최영락
나임네트웍스 SDN기술팀 매니저

컴퓨터 네트워크의 이해 및 활용
네트워크 기초 ❸

+ 최영락 나임네트웍스 SDN기술팀 매니저

❶ 네트워크 기초 ①
❷ 네트워크 기초 ②
❸ 데이터 물리 계층
❹ 네트워크 장비 ① : 스위치
❺ 네트워크 장비 ② : 라우터
❻ 데이터 전송 계층 : TCP vs. UDP
❼ 데이터 응용 계층 예시 : DNS
❽ 네트워크 장비 ③ : 응용 계층
❾ 스트리밍 & 멀티캐스트
❿ IPv6
⓫ 네트워크 관리 및 SDN

지난 두 번의 연재에 걸쳐 컴퓨터 네트워크를 이해하기 위한 주요 용어들과 컴퓨터 네트워크에서 사용하는 주소 체계인 IP 주소, 그리고 TCP/IP 4계층에 대해 살펴보았습니다. TCP/IP에는 응용프로그램 계층, 전송 계층, 네트워크 계층, 데이터링크/물리 계층 이렇게 4개의 계층이 있는데, 각 계층 모두 컴퓨터 네트워크에서 통신이 이루어지는 데 중요한 역할을 수행합니다.

이번 연재에서는 물리적인 통신의 기반을 이루는 데이터링크/물리 계층 및 이와 관련된 딜레이에 대해 설명하고자 합니다.

I. 데이터링크/물리 계층 개요

지난 연재에서는 TCP/IP 4계층을 살펴보았습니다. 각 계층의 역할을 요약하면, 응용프로그램 계층에서는 응용프로그램에서 처리 가능한 데이터를 생성하거나 수신하는 역할을 담당하고, 전송 계층에서는 공통된 형태로 전송 데이터를 생성 및 수신 대상 응용프로그램을 파악합니다. 그리고 네트워크 계층에서는 IP 주소 체계를 사용하여 송수신이 가능한 패킷이라는 데이터 형태를 생성합니다. 데이터링크/물리 계층은 비트 단위로 신호를 변환하는 역할을 담당합니다. 컴퓨터 네트워크에서 데이터가 전달되는 데는 흔히 LAN 선이라고 부르는 UTP 케이블, 광섬유, 또는 전화선 등 다양한 매체가 사용될 수 있습니다. 이때, 데이터링크/물리 계층이 존재하여 데이터가 전달되

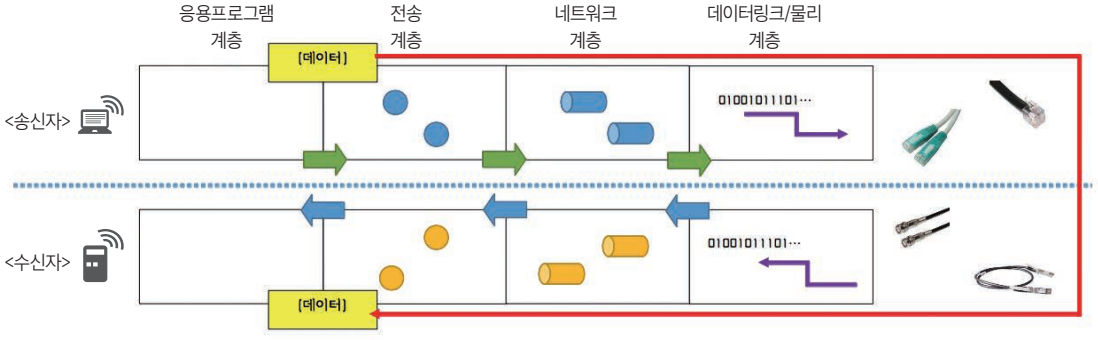


그림 1. TCP / IP 4계층의 기반의 송 / 수신

는 매체가 달라지더라도 상위 계층의 역할이 변하지 않고 컴퓨터 네트워크 통신이 이루어집니다. 데이터링크/물리 계층은 데이터링크와 물리 두 계층을 합쳐 부르는 용어로, 두 계층은 모두 물리적인 신호를 어떻게 전송하는지와 밀접한 관련을 맺고 있습니다. 물리 계층은 전송에 사용하는 케이블 매체와 밀접한 관련이 있으며, 신호를 전송하는 방식 또한 달라집니다. 그리고 데이터링크 계층은 두 개 이상의 장비들이 데이터를 전송할 때 동시에 전송하는 오류 등이 발생하지 않도록 물리적으로 주소를 부여하거나 관리하는 역할을 담당합니다. 물리 계층은 유선의 경우 케이블 특성에, 그리고 무선의 경우 사용하는 주파수 대역에 의존적인데, 본 연재에서는 유선에 해당하는 LAN 선과 광케이블을 살펴보고자 합니다.

II. 물리 계층

물리 계층의 대표적인 예로, 일상에서 쉽게 볼 수 있는 LAN 선을 살펴보고자 합니다. [그림 2]는 흔히, 가정이나 사무실에서 볼 수 있는 LAN 선 그림에 해당합니다. 이 LAN 선에 대한 정식 명칭은 UTP(Unshielded Twisted Pair, 비차폐 쌍) 케이블로, 절연된 두 개의 구리로 된 금속선을 서로 꼬아 만든 여러 개의 쌍을 플라스틱 피복으로 씌워 절연시켰다는 의미를 담은 영어 명칭입니다. UTP 케이블의 종류도 여러 가지가 있는데, [그림 2]와 같이 일상에서 많이 볼 수 있는 케이블은 '종류 5'에 해당하는 UTP-5 케이블입니다.('종류'가 영어로

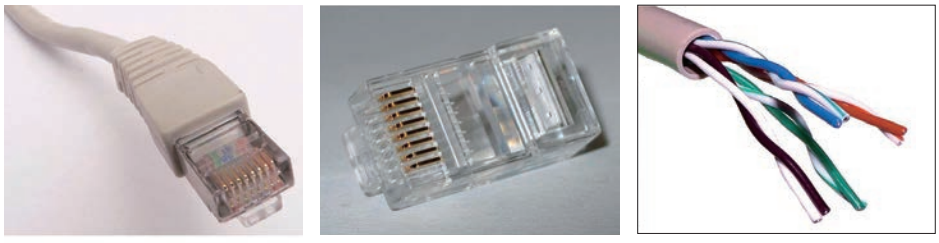


그림 2. (Cat.5) UTP 케이블

Category에 해당하기에 이 영단어를 사용하여 Cat.5 UTP 케이블이라고도 불립니다.)

UTP-5 케이블은 주황색, 파랑색, 녹색, 갈색 이렇게 4쌍이 각각 띠가 보이는 흰색 선과 서로 꼬여있는 총 4개의 쌍이 있습니다. 하나의 케이블 안에서 각 쌍이 서로 꼬여있는 이유는 각 선에서 신호가 전송될 때 생길 수 있는 전자파에 대한 간섭을 줄이기 위한 목적이 있습니다. 컴퓨터 또는 장비 간 LAN 선을 통해 연결이 되어 있을 때 거리가 다소 멀더라도 최대한 신호가 유지되도록 보장하는 것이라 할 수 있습니다. 이때 보내지는 신호는 각 피복 안에 있는 금속선을 통해 전달되는데, 전기 신호가 전달되며 전압의 차이를 이용하여 1과 0이라는 신호가 전달됩니다. UTP-5 케이블은 규격상으로는 흔히 기가 속도라 이야기하는 1000Mbps 속도까지, 그리고 거리는 100미터까지 지원 가능하지만, 케이블이 명확한 규격에 따라 만들어졌는지, 케이블을 사용하는 장비에서 충분한 신호를 내보내는지, 주변 전파 환

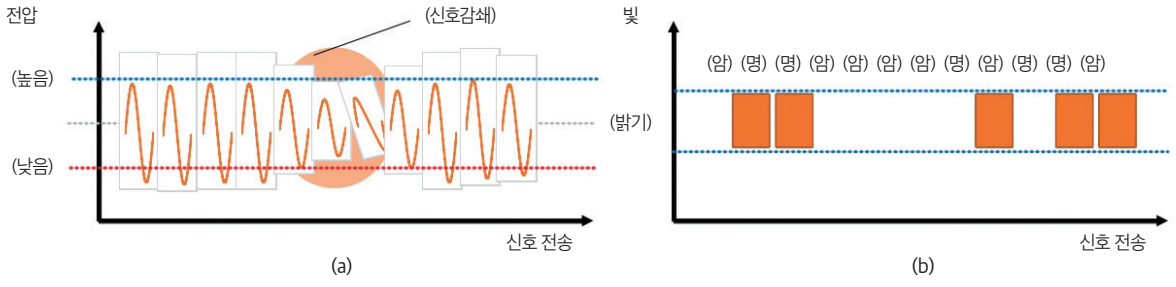


그림 3. 금속선 케이블 (a) 및 광섬유 케이블 (b)를 통한 신호 전송

최영락
나임네트웍스 SDN기술팀 매니저

물리 계층에 해당하는 다른 예로, 광섬유 케이블(광케이블)을 살펴보고자 합니다. 광섬유는 빛 신호를 전달하기 위해 얇고 가는 유리 또는
물리 계층에 해당하는 다른 예로, 광섬유 케이블(광케이블)을 살펴보고자 합니다. 광섬유는 빛 신호를 전달하기 위해 얇고 가는 유리 또는 플라스틱 섬유를 사용하는데, 빛의 밝고(명) 어두움(암)을 통해 신호를 전달합니다. 전기 신호의 경우 주변 전파의 간섭을 받으면 신호가 망가질 확률이 높으나, 광섬유는 섬유 내에서 빛의 반사가 지속적으로 이루어지는 과정을 통해 빛을 전달합니다 [그림 4 참고]. 따라서 회선이 끊어지지 않는 이상 구리선보다 안정적으로 빠르게, 그리고 멀리 전송이 가능합니다.

그러나 선이 꺾이는 경우에는 빛이 전달되지 못하며, 빛 신호를 컴퓨터 신호와 상호 변환하는 장치 가격이 다소 비싸다는 단점이 있습니다. 일반적으로 매우 큰 대역폭을 필요로 하거나 안정적인 데이터 통신을 필요로 하는 쪽에서는 UTP 케이블이나 동축 케이블보다는 광케이블을 주로 사용합니다. 특히, 생중계나 스튜디오 촬영에서 사용하는 방송 장비에서는 대부분 광케이블을 사용하기에 보다 안정적으로 방송 신호가 전달되지만, 선이 끊어지지 않도록 잘 관

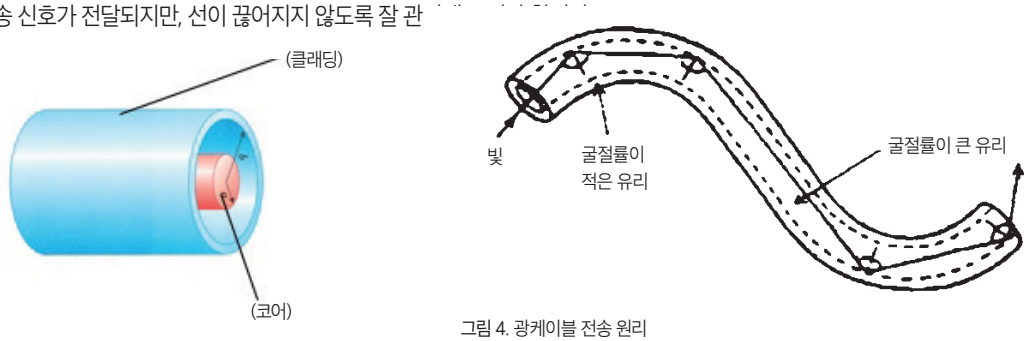
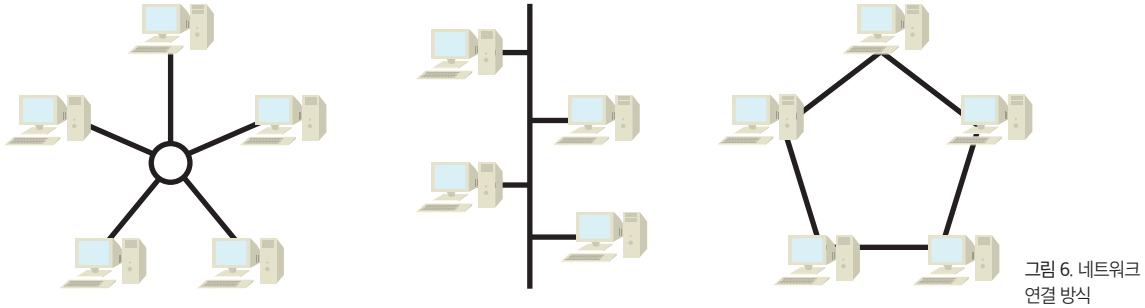


그림 4. 광케이블 전송 원리

그림 5. 광커넥터(왼쪽부터 시계 방향으로, FC, ST, SC, LC듀얼)

광케이블의 경우 빛 전송 모드에 따라 빛을 하나의 경로로 전송하여 멀리까지 전송 가능한 싱글 모드와 빛을 여러 경로로 짧은거리에 전송하는 멀티 모드로 나뉩니다. 그리고 케이블을 연결할 때 빛 자체의 손실, 반사 손실, 그리고 비용 등에 따라 연결하는 커넥터의 종류 또한 다양합니다. [그림 5 참고]. 광케이블을 사용할 때는 장비마다 사용하는 모드 및 광커넥터의 종류가 다양하기에, 해당하는 장비에 적합한 케이블을 선택하여 사용할 필요성이 있습니다.



(a) 스타형 (b) 버스형 (c) 링형

그림 6. 네트워크 연결 방식

III. 데이터링크 계층

오늘날 여러 컴퓨터들을 연결할 때는 허브(Hub) 또는 스위치라는 장비를 사용하여 구성하는 것이 일반적입니다. 이와 같이 하나의 어떤 중심 장비를 두고 각 컴퓨터들을 해당 장비와 연결한 구성을 스타형(Star-형, 별 모양을 닮은 것 같죠?)이라고 합니다. 과거에는 메인 케이블을 공유하고 메인 선으로부터 선을 빼서 컴퓨터들을 연결하는 버스형(Bus-형, IT에서는 한 선로를 여러 장비들이 공유하는 형태를 전통적으로 버스라는 용어를 붙여 사용하였습니다), 그리고 여러 컴퓨터들을 하나씩만 서로 연결하는 링형(Ring-형, 고리 모양의 형태에 해당합니다)과 같은 구성을 사용하기도 하였습니다. 그러나 버스형과 링형의 경우는 오늘날 잘 사용하지 않으며, 스타형의 경우 중심에 있는 장비가 망가지는 경우 네트워크가 마비될 수도 있기에 이를 대비하기 위해 네트워크 선을 여러 개 설치하거나 고가의 장비를 중심에 두고 사용하기도 합니다.

데이터링크 계층은 물리 계층을 이용하여 네트워크에 있는 장치들 간에 데이터가 나가거나 들어오는 움직임을 전반적으로 관리하는 역할을 담당합니다. 해당 역할이 필요한 가장 큰 이유로는 네트워크 연결 방식에 따라 한 컴퓨터에서 보낸 데이터를 여러 컴퓨터들이 중복해서 받을 수 있기 때문입니다. 버스형의 경우, 데이터링크 계층이 없다면 [그림 7-(a)] 왼쪽과 같이 컴퓨터 A에서 데이터를 보낼 때, 컴퓨터 B, C, D 중 특정 컴퓨터만 데이터를 받아야 하는지, 아니면 모든 컴퓨터에서 데이터를 받아야 하는지 판단하기 어렵습니다. 데이터링크에서는 컴퓨터별로 하드웨어 주소를 부여하여 보내고 받는 대상을 명시합니다. 또한, 회선을 공유하는 경우 한 회선에서 신호가 충돌할 가능성도 있습니다. [그림 7-(b)] 왼쪽에서는 컴퓨터 A에서 데이터를 송신하는 동시에 컴퓨터 D에서 데이터를 전송하기에 신호가 충돌하는 상황을 나타냅니다. 이렇게 신호가 충돌하는 경우에는 데이터가 올바르게 전송되지 않을 것입니다. 따라서 데이터를 보내기 전

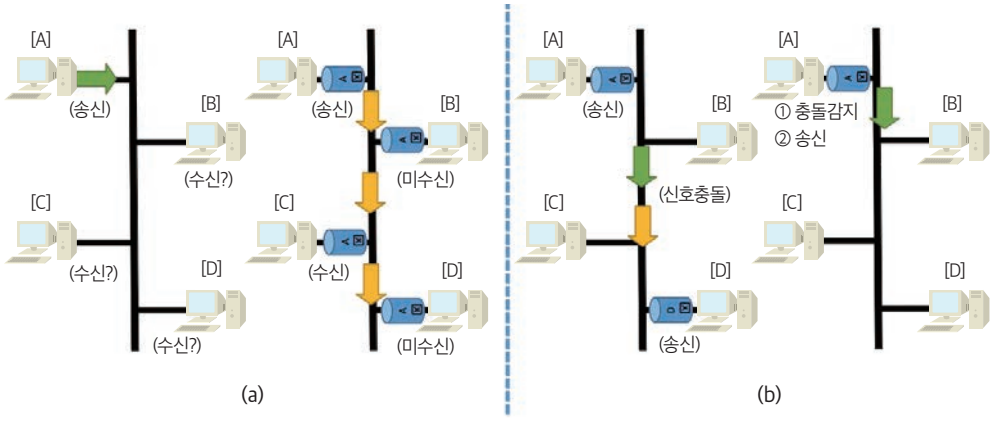


그림 7. 데이터링크 계층: 하드웨어 주소 필요성 및 충돌 감지 필요성

에 오가는 데이터가 있는지 먼저 충돌 감지를 한 후 데이터를 보내는 방식 또한 필요합니다.

네트워크에 연결되는 컴퓨터는 유선 또는 무선을 통해 네트워크에 연결됩니다. 유선을 통해 연결되는 경우 예전에는 PC에 유선 랜카드를 장착하여 연결하는 경우가 많았으나 오늘날에는 컴퓨터 메인보드에 랜카드가 내장되어 LAN 선 연결이 가능한 포트를 제공하는 경우가 많습니다. 무선을 통해 연결되는 경우에는 노트북 또는 스마트폰에 별도의 칩이 내장되어 무선 연결을 지원하는 방식이 일반적이며, 무선 연결을 지원하지 않더라도 USB를 통해 연결 가능한 무선 랜카드를 구입하여 무선 네트워크에 연결이 가능합니다. 이때, 유선 또는 무선을 통해 컴퓨터에서 연결되는 장비 또는 칩을 네트워크 인터페이스 카드(Network Interface Card, 줄여서 NIC)라고 하고, 랜카드라 부르기도 합니다. 컴퓨터 입장에서는 네트워크와 연결되는 일종의 통로가 되는 셈입니다. 이때, 모든 NIC에는 유선 또는 무선 네트워크에서 다른 장비와 충돌이 발생하지 않도록 고유 하드웨어 주소가 할당되어 있습니다. 이를 MAC(Media Access Control) 주소라고 하며, 48자리

최영락
나임네트웍스 SDN기술팀 매니저

의 2진수를 4개의 비트씩 16진수로 표현하고, 16진수 2개 단위로 6개로 나누어 각 자리를 콜론(:) 또는 하이픈(-)으로 구분합니다. 물리 계층을 통해 오가는 모든 데이터는 [그림 8]과 같은 구조를 가진 MAC 주소 형식을 사용하여 데이터를 보내는 컴퓨터의 송신자와 데이터를 수신하는 목적지가 명시되어 있습니다. 따라서 [그림 7]에서와 같이 여러 컴퓨터들에 데이터가 전송되더라도 목적지에 해당하는 MAC 주

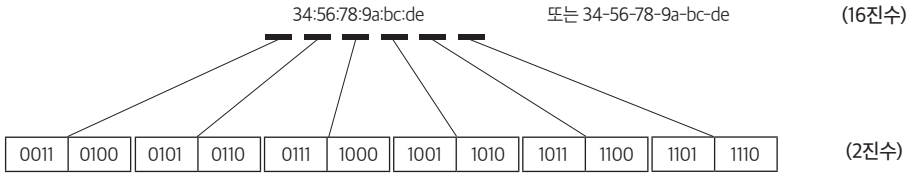


그림 8. MAC 주소 표현 방식

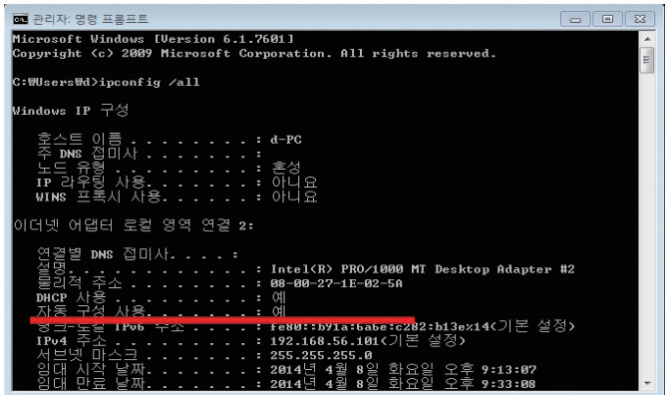


그림 9. Window 운영체제 에서 MAC 주소 확인 결과

소를 가진 컴퓨터만 데이터를 수신합니다.

[그림 9]는 Windows 운영체제에서 MAC 주소를 확인한 화면입니다. Windows 운영체제에서는 시작 → 보조 프로그램 → 명령 프롬프트를 선택하고, (참고 : Windows 8 이상에서는 Windows + X 키를 누른 후 나타나는 메뉴에서 명령 프롬프트를 선택합니다.) "ipconfig /all" 명령어를 입력한 후, 엔터키를 눌러 실행하면 유선 및 무선 네트워크 연결 모두 '물리적 주소'라는 이름으로 MAC 주소를 확인하실 수 있습니다.

IV. 네트워크 딜레이 이해

이와 같이, 데이터링크/물리 계층에서는 다양한 물리 매체를 통해 데이터가 안정적으로 전송되도록 보장하는 역할을 담당합니다. 어떤 물리 계층을 사용하는지에 따라 지원 가능한 거리 및 최대 대역폭이 달라집니다. 그리고 데이터링크 계층을 통해 데이터가 올바르게 전송되도록 하드웨어 주소 및 충돌 감지와 같은 기능을 내부적으로 수행합니다. 이렇게 데이터링크/물리 계층에서 주고받는 데이터를 '프레임'이라고 하고, 상위 계층인 네트워크 계층에서는 '패킷'이라는 단위로 프레임을 생성하여 데이터를 보내거나 받습니다. 이때, 네트워크 계층

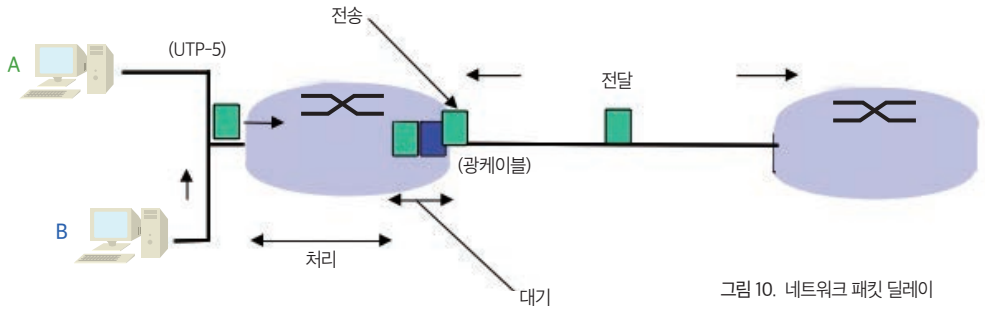


그림 10. 네트워크 패킷 딜레이

및 데이터링크/물리 계층에서 처리되고 전송되는 과정에서 지연이 발생하는데, 이를 딜레이라고 이야기합니다.
[그림 10]에서는 내부에서 LAN 선 기반으로 통신이 이루어지고, 외부로는 광케이블을 통해 데이터가 전송될 때 발생 가능한 네트워크 딜레이를 4가지로 구분하여 나타내고 있습니다. 우선, 데이터 전송 및 전달을 담당하는 데이터링크/물리 계층에서는 컴퓨터 신호를 물리적인 신호로 변환하는 전송 딜레이가 있으며, 물리 매체를 통해 전송될 때 발생하는 전달 딜레이가 있습니다. 전달 딜레이의 경우 물리 매체에 의해 실제 전달되는 속도이기에 보통 몇 백~천분의 1초에 지나지 않는 반면, 전송 딜레이의 경우 얼마나 많은 데이터를 물리 신호로 변환하여 전송하는지에 따라 결정됩니다. 그리고 왼쪽에서 오른쪽으로 데이터가 전송될 때 물리 매체가 바뀌는 가운데 있는 장비에서 데이터가 처리되거나 대기하는 시간 또한 딜레이에 포함됩니다. 실제 네트워크에서의 딜레이는 전송 딜레이에 많이 좌우되며, 그리고 가운데 장비에서 처리하는 '패킷' 단위의 데이터양이 매우 많아질 때에는 처리되거나 대기하는 시간이 길어져 전체 네트워크 딜레이에 영향을 주기도 합니다.

컴퓨터 네트워크의 성능을 확인하는 방법으로 크게 이론적인 대역폭을 확인하는 방법, 실제 대역폭을 확인하는 방법, 그리고 네트워크 딜레이를 확인하는 방법이 있습니다. 이론적인 대역폭은 물리 매체 및 NIC 장비에 의존하는 경우가 많고, 실제 대역폭은 얼마나 많은 데이터가 얼마나 많은 장비를 거쳐 네트워크에서 오가는지에 따라 영향을 미칩니다. 그리고 네트워크 딜레이는 [그림 10]에서 설명한 4가지에 따른 영향에 의해 지연이 발생합니다.

[그림 11]은 Windows 명령 프롬프트에서 ping이란 명령어를 통해 네트워크 딜레이를 확인한 결과입니다. ping 명령어는 상대방 컴퓨터에서 지원하는 경우 사용 가능한데, 네트워크 패킷을 보내 내 컴퓨터에서 상대방 컴퓨터로 오가는 시간(Round Trip Time이라고 합니다)을 측정할 수 있습니다. 야후(www.yahoo.com)의 경우 2012년 12월 31일 자로 국내 검색 서비스를 종료하였습니다. 이에, 구글 코리아(www.google.co.kr)와 ping을 통해 딜레이를 비교해 보니 2배 이상의 차이가 있는데 이는 해외 서버로 통신을 하면서 보다 많은 수의 장비를 거치기에 딜레이에 영향을 준 것으로 유추됩니다.

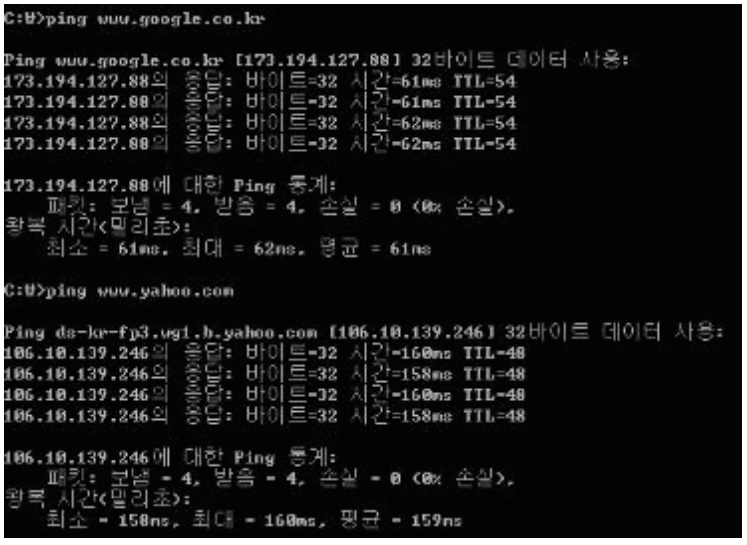


그림 11. ping 명령어 사용

이번 호에서는 TCP/IP에서 가장 하위에 있는 계층인 데이터링크/물리 계층에 대해 살펴보고, 네트워크 딜레이에 대해서도 간단히 살펴보았습니다. 다음 호에서는 네트워크 계층과 데이터링크/물리 계층의 관계를 살펴보고, 이때 사용하는 스위치와 같은 장비의 특성을 중심으로 이야기할 예정입니다.