에 존재하여, 서버의 기종이나 OS에 독립적인 LAN 이중화를 보장하여, 서버 이중화와 함께 네트워크에서의 완전한 HA를 보장하는 저렴하고 안정적인 솔루션이다.

(참 고 문 헌)

- [1]Karen Webb, "Building Cisco Multilayer Switched networks", Cisco Press, 2000
- [2]James E. Goldman, "Local Area Networks", 2nd, John Wiley & Sons, INC, 2000
- [3]"Beowulf Ethernet Channel Bonding", www.beowulf.org/software/bonding.html
- [4]Keith Sutherland, "subnet design", Butterworth Heinemann, 2000
- [5]Wang Huiqiang, "A Parallel and Fault-tolerant LAN with Dual Communication Subnetworks", IEEE Proceedings ,340 -346, 1997
- [6]Gilbert Held, "Enhancing LAN Performance", Wiley, 2000
- [7]Maria C. Yuang, "A High Performance LAN/MAN using a Distributed Dual Mode Control Protocol", Communications, IEEE International Conference, 11 -15 vol.1, 1992
- [8]RFC-792, "Internet Control Message Protocol", IETF, 1981
- [9]Strazisar, V., "Gateway Routing: An Implementation Specification", IEN 30, Bolt Beranek and Newman, April 1979.