

이 글은 2001년4월경에 작성된 것입니다. 따라서 현재의 상황과 다른 것이 있을 수 있으며, 교정을 보지 않아 오류가 있을 수 있음을 미리 알려드립니다. 다른 사람들에게 도움이 될 수도 있을 것 같아 제 홈페이지 <http://www.whchang.com>에 등록을 합니다.

Feb 15, 2002

장우현 whchang@whchang.com

ARP(address resolution protocol)

ARP는 LAN에서 사용되는 Protocol로서 네트워크 address (여기에서는 IP address)에 대한 물리적인 address, 즉 MAC address를 알아내는데 이용됩니다.

Ethernet에 접속된 시스템 A

IP address	1.1.1.1
MAC address	0:90:27:42:1D:7C

와 시스템 B

IP address	1.1.1.1
MAC address	unknown

가 있을 때 시스템 A가 시스템 B로 ping을 시도한다고 가정해 봅시다. 시스템 A가 시스템 B로 ping을 시도하기 위해서는 ICMP echo request 메시지에 IP header를 추가하고, 그리고 Ethernet Frame Header를 추가해야 합니다. 이때 Ethernet Frame Header를 만들기 위해서는 시스템 B에 대한 Ethernet MAC address가 무엇인지, 그것에 대한 정보가 필요합니다. 이때 이용되는 Protocol이 ARP입니다.

ARP 테이블이라는 것은 IP address에 대응하는 MAC address가 명시된 테이블입니다. IP Stack을 지원하는 시스템들은 IP Packet을 전달하기 위해 ARP 테이블을 갖고 있습니다. 따라서 시스템 A도 먼저 1.1.1.2에 대한 MAC address를 찾기 위해 자신의 ARP 테이블을 먼저 검색합니다. ARP 테이블을 검색한 결과 1.1.1.2에 대한 MAC address가 없을 경우 ARP request/reply 과정을 통해 MAC address를 알아내고 그것을 ARP 테이블에 등록합니다.

ARP 테이블

IP Address	MAC Address	Age
1.1.1.3	00:e0:2b:e0:06:00	15
1.1.1.4	00:e0:2b:e0:03:00	100
1.1.1.5	00:e0:2b:e0:61:00	35
1.1.1.6	00:e0:2b:e0:01:00	13
1.1.1.7	00:e0:2b:e0:3d:00	86
1.1.1.8	00:d0:b7:26:00:d0	220
1.1.1.9	00:00:5e:00:01:0b	50
1.1.1.12	00:e0:2b:e0:03:00	546
1.1.1.13	00:e0:2b:e0:61:00	34
1.1.1.254	00:e0:2b:e0:01:00	0

1.1.1.2에 대한 ARP request/reply 과정을 마친후 ARP 테이블은 다음과 같이 됩니다.

ARP 테이블

IP Address	MAC Address	Age
1.1.1.2	00:90:69:3b:28:7e	0
1.1.1.3	00:e0:2b:e0:06:00	15
1.1.1.4	00:e0:2b:e0:03:00	100
1.1.1.5	00:e0:2b:e0:61:00	35
1.1.1.6	00:e0:2b:e0:01:00	13
1.1.1.7	00:e0:2b:e0:3d:00	86
1.1.1.8	00:d0:b7:26:00:d0	220
1.1.1.9	00:00:5e:00:01:0b	50
1.1.1.12	00:e0:2b:e0:03:00	546
1.1.1.13	00:e0:2b:e0:61:00	34
1.1.1.254	00:e0:2b:e0:01:00	0

ARP request/reply

ARP packet은 물리적으로 동일한 Ethernet 영역(segment)내에서만 전달되며, 논리적으로는 동일한 주소영역(network address)내에서만 전달됩니다. ARP packet의 구조는 ARP packet 구조에서 자세히 다루겠으며, 여기에서는 ARP request/reply 과정을 상세히 알아보도록 하겠습니다.

시스템 A는 목적지의 MAC address를 ARP 테이블에서 검색을 하고 원하는 것이 없으면 ARP request packet을 생성하여 전달합니다. ARP request packet에 포함되는 중요 정보는 아래와 같습니다.

시스템 A 즉 source의 MAC address	00:90:27:42:1D:7C
시스템 A 즉 source의 IP address	1.1.1.1
목적지 즉 시스템 B의 IP address	1.1.1.2

이 ARP request packet을 담은 Ethernet Frame Header의 Destination MAC address는 FF:FF:FF:FF:FF:FF 즉 broadcast address로 설정되며, 이 Ethernet Frame이 허브로 전달되면 허브는 이 Frame이 들어온 포트를 제외한 모든 포트 로 전달(Forwarding)을 합니다. 따라서 물리적으로 동일한 Ethernet Segment에 있는 모든 시스템들은 이 ARP request packet을 받게 됩니다. 이 과정을 ARP request라고 합니다.

시스템 B(1.1.1.2)를 제외하고 ARP request를 받은 다른 시스템들은 ARP request안에 지정된 목적지 IP address가 자신의 IP address와 다르므로 ARP request packet을 폐기시킵니다. 시스템 B는 시스템 A(1.1.1.2)에 대한 MAC address 정보를 ARP request packet에서 얻어 자신의 ARP 테이블에 등록을 합니다.

ARP 테이블

IP Address	MAC Address	Age
------------	-------------	-----

1.1.1.1 00:90:27:42:1D:7C 0

그리고 ARP reply를 합니다. ARP reply packet안에 포함되는 중요 정보는 아래와 같습니다.

시스템 B 즉 source의 MAC address	00:90:69:3b:28:7e
시스템 B 즉 source의 IP address	1.1.1.2
목적지 즉 시스템 A의 MAC address	00:90:27:42:1D:7C
목적지 즉 시스템 A의 IP address	1.1.1.1

ARP request packet은 broadcasting 으로 모든 시스템으로 전달되지만 ARP reply packet은 unicasting 으로 ARP request를 한 시스템에게만 전달됩니다.

시스템 A는 시스템 B로부터 ARP reply packet을 전달받고 시스템 B의 MAC address를 얻게 되며, 그것을 자신의 ARP 테이블에 등록을 합니다. 그리고 나서 시스템 A는 시스템 B로 Ethernet Frame을 전송합니다.

ARP Packet 구조

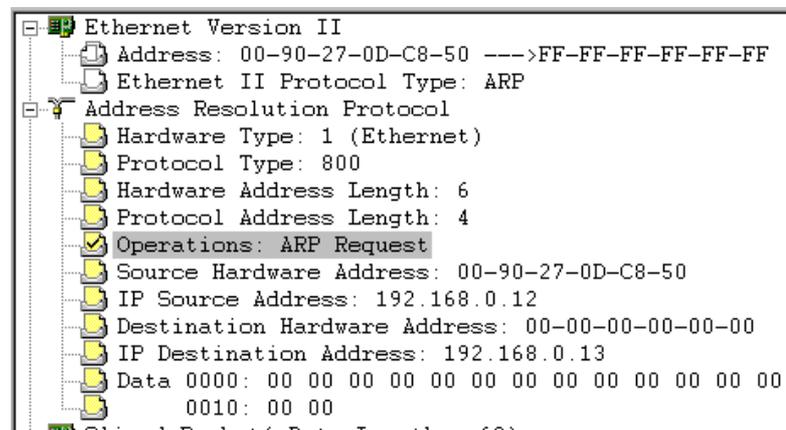
ARP packet은 구조는 다음과 같으며, 주의해서 볼 것은 source, destination에 대한 IP address 및 MAC address 필드입니다.

Hardware type	Protocol type	Hardware address 길이	Protocol address 길이	Operation code
Source MAC Address	Source IP address	Target MAC address	Target IP address	

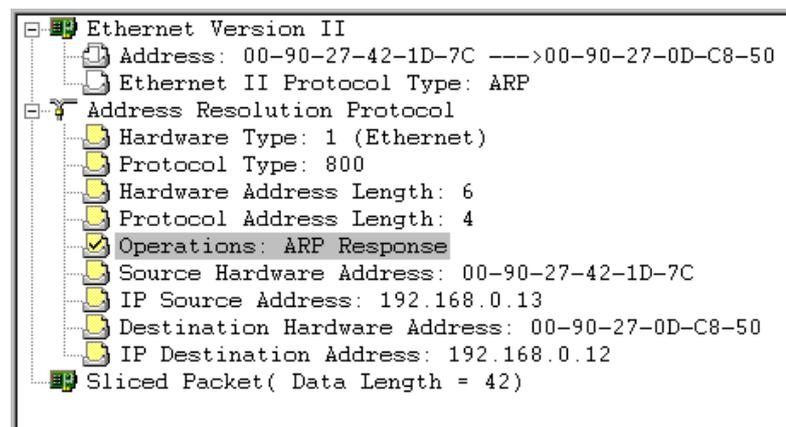
- Hardware type: LAN이 Ethernet, FDDI, Token-Ring 중 어떤 것인지 나타냄. Ethernet에 대한 값은 1.
- Protocol type: MAC address에 대한 정보를 얻을 때 IP, IPX, Appletalk 등 어떤 네트워크 Protocol address에 대한 것인지 나타냄. IP address에 대해서는 0x0800
- Hardware address 길이: MAC address의 길이를 나타냄. Ethernet Address 길이는 6.
- Protocol address 길이: Protocol address의 길이, 즉 IP address의 길이를 나타냄. IP address 길이는 4 (byte 단위).
- Operation code: ARP request, ARP reply, RARP request, RARP reply중 어떤 것인지 나타냄. ARP request, ARP reply에 대해서 각각 0x01, 0x02.
- Source MAC address: ARP request를 하는 시스템의 MAC address가 설정되며, ARP reply에서 Target MAC address로 이용됨.
- Source IP address: ARP request를 하는 시스템의 IP address로, ARP reply에서 Target IP address로 이용됨.
- Target MAC address: ARP request에서는 00:00:00:00:00:00으로 설정됨.
- Target IP address: 목적지의 IP address.

아래는 192.168.0.12에서 192.168.0.13에 대한 ping을 시도할 때, 192.168.0.13에서 Ethernet Frame을 본 것입니다.

Ethernet Frame of ARP request



Ethernet Frame of ARP reply



ARP Age timeout

ARP request/reply에 의해 생성된 ARP 테이블의 각 레코드는 IP address, MAC address 이외에 Age라는 것을 가지고 있습니다(Age 이외에 다른 항목들도 있습니다). 이것은 ARP reply에 의해 생성된 ARP 테이블의 해당 레코드가 최근 참조된 이후 지난 시간을 의미합니다.. 만약 일정시간(age timeout)안에 해당 레코드가 참조되지 않으면 해당 레코드는 ARP 테이블에서 지워지게 됩니다. 만약 age timeout 시간안에 해당 레코드가 참조될 경우 Age 값은 0으로 reset이 되어, ARP 테이블에 더 오래 유지되게 됩니다.

ARP age timeout 값은 장비 혹은 운영체제마다 다릅니다. 그러나 일반적으로 20분을 기본값으로 이용하는 경우가 많습니다. 아래에서는 Extreme사의 Summit 24의 ARP age timeout에 대한 정보와 Cisco사 2501 라우터의 ARP age timeout에 대한 정보를 볼 수 있습니다.

Summit24의 ARP 테이블 정보를 살펴보면 ARP 레코드에 대한 age timeout은 20분인 것을 알 수 있습니다. 따라서 아래에서는 211.233.15.45에 대한 age가 19분뒤 20분이 되자 ARP 테이블에서 사라진 것을 볼 수 있습니다.

```
Summit24:45 # sh iparp
Destination      Mac                Age  Flags  Vlan
211.233.15.58    00:d0:b7:9d:ba:c2  12   Default (1)
211.233.15.56    00:d0:b7:23:dc:0e  6     Default (1)
211.233.15.45    00:d0:b7:3e:44:d6  19     Default (1)
211.233.15.40    00:d0:b7:3e:5b:16  10   Default (1)
211.233.15.39    00:d0:b7:3e:5a:1b  12   Default (1)
211.233.15.37    00:d0:b7:23:ec:14  3     Default (1)
211.233.15.1     00:e0:2b:e0:03:00  0     Default (1)

Summit24:46 # sh iparp
Destination      Mac                Age  Flags  Vlan
211.233.15.58    00:d0:b7:9d:ba:c2  13   Default (1)
211.233.15.56    00:d0:b7:23:dc:0e  7     Default (1)
211.233.15.40    00:d0:b7:3e:5b:16  11   Default (1)
211.233.15.39    00:d0:b7:3e:5a:1b  13   Default (1)
211.233.15.37    00:d0:b7:23:ec:14  4     Default (1)
211.233.15.1     00:e0:2b:e0:03:00  0     Default (1)
```

Cisco사 2501 라우터에서는 age timeout이 최소한 3시간 이상(198 min을 참조)인 것을 알 수 있습니다.

```
Cisco2501> sh ip arp
Protocol Address      Age (min)  Hardware Addr  Type  Interface
Internet 210.182.173.143  44  0090.272f.5516  ARPA  Ethernet0
Internet 210.182.173.130   0  00d0.b771.fabc  ARPA  Ethernet0
Internet 210.182.173.133  42  0010.5a6b.56b0  ARPA  Ethernet0
Internet 210.182.173.132  53  0090.272f.5516  ARPA  Ethernet0
Internet 210.182.173.135  20  00d0.b723.feb5  ARPA  Ethernet0
Internet 210.182.173.145   0  0090.271c.d644  ARPA  Ethernet0
Internet 210.182.173.151   5  0090.272f.5510  ARPA  Ethernet0
Internet 210.182.173.190  198 0090.0803.4f9d  ARPA  Ethernet0
```

ARP 테이블은 자주 packet이 전달되어야 하는 경우 ARP request/reply 과정을 거치지 않게 해주는 장점이 있습니다. 그러나 age timeout 이내에는 ARP request/reply가 발생하지 않아 문제가 발생하는 경우가 있습니다. 다음의 예에서 그것을 설명하도록 하겠습니다.

허브에 Default gateway 역할을 하는 라우터와 서버시스템이 1개 접속되어 있는 경우를 가정해 보시기 바랍니다. 서버시스템 Ethernet port와 라우터 Ethernet Port는 다음과 같습니다.

```

라우터 Ethernet port
IP address      1.1.1.1
MAC address     00:11:11:11:11:11

서버시스템 Ethernet port
IP address      1.1.1.2
```

```
MAC address      00:11:11:11:11:22
```

서버시스템은 default gateway 1.1.1.1에 대한 MAC address 정보 00:11:11:11:11:11를 age timeout 시간동안 유지할 것입니다. 그런데 어떤 이유로 라우터에 장애가 생겨 라우터를 교체하는 경우가 발생할 수 있습니다. 새로운 라우터는 다음과 같이 MAC address는 다른 값을 가집니다.

라우터 Ethernet port

```
IP address       1.1.1.1
MAC address      00:11:11:11:33:11
```

그러나 서버시스템에서는 1.1.1.1에 대한 MAC address 정보가 00:11:11:11:33:11가 아니라 age timeout 시간동안에는 00:11:11:11:11:11로 갖고 있을 것입니다. 결국 서버시스템은 default gateway 역할을 담당하는 라우터를 경유하여 통신할 수 없는 상황에 빠지게 됩니다.

위 상황을 해결할 수 있는 방법은 2가지고 있습니다. 첫번째는 라우터에서 서버시스템으로 ICMP echo request를 보내는 것입니다. 라우터는 서버시스템에 대한 ARP 정보가 사라졌으므로 ARP request를 보낼 것이고, 서버시스템은 라우터 Ethernet port에 대한 MAC address 정보를 갱신할 것입니다. 두번째는 서버시스템이 갖고 있는 ARP 테이블을 지우는 것입니다. 그러면 서버시스템은 ARP request/reply 과정을 통해 default gateway 역할을 담당하는 라우터 Ethernet port에 대한 MAC address를 찾아낼 수 있습니다. 서버시스템 관리자가 부재중인 경우 첫번째 방법을 사용하는 것이 바람직합니다.