

# PARÇALARA AYIRMA ve YENİDEN KURMA

Seyhan Ağaoğlu  
s.agaoglu@ieee.org

## ÖZET

İnternet protokol takımı her biri farklı paket boyutlarına sahip birçok ağ teknolojisi üzerinde çalışabilecek şekilde tasarlanmıştır. Bilgisayar ağlarında Maksimum İletim Birimi (MTU) bir haberleşme protokolünün ağ üzerinden geçirebileceği protokol veri biriminin (PDU) maksimum boyutu olarak tanımlanır. Bu makalede IP paketlerinin parçalanması ve yeniden oluşturulması süreçlerinden test için kullanılacak araçlardan bahsedilecektir.

## ANAHTAR KELİMELER

Maksimum iletim birimi (MTU), IP paketi, parçalara ayırma, yeniden kurma, Path MTU Discovery

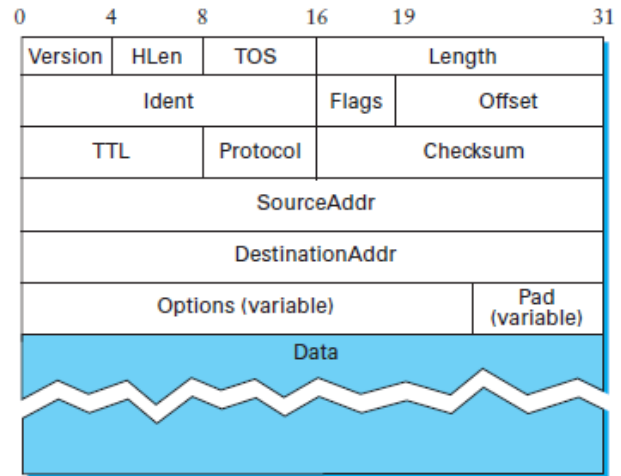
## 1. MTU nedir?

Heterojen dağılımlı bir ağ üzerinde düzgün bir biçimde noktadan noktaya bağlantı yapabilmenin bir problemi de tüm ağı; paket boyutunun ne kadar olacağına kendi içinde karar veren her biri birbirinden farklı ağ teknolojilerinden oluşmuş olmasıdır. Örneğin Ethernet ağlar uzunluğu 1500 bayta kadar olan paketleri kabul ederken, FDDI paketleri 4500 bayt uzunluğunda olabilir. Bu durum IP servis modeline iki seçenek bırakır: IP paketlerinin her bir ağ ortamından geçebilecek kadar küçük olduğuna emin olmak veya ilgili ağ ortamından geçemeyecek kadar büyük olduğunda hangi paketlerin parçalanacağına ve yeniden kurulacağına karar vermek. Sürekli yeni ağ teknolojilerinin ortaya çıktığını ve IP paketlerinin her bir ağdan geçeceğini ve tüm ağlar için uygun paket boyutunu bulmanın zorluklarını düşünürsek ikinci maddenin daha iyi bir seçenek olacağı anlaşılabilir. Her bir veri paketinde iletilen bilgi kadar başlık için de bir yer tahsis edildiğinden bu durum aynı zamanda sürekli küçük paketler gönderildiğinde bant genişliğinin boşa kullanılmasını da önlemiş olur. Örneğin ara bağlantısı noktadan noktaya link olan FDDI ağlara bağlı iki bilgisayarın haberleşmesi için iletilecek olan paketlerin boyutunun Ethernet ağlara uymasına gerek yoktur.

Ana fikir her bir ağın kendi üzerinden geçirebileceği IP paketinin maksimum boyutunu belirten *maksimum iletim birimine* (MTU) sahip olmasıdır. Dikkat edilmesi gereken bir nokta ise MTU değerinin ağ üzerinden iletilebilecek en büyük paket boyutundan daha küçük olması gerekir çünkü IP paketinin boyutu veri bağı katmanındaki

çerçevenin yük kısmına eşit olması gerekmektedir. Ayrıca ATM ağlardaki çerçeve bir ATM hücresi değil, CS-PDU'dur. CS-PDU da IP katmanına görünmeyen ATM hücrelerine bölünür.

Bundan dolayı bir bilgisayar IP paketi göndermek istediğinde istediği herhangi bir paket boyutunu tercih edebilir. IP paketine ait başlığın içeriği Şekil 1'de gösterilmiştir. MTU için en makul seçim cihazın direkt olarak bağlı olduğu ağın MTU değeri olacaktır. Bu sebeple parçalara ayırma işlemi hedef cihaza giden yolun daha düşük MTU değerine sahip bir ağ içermesi durumunda olacaktır. Taşıma protokolüne bağlı başlık bilgileri IP paketine eklendiğinde (encapsulation) paket boyutu yerel MTU değerinden büyük oluyorsa kaynak bilgisayar paketi parçalara bölmelidir.

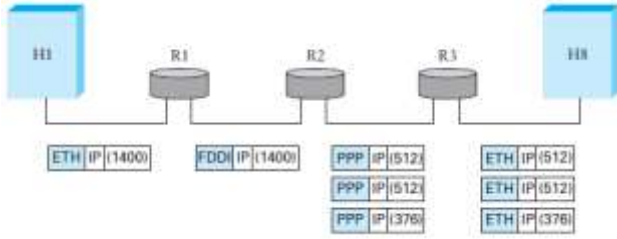


Şekil 1.

Kendisine gelen paketin boyutu iletmek istediği ağın MTU değerinden büyükse parçalara ayırma işlemi genellikle router'da gerçekleşir. Bu parçaların alıcı bilgisayarda tekrar bir araya getirilebilmesi için hepsi Ident alanında aynı tanımlayıcıyı değeri taşır. Gönderen tarafından seçilen bu tanımlayıcı makul bir zaman aralığı için bu kaynaktan gönderilen tüm paketler arasında belirleyici olması açısından benzersiz olmalıdır. Orijinal pakete ait tüm parçalar bu tanımlayıcıya sahip olduğundan paketi yeniden oluşturan sunucu hepsini tanıyacak ve bir araya getirecektir. Tüm parçaların alıcıya ulaşmadığı

durumlarda, alıcı yeniden oluşturma işlemini genellikle yapmaz ve kendisine ulaşan parçaları ıskartaya çıkartır.

Tüm bu anlatılanların daha iyi anlaşılabilmesi için H1 sunucusunun H8 sunucusuna paket gönderdiği Şekil 2'deki örneği inceleyelim.



Şekil 2.

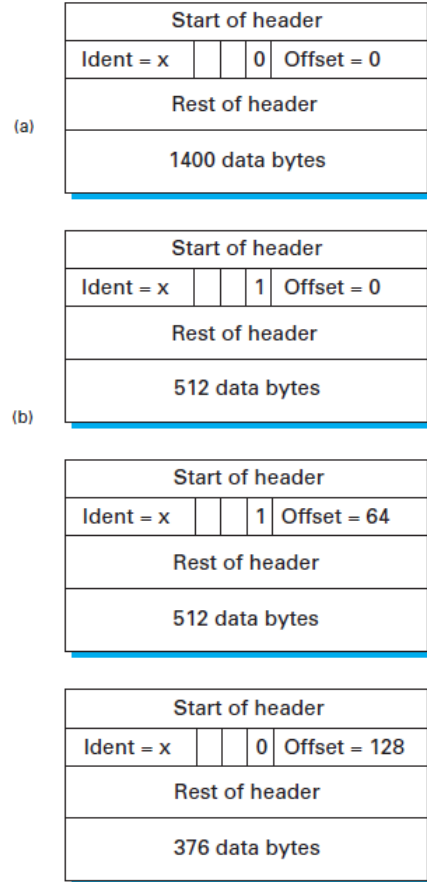
Farz edelim ki her iki Ethernet için de MTU değeri 1500 bayt, FDDI ağ için 4500 bayt, noktadan noktaya bağlantı için 532 bayt ve gönderilecek IP paketi de 1420 bayt (20 bayt başlık, 1400 bayt yük) olsun. Böylece H1'den gönderilen, ilk Ethernet ağdan FDDI ağına geçen paketin parçalanmasına gerek yoktur. Fakat R2 router'da paketin üç parçaya ayrılması gerekecektir. Bu parçalar R3 router'ı tarafından ikinci Ethernet ağ üzerinden alıcıya gönderilir. Bu örnek aynı zamanda iki önemli noktayı desteklemektedir:

1. Aslında her bir parçanın kendisi diğerlerinden bağımsız ağ üzerinde iletilen birer IP paketidir,
2. Her bir IP paketi üzerinden geçtiği fiziksel ağ için yeniden sarmalanmıştır.

Şekil 3'te gösterilen her bir parçaya ait başlık kısmı dikkatle incelendiğinde parçalara ayırma işlemi daha iyi anlaşılacaktır. Parçalara ayrılmayan 1420 baytlık paket (20 bayt başlık, 1400 bayt yük) Şekil 3-a'da gösterilmektedir. Paket router R2'ye geldiğinde PPP ağın MTU değeri 532 olduğundan parçalara ayrılması gerekmektedir. 532 bayt MTU değerine göre 512 bayt yük için 20 bayt ise IP başlığı için ayrılmıştır dolayısıyla ilk parça 512 bayt veri içermektedir. Bu parça orijinal paketin ilk parçası olduğundan router takip eden başka parçaların da olduğunu ifade eden Flags alanına ait M biti değiştirir ve Offset'i 0'a eşitler. İkinci pakette taşınan veri 513. bayttan başlayacağı için Offset alanı 64'e eşitlenir ( $512 \div 8 = 64$ ). Neden 8'e bölündü? Çünkü Internet Protokolün tasarımcıları parçalamanın her zaman 8-baytlık parçalar halinde olmasını planlamıştır ve bu yüzden Offset alanı baytları değil 8-baytlık yığınları saymaktadır. Üçüncü parça orijinal verinin son 376 baytını içermektedir ve Offset  $2 \times 512 \div 8 = 128$  olur. Bu aynı zamanda son parça olduğundan Flags'a ait M bit değiştirilmez.

Görüldüğü üzere parçalama işlemi bu şekilde yapılır ve eğer bir sonraki adımda daha düşük MTU değerli bir ağ varsa tekrarlanır.

Parçalama işlemi orijinal verinin alıcı tarafından kolaylıkla yeniden oluşturulmasını sağlayan daha küçük, geçerli ve hedefe erişim süreleri birbirinden bağımsız IP paketleri üretir. Paketin yeniden kurulması her bir router'da değil alıcı bilgisayarda gerçekleştirilir.



Şekil 3.

Yeniden oluşturma işlemi gerçekte çok da kolay bir işlem değildir. Örneğin eğer orijinal pakete ait bir parça ağ üzerinde kaybolursa alıcı buna rağmen gelen parçaları birleştirmeye çalışacak ancak en sonunda başarılı olmayınca işlemi durduracaktır. Bu da sistem kaynaklarının boşa kullanılmasına sebep olacaktır. Dolayısıyla IP paketini parçalama genellikle kaçınılması iyi kabul edilen bir işlemdir. Günümüzde sunucular "path MTU discovery" işlemiyle gönderen ile alıcı arasındaki yolda parçalamaya gerek olmaksızın en küçük MTU değerine uygun boyutlu IP paketlerini göndermeye çalışırlar.

## 2. Path MTU discovery nedir?

Yol MTU keşfi (P-MTU-D) sunucuların istemcilere uygun boyutlu parçalar göndermesini sağlayan bir mekanizmadır. Bir önceki bölümde de bahsedildiği gibi gönderilecek olan IP paketinin boyutu ağın MTU değerinden büyükse parçalara ayrılması gerekmektedir. Parçaları alan son alıcı bunları birleştirmekle görevlidir. Son alıcı muhtemelen bir sonraki router değildir. Bu

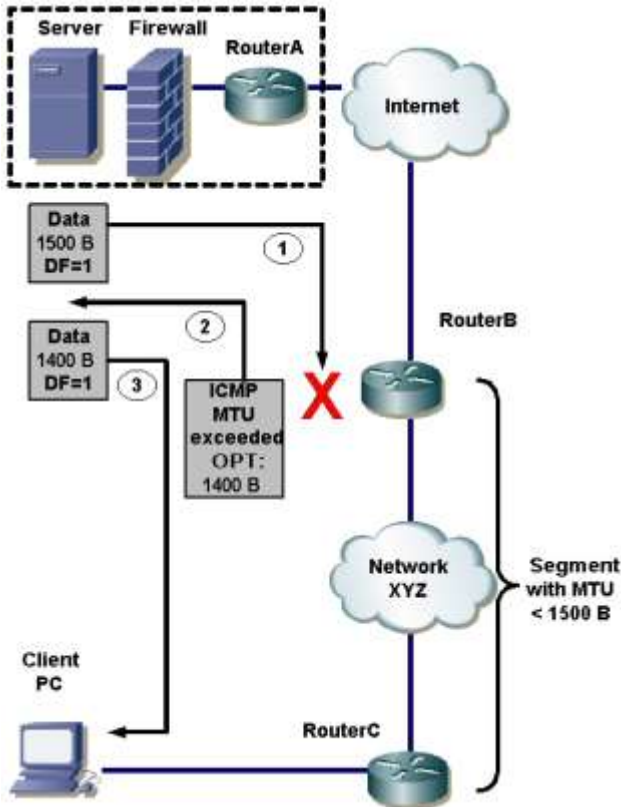
aslında iyi bir durumdur çünkü paketin iletim sırasında tekrardan birleştirilip parçalanmasına gerek yoktur. İletim sırasında başka alt linkler daha da küçük MTU değerlerine sahip olabilir. Bu durumda IP paketlerini parçalama işlemi yeniden yapılır.

IP paketlerini parçalama işlemi aslında istenen bir durum değildir çünkü arabelleği doldurur ve CPU kullanımını artırır. Alıcı parçaları arabellekte toplar, hatta bazı parçalar kayıp olduğunda hafızayı da dakikalarca meşgul edebilir. En kötüsü ise parçalardan birisi kayıpsa gönderenin paketi tekrardan göndermesi gerekebilir. Yeniden gönderim muhtemelen kayıp paketle beraber diğer paketlerin de tekrar gönderilmesine sebep olacak ve bu da ağın trafiğini artırıp, sıkışmaları da beraberinde getirecektir.

P-MTU-D büyük oranda IP parçalama gereksinimin önüne geçmektedir.

### 3. Path MTU discovery nasıl çalışır?

P-MTU-D çalışma mekanizması Şekil 4 kullanılarak anlatılacaktır.



Şekil 4.

Birinci adımda sunucu 1500 baytlık bir paket göndermektedir. Paket ağın ortasındaki router B'ye geldiğinde router B bağlı olduğu XYZ ağın 1500'den daha küçük bir MTU değerine sahip olduğunu bilir.

Normalde router B gelen paketi iletebilmek için parçalara böler ve iletimi sağlar ancak sunucu IP başlığındaki Parçalama bayrağını (DF = 1) değiştirdiği için router B gelen paketi parçalama yetkisine sahip değildir. Bu yüzden paket ihmal edilir. Paket ihmal edildiğinde router B sunucuya uyarı olarak "MTU, parçalara bölünemez" hatası göndermektedir. 1993'te yenilenen hata mesajına 16 bit daha eklenmiş ve router'dan bir sonraki ağın MTU değerini de göndermesi istenmiştir. Buna göre router "Bu kadar büyük değil, uygun olan değer budur" hatası döndürmeye başlamıştır.

Böylece sunucu ileteceği paketlerin boyutunu değiştirerek yeniden gönderir ve dolayısıyla paketleri ağ üzerinde parçalamaya gerek kalmaz. Sunucunun DF = 1 değiştirmesi P-MTU-D mekanizmasını kullanmasından ileri gelmektedir. Birçok modern sunucu (Linux, Windows, Unix) P-MTU-D kullanmaktadır. Sunucular DF'yi değiştirerek router'ı uygun MTU değerini öğrenmek için geri bildirimle zorlamaktadır.

### 3. Path MTU discovery nerelerde görülebilir?

Akla gelecek olan ilk sorular; P-MTU-D'ye nerede ihtiyacım olur ve modern ağ ortamı zaten 1500 bayt MTU değerini desteklemiyor mu?

P-MTU-D ilk bulunduğu eğer FDDI ya da Token Ring ağ üzerinde bir sunucunuz varsa çok işe yarıyordu. Bu ağlar daha büyük paket boyutlarına sahipti ve paket en nihayetinde Ethernet üzerinden alıcıya gönderilecekse parçalamaya gerek kalmadan iletim yapılabiliyordu.

Günümüzde Token Ring artık resmi olarak bitmiştir ve FDDI da son günlerini yaşamaktadır. Fakat MTU boyutunun yine de mesele olduğu alanlar vardır. Örneğin günümüzde evlerde geniş bant haberleşmeye imkân veren ADSL hizmetini ele alabiliriz. Muhtemelen hepimiz ADSL bağlantısını yaparken PPP over Ethernet (PPPoE) kullanıyoruz. Ev ile ISP (Şekil 4'teki XYZ ağı) arasındaki iletişim sırasında gelen ekstra başlık bitleri MTU problemini çıkarmaktadır. İkinci durum tünel bölme yapmıyorsanız IPsec VPN sırasında karşınıza çıkacaktır. GRE ve L2TP tüneller de benzer problemlere sahiptir.

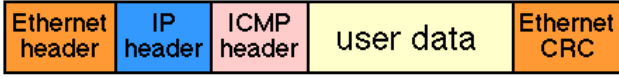
## 4. Uygulama

### 4.1 Simülasyonlar

Bu bölümde yerel alan ağda (LAN) gerçekleştirilecek basit test uygulaması anlatılarak Ethernet ağların gerçekten 1500 baytlık MTU değerine sahip olduğu gösterilecektir. Bunun için MS-DOS altında iki komuttan yararlanılacaktır; ping ve [mturoute](#). Ping MS-DOS'a zaten dahil bir komuttur ancak mturoute Eli Fulkerson tarafından yazılmış, paketin gittiği yol üzerindeki MTU değerlerinin belirlenmesini sağlayan ping ve traceroute temelli basit bir araçtır.

Test için basit bir ev ağı seçilmiştir. PC ile ADSL modem arasındaki iletim ortamının Ethernet olduğu zaten bilinmektedir. Buradaki amacımız Ethernet'in gerçekten 1500 bayt MTU değerine sahip olduğunu gösterirken test araçlarının nasıl kullanılabileceğini anlatmaktır.

Ping komutu varsayılan olarak 32 baytlık ICMP mesajı gönderir. Burada dikkat edilmesi gereken nokta 32 baytın mesajın tamamını değil sadece yük kısmını belirttiğidir.



Şekil 5.

Bir ICMP mesajının Ethernet ortamında nasıl sarmalandığı (encapsulation) Şekil 5'te gösterilmektedir. ICMP başlığı ve verinin tamamı bir ICMP mesajını oluşturur. ICMP mesajları "Echo request" ve "Echo reply" olmak üzere iki tanedir. Echo request, Echo reply adı altında karşı sunucudan cevap bekleyen istem mesajıdır. Her iki mesajın yapısı Şekil 6 ve 7'de verilmiştir.



Şekil 6. Echo request



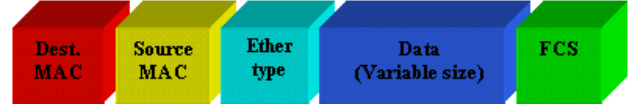
Şekil 7. Echo reply

Her iki mesajda da başlık bilgisi 8 bayt yer kaplamaktadır. 20 bayt olan IP başlık yapısı da Şekil 8'de gösterilmiştir.



Şekil 8. IP başlığı

Ethernet Versiyon II'ye göre çerçeve formatı ise Şekil 9'da gösterilmiştir.



Şekil 9. Ethernet Versiyon II : 6 bayt hedef adres, 6 bayt kaynak adres, 2 bayt Ethernet tipi, 46-1500 bayt değişken boyutlu veri, 4 bayt FCS (Frame Check Sequence)

Tüm bu anlatılanlara göre konsoldan

>ping 192.168.2.1

komutu çalıştırıldığında 74 baytlık bir çerçeve oluşturulacaktır. 74 baytın içeriği şöyle olacaktır:

- 14 bayt Ethernet başlık bilgisi,
- 20 bayt IP başlık bilgisi
- 8 bayt ICMP başlık bilgisi
- 32 bayt yük

toplam 14+20+8+32 = 74 bayt olacaktır. Karşı sunucudan cevap olarak gelecek Echo reply da aynı ağ ortamından iletileceğinden Ethernet paketi yine 74 bayt olacaktır.

>mturoute 192.168.2.1

Komutu çalıştırıldığından iletim ortamının MTU değerini belirler ve sonucu aşağıdaki gibi belirtir.

```
* ICMP Fragmentation is not permitted. *
* Maximum payload is 10000 bytes. *
- ICMP payload of 5046 bytes failed..
- ICMP payload of 2569 bytes failed..
+ ICMP payload of 1330 bytes succeeded..
- ICMP payload of 1949 bytes failed..
- ICMP payload of 1639 bytes failed..
- ICMP payload of 1484 bytes failed..
+ ICMP payload of 1407 bytes succeeded..
+ ICMP payload of 1445 bytes succeeded..
+ ICMP payload of 1464 bytes succeeded..
- ICMP payload of 1474 bytes failed..
+ ICMP payload of 1469 bytes succeeded..
+ ICMP payload of 1471 bytes succeeded..
+ ICMP payload of 1472 bytes succeeded..
- ICMP payload of 1473 bytes failed..
+ ICMP payload of 1472 bytes succeeded..
+ ICMP payload of 1472 bytes succeeded..
Path MTU: 1500 bytes.
```

Sonuçtan da görüleceği üzere gerçekten de Ethernet ortamı için bilinen MTU değeri 1500 bayt elde edilmiştir. Bunun doğrulaması için yine ping komutu kullanılabilir. Ping komutu varsayılan olarak DF (parçalara ayırma) alanını değiştirmez ancak -f özelliği kullanılarak DF = 1 olarak değiştirilebilir. Bu durumda gönderilecek olan paketler gerektiğinde parçalara ayrılamayacak ve hata döndürecektir. Şimdi paket boyutumuz arttırarak ping komutunu çalıştıralım. -l opsiyonu ile paket boyutumuzu belirleyebiliriz.

## >ping -l 1000 192.168.2.1

Bu komut sonucunda boyutu 1042 baytlık bir Ethernet paketi oluşturulacaktır. Şimdi yükün boyutunu biraz daha arttıralım ve DF=1 olarak değiştirelim.

## >ping -l 1472 -f 192.168.2.1

192.168.2.1 yoklanıyor 1472 bayt veri ile:

```
192.168.2.1 cevabı: bayt=1472 süre=1ms TTL=64
192.168.2.1 cevabı: bayt=1472 süre=1ms TTL=64
192.168.2.1 cevabı: bayt=1472 süre=1ms TTL=64
192.168.2.1 cevabı: bayt=1472 süre=4ms TTL=64
```

```
192.168.2.1 için Ping istatistiği:
Paket: Giden = 4, Gelen = 4, Kaybolan = 0
(%0 kayıp),
Mili saniye türünden yaklaşık tur süreleri:
En Az = 1ms, En Çok = 4ms, Ortalama = 1ms
```

Burada ADSL modeme 1514 baytlık (42 bayt başlık, 1472 bayt yük) Ethernet paketleri gönderilmiştir. FCS her zaman kullanılan bir alan değildir ve Ethernet versiyon II'ye göre 1514 bayt maksimum paket boyutu olarak kabul edilebilir. Şimdi ise yükü 1473 bayt yaparak tekrar deneyelim.

## >ping -l 1473 -f 192.168.2.1

192.168.2.1 yoklanıyor 1473 bayt veri ile:

```
Paketlerin birleştirilmesi gerekiyor fakat DF
bayrağı ayarlanmış.
Paketlerin birleştirilmesi gerekiyor fakat DF
bayrağı ayarlanmış.
Paketlerin birleştirilmesi gerekiyor fakat DF
bayrağı ayarlanmış.
Paketlerin birleştirilmesi gerekiyor fakat DF
bayrağı ayarlanmış.
```

```
192.168.2.1 için Ping istatistiği:
Paket: Giden = 4, Gelen = 0, Kaybolan = 4
(%100 kayıp),
```

Bu komuta göre Ethernet paketinin boyutu 1515 bayt olmuştur ancak maksimum olabilecek değer 1514 bayt olduğundan ağ üzerinden parçalanarak gönderilmesi gerekmektedir ancak komut DF=1 olarak işaretlediğinden paketler parçalanamamış ve hata mesajı döndürmüştür. Eğer komutu -f seçeneğini silerek çalıştırsaydık sonuç,

192.168.2.1 yoklanıyor 1473 bayt veri ile:

```
192.168.2.1 cevabı: bayt=1473 süre=2ms TTL=64
192.168.2.1 cevabı: bayt=1473 süre=2ms TTL=64
192.168.2.1 cevabı: bayt=1473 süre=2ms TTL=64
192.168.2.1 cevabı: bayt=1473 süre=2ms TTL=64
```

```
192.168.2.1 için Ping istatistiği:
Paket: Giden = 4, Gelen = 4, Kaybolan = 0
(%0 kayıp),
Mili saniye türünden yaklaşık tur süreleri:
En Az = 2ms, En Çok = 2ms, Ortalama = 2ms
```

olurdu. Buna göre ICMP istek paketimiz ADSL modeme iki Ethernet paketine parçalanarak gönderilecektir. İlki

1514 bayt ikincisi ise 35 bayt (14 bayt Ethernet başlık, 20 bayt IP başlık ve 1 bayt yük) olacaktır.

Sonuç olarak gerçekten de Ethernet için MTU değeri 1500 bayttır yani Şekil 9'da gösterildiği gibi yük için verilebilecek maksimum uzunluktur. MTU değerinin "veri bağı katmanındaki çerçevenin yük kısmına eşit olması" gerektiğini birinci bölümde de belirtmiştik. 1500'den küçük olmasına rağmen peki neden 1473 bayt parçalara bölünmek zorunda kalmıştır? Şekil 5 ve 9 dikkatli incelenirse Ethernet paketinin veri kısmı aslında IP ve ICMP başlık bilgilerini de içermektedir. Bu sebeple ping paket yükü 1472, ICMP başlık 8 ve IP başlık 20 olmak üzere toplam Ethernet yükü 1500 bayt olacaktır.

Şimdi ADSL'i de hesaba katarak farklı bir uygulama yapalım. Şekil 4'teki PC evdeki herhangi bir bilgisayar olsun. Burada Router C DSLAM'ın bağlı olduğu switchi XYZ ağ bulutu ISP ana omurgasını (Türk Telekom) Router B WAN IP'sini aldığı SSG'yi temsil etmektedir.

## >mturoute -t www.google.com.tr

komutunu çalıştırdığımızda google.com.tr'ye giderken geçtiğimiz her adımdaki ara linkin MTU değerini görebiliriz.

```
mturoute to www.google.com.tr, 30 hops max,
variable sized packets
* ICMP Fragmentation is not permitted. *
* Maximum payload is 10000 bytes. *
 1  +-----+ host: 192.168.2.1 max:
1500 bytes
 2  +-----+ host: 88.249.96.1 max:
1492 bytes
 3  +-----+ host: 81.212.74.9 max:
1492 bytes
 4  +-----+ host: 81.212.31.29 max:
1492 bytes
 5  +-----+ host: 212.156.121.53 max:
1492 bytes
 6  +-----+ host: 212.156.252.194 max:
1492 bytes
 7  +-----+ host: 212.156.101.25 max:
1492 bytes
 8  ... (host 212.156.101.22 is not responding)
 9  +-----+ host: 209.85.255.176 max:
1492 bytes
10  +-----+ host: 72.14.232.165 max:
1492 bytes
*10 (An additional device responded for
72.14.232.165)
11  +-----+ host: 72.14.233.210 max:
1492 bytes
*11 (An additional device responded for
72.14.233.210)
*11 (An additional device responded for
72.14.233.210)
12  +-----+ host: 209.85.129.99 max:
1492 bytes
```

Google giden toplam yolun MTU değeri 1492 bayttır. Traceroute değerleri incelenirse ilk adımda PC ile ADSL modem arasındaki Ethernet ağın MTU değeri (1500 bayt) verilmiştir. İkinci adımda ADSL modemın aldığı WAN IP'sinin IP blok adresi görülmektedir. Bu adımda MTU

değeri 1492 bayta düşmüştür. IP'nin modeme atanma işlemi SSG'de yapıldığından ikinci adım Şekil 4'te Router B'ye denk gelecektir. Hatırlanacağı gibi ADSL sırasında modem ile SSG arasında PPP bağlantı yapılmaktaydı. Buna göre MTU değerinin 1492'ye düşmesinin sebebi PPP ile ilgili olabilir mi? Şekil 10'da PPP over Ethernet sarmalama (encapsulation) gösterilmektedir.

4	8	16	32bit
Ver	Type	Code	Session-ID
Length			Payload

Şekil 10. PPPoE sarmalama, maksimum PPP çerçevesi (MRU –maximum receive unit- olarak da bilinir) 1500 bayt olabilir.

Şekil 10 dikkatli incelendiğinde PPP başlık bilgisi 8 bayt yer kaplamaktadır. ADSL modem ile SSG arasında PPPoE (PPP over Ethernet) protokolü kullanıldığından Şekil 5'te görülen Ethernet paketinde Ethernet başlığı ile IP başlığı arasına bir de PPP başlık bilgisi eklenecektir. Dolayısıyla modem ile PC arasındaki MTU değeri 1500 bayt iken PPP sarmalama yüzünden modem ile SSG arasındaki MTU değeri 1492 bayta düşecektir. Bu sebeple Şekil 5'e göre ADSL üzerinden gönderilebilecek maksimum kullanıcı verisi (yük) 1464 bayt olacaktır. 1514 (mak Ethernet çerçevesi) – 14 (Ethernet başlık) – 8 (PPP başlık) – 20 (IP başlık) – (ICMP başlık) 8 = 1464 bayt olur.

#### 4.2 MTU ile ilgili bir problem senaryosu

ADSL kullanan bir ev kullanıcılarını ele alalım. Kullanıcının modemi ile PC arasındaki MTU değeri Ethernet'ten dolayı 1500 bayt olacaktır. ISP'i temsil eden ağ bulutunda da MTU değeri 1500 bayt olsun ancak PPPoE kendisi için 8 bayt başlık bilgisi kullanacağından ISP ağına gerçek MTU değeri 1492 bayt olacaktır.

Kullanıcının bilgisayarını PPPoE bağlantısını bilmek zorunda değildir. Ethernet ağda alınabilecek maksimum yük 1500 bayt olduğuna göre kullanıcının bilgisayarını uzaktaki bir sunucuya bağlantı kurduğunda 1500 baytlık paket alabileceğini söyler.

Uzaktaki sunucuya bağlantı sırasında ilk etapta ufak bilgilendirme paketleri alınıp gönderilir. Bu sırada herhangi bir problem yaşanmaz. Fakat bir süre sonra kullanıcı sunucudan yükü 1500 baytlık olan bir paket talep eder. Bu paket kullanıcının bağlı olduğu ISP'ye geldiğinde PPPoE ortamına göre büyük olduğundan ve sunucu da başlıktaki DF=1 olarak işaretlediğinden paket iptal edilir ve ISP sunucuya ağına MTU değerini belirten bir ICMP hata mesajı döndürür. Eğer sunucu bu hata mesajını alırsa bu sefer ileteceği paketi MTU = 1492'ye göre ayarlar. Paket böylece PPPoE için uygundur ve kullanıcının bilgisayarına ulaşır ve PC de sunucuya bilgilendirme mesajını gönderir. Birçok sunucu aynı kullanıcıyla ilerde de olabilecek bağlantılar için on

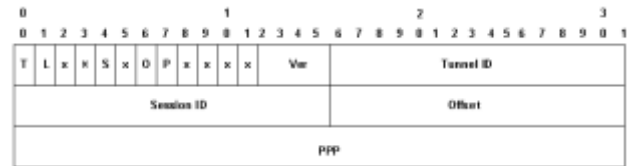
dakikaya kadar MTU değerini uygun değere düşürmesi gerektiğini hatırlar.

Peki, sunucu ICMP hata mesajını almazsa ne olur? Bu durumda her şey tersine gider. Sunucu paketi gönderdikten sonra istemciden bilgilendirme mesajının gelmesini bekler oysa istemci henüz paketi alamadığından bilgilendirme mesajını göndermez. Bir süre sonra sunucu tekrardan yükü 1500 bayt olan bir paket gönderir. ISP bir daha ICMP hata mesajıyla olması gereken MTU değerini gönderir ancak sunucu yine bu hata mesajını almaz. Bu işlem birkaç kez daha başarısızlıkla sonuçlanınca sunucudan cevap bekleyen ancak alamayan bilgisayar ekranda ağ bağlantı hatası mesajını gösterir. Bu sebeple kullanıcı hemen hemen her web sitesine bağlanırken bazı web sitelerine bağlanamaz.

Eğer sunucu ISP'nin kendisine gönderdiği ICMP hata mesajlarını kabul etseydi bu MTU problemi yaşanmayacaktı. Problemi aşmanın bir diğer yolu ise kullanıcının bilgisayarındaki MTU değerini 1492'ye çekmesidir. Böylece bilgisayar sunucuya bağlandığında sunucuyu alabileceği maksimum paket boyutu 1492 bayt olacak şekilde bilgilendirecektir.

#### 4.3 L2TP & MTU problemi

L2TP over UDP bağlantısı yapıldığında IP, UDP ve L2TP başlık bilgilerinin hepsi dikkate alınmalıdır. IP başlığı 20 bayt, UDP başlık 8 bayt ve L2TP başlık genel olarak 12 bayt yer kaplar. Şekil 11'de L2TP başlığı gösterilmiştir.



Şekil 11. L2TP başlık

12 bayt L2TP başlık bilgisi aşağıdakileri içerir:

- 2 bayt; versiyon ve flag bilgisi
- Tünel ve oturum id bilgisi (her biri için 2 bayt)
- 2 bayt padding offset
- 4 bayt PPP sarmalama (encapsulation)

Dolayısıyla 1500 baytlık bir IP paketi sarmalandığında toplam paket boyutu 1540 bayt (1500 bayt + 40 bayt IP, UDP, L2TP başlıklar) olacaktır.