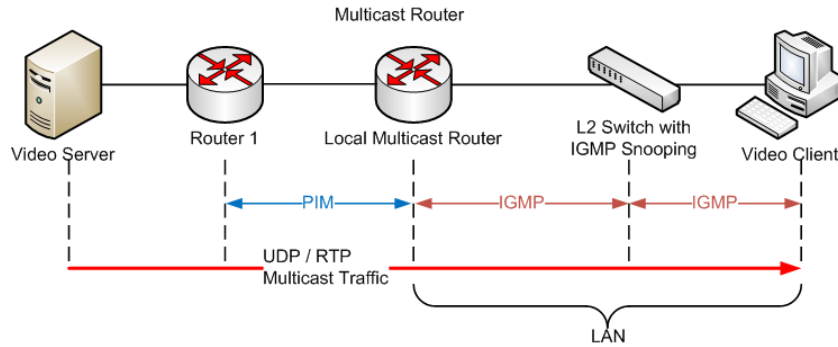


Multicast

Multicast, bir grup bilgisayara veri göndermek için kullanılan yayın şeklidir. Yayınlar D sınıfı (224.0.0.0 – 239.255.255.255) ip adresler kullanılarak gerçekleştirilir ve bu adresler hiçbir zaman kaynak ip adresi olarak kullanılamaz (kaynak ip adresi unicast oluyor).

Bilgisayarlar aynı network içerisinde bulunduğunda Multicast haberleşme sorunsuz çalışırken, bilgisayarlar farklı networklerde bulunuyorsa trafiğin routerlar arasında iletilmesi için (normal şartlarda Multicast adresler routerlardan geçirilmez). ek Multicast protokollerine ihtiyaç duyuluyor. Farklı networklerde bulunan cihazlar arasında Multicast yayın yapabilmek için iki protokol birlikte kullanılmaktadır. Bu protokoller;

- **IGMP**, aynı network içerisinde bilgisayarlar (alıcı-istemci) router arasındaki haberleşmeyi sağlayan protokoldür.
- **PIM**, Multicast yayınları routerlar arasında yönlendirmek için kullanılan protokoldür.



Bir networkte Unicast, Broadcast ve Multicast olmak üzere kullanılabilecek 3 farklı yayın vardır. Bunlar;

- **Unicast**, bir bilgisayardan sadece bir bilgisayara veri göndermek için kullanılan yayın şeklidir.
- **Broadcast**, bir bilgisayardan networkteki bütün bilgisayarlara veri göndermek için kullanılan yayın şeklidir. İki çeşit broadcast yayın bulunmaktadır. Bunlar;
 - o **Local (Flooded) Broadcast**, 255.255.255.255 hedef ip adresiyle yapılan yayınlardır (dünyada bulunan bütün networkleri temsil eder). Normal şartlarda bu hedef ip adresine sahip paketler routerlardan geçirilmemektedir.
 - o **Directed Broadcast**, networkler için subnet aralığı hesaplanırken tespit edilen son ip adresi (Örnek olarak Ç: 192.168.1.255/24) kullanılarak yapılan yayınlardır (bir networkteki bütün cihazları temsil eder). Bu yayınlar routerlardan geçirilebilmektedir (bunun için routerlarda ilgili arayüzün altına girilerek “**ip directed broadcast**” komutu kullanılıyor). Bu özellik DoS Attack riski oluşturduğu için tehlikelidir (bu adres kullanılarak gönderilen ping paketi networkteki bütün cihazlara iletiliyor).
- **Multicast**, bir grup bilgisayara veri göndermek için kullanılan yayın şeklidir.

Multicast yayın kullanmanın önemine örnek vermek gerekirse; bir networkten farklı bir networkte bulunan belirli bilgisayarlara yüksek boyutlu dosyalar aktarılacak istendiğinde bu iletim;

- Unicast yayın kullanılarak h nderildiğinde, her bilgisayar için dosyanın bir kopyası ayrıca gönderilir ( rneğ n 10GB dosya, 10 bilgisayara gönderilecekse toplamda 100 GB veri gönderilir). Bu durum bant genişliğinin verisiz kullanılmasına neden olacaktır.
- Broadcast yayın kullanılarak gönderildiğinde (Directed Broadcast), bu veri aynı networkteki bütün bilgisayarlara gönderilir. Veri gönderilirken paketler içerisinde hedef ip adresi broadcast adres göründüğü için aynı networkteki bütün cihazlar bu veriyi alır ve veriyi işleyerek kendisine gönderilip gönderilmediğini kontrol eder (Bu işlem için istemci kaynak harcanıyor).
- Multicast yayın kullanılarak gönderildiğinde, kaynaktan sadece bir kopya gönderilir ve bu kopya switchte geldiğinde, broadcast yayın gibi geldiğ  port dışında bütün portlara anahtarlanır. Veri her istemciye ulaşır ama sadece verinin g nderildiğ  Multicast adresi dinleyen istemciler veriyi işleme alır. Verinin g nderildiğ  Multicast adresi dinlemeyen istemcilerle gönderilen paketler doğrudan drop edilir (istemci kontrol işlemi için ek kaynak harcamaz).
 - o IGMP Snooping  zelliğ  kullanılarak paketlerin sadece belirli istemcilere iletilmesi de sağlanabiliyor.

Multicast Ip Addresses

Multicast yayın için kullanılan D sınıfı adresler kullanım alanlarına göre sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırma;

- **Local Network Control Block (224.0.0.0 – 224.0.0.255)**, aynı network içerisinde haberleşmek için (kontrol mesajlaşmaları) kullanılan adres aralığdır (TTL değeri 1'dir).  rnek olarak 224.0.0.5 - 224.0.0.6 -> OSPF, 224.0.0.9 -> RIP, 224.0.0.10 -> EIGR, 224.0.0.18 -> VRRP, 224.0.0.22 -> IGMPv3, 224.0.0.102 -> HSRP adresler verilebilir.
- **Internetwork Control Block (224.0.1.0 – 224.0.1.255)**, kontrol mesajlaşmaları için kullanılan adres aralığdır (TTL değeri 1'den fazla olabiliyor).  rnek olarak 224.0.1.1 -> NTP, 224.0.1.39 - 224.0.1.40 -> Cisco-RP-Discovery adresler verilebilir.
- Ad Hoc Block (224.0.2.0 – 224.0.255.255),
- Reserved (224.1.0.0 – 224.1.255.255),
- SDP/SAP Block (224.2.0.0 – 224.2.255.255),
- Ad Hoc Block II (224.3.0.0 – 224.4.255.255),
- Reserved (224.5.0.0 – 224.255.255.255),
- Reserved (225.0.0.0 – 231.255.255.255),
- **Source Specific Multicast (SSM) Block (232.0.0.0 – 232.255.255.255)**,
- **GLOP Block (233.0.0.0 – 233.251.255.255)**,
- Ad Hoc Block III (233.252.0.0 – 233.255.255.255),
- Rederved (234.0.0.0 – 238.255.255.255),
- **Administrativly Scoped Block (239.0.0.0 – 239.255.255.255)**,

Multicast MAC Address

Multicast ip adres aralığı olduğu gibi switch üzerinde de paketlerin sadece belirli cihazlara yönlendirmesini sağlamak için Multicast MAC adresler aralığı da bulunuyor. Bu MAC adresnin yapısına bakıldığında;

- ilk 24 biti 01:00:5E adresinden oluşur.
- Multicast MAC adreslerinin 8. biti 1, 25. biti 0 set edilmiştir.
- Multicast yayını temsil eden adres ip adresidir. Verilerin sadece alması gereken bilgisayarlara gönderilebilmesi için her Multicast yayına özel ayrıca MAC adresi oluşturulması gerekiyor. Doğal olarak MAC adresi de ip adresinden türetilerek oluşturuluyor (Multicast ip adresinin son 23 biti MAC adresinin son 23 biti oluyor).
 - o Bu durum Multicast MAC adreslerinin çakışma ihtimalini de doğuruyor.



IGMP (Internet Group Management Protocol)

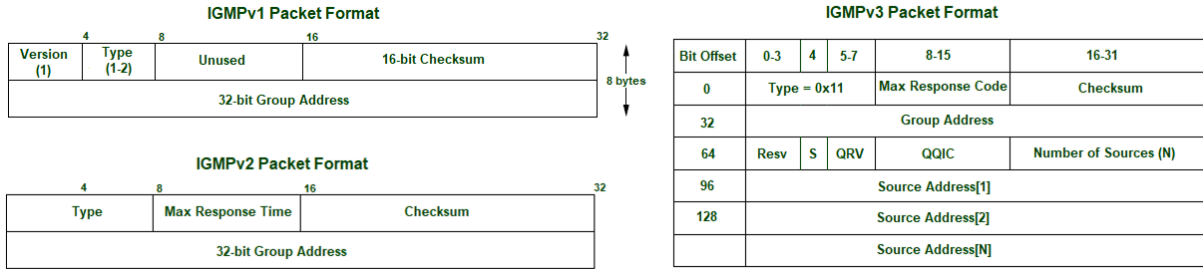
Multicast mekanizmasını işletebilmek için iki protokol kullanılıyor ve IGMP bu protokollerden biridir. IGMP, istemcilerin Local network içerisinde router ile haberleşebilmesini sağlayan potokoldür. TTL değeri 1'dir. IGMP sayesinde istemci, almak istediği Multicast yayını router'a bildiriyor. Routerlar ise bu yayın isteğinin karşılanacağı kaynağı bularak istemciye ulaştırılmasını sağlıyor (yani routerun yayını almasını istemci tetikliyor).

Beş farklı IGMP mesaj tipi bulunmaktadır. Bunlar;

- **Version 2 Membership Report (Type -> 0x16)**, IGMPv2'de istemci router'a almak istediği Multicast yayın bilgilerini bildirirken ve istemci yayını almaya başladıktan sonra bağlantının sürekliliğini (yayını almaya devam etmek istediğini bildirmek için) sağlamak için kullanılıyor.
- **Version 2 Leave Group (Type -> 0x17)**, istemcinin router'a aldığı Multicast yayını artık almak istemediğini bildirmek için kullandığı mesaj tiğidir (Multicast yayından ayrılmak için).
- **Version 1 Membership Report (Type -> 0x12)**, Version 2 Membership Report ile aynı amaçlara yönelik kullanılıyor (V2'den farklı olarak Multicast yayın grubundan ayrılmak isteyen istemciler için Leave Group mesajı bulunmuyor).
- **General Membership Query (Type -> 0x11)**, **periyodik olarak** routerlardan networkte bulunan bütün istemcilere, herhangi bir Multicast yayını almaya devam etmek isteyip istemedikleri konusunda routeru bilgilendirmelerini sağlamak için kullanılan mesaj tipidir. İçerisinde bir süre bilgisi bulunur (Max Response Time) ve bu süre içerisinde alınmaya devam edilen Multicast yayınlara dahil herhangi bir istemciden Membership Report mesajıyla bilgi gönderilmezse ilgili/alınmaya devam edilen Multicast yayın kesilir.

- **Group Specific/Membership Query (0x11)**, bir istemci Multicast yayın grubundan ayrılmak istediğinde routera Leave Group mesajı gönderiyor. Bu mesajı alan router, **sadece istemcinin ayrılmak istediği Multicast yayın adresindeki istemcilere** ilgili Multicast yayını almaya devam eden istemci olup olmadığını kontrol etmek amacıyla gönderdiği mesaj paketidir.

IGMP protokolünün v1, v2 ve v3 olmak üzere üç versiyonu bulunmaktadır. Günümüzde yaygın olarak IGMPv2 kullanılmaktadır. Versiyonlara göre başlık yapılarına bakıldığında;



| → **Max Response Time**, routerlardan istemcilere aldıkları Multicast yayını routerlara bildirmesi için istemcilere ayrılan süredir. Bu süre içerisinde istemcilerden routerlara Membership Report paketleriyle bilgi gönderilmezse istemcilerin aldıkları yayın kesilir (bu süre 10 ve katları şeklinde tanımlanabiliyor. Varsayılanda 10 saniyedir).

| → Gönderilen paketlerin iletim boyunca bozulmadan gönderildiğini kontrol edebilmek için başlık içerisinde **Checksum** alanı bulunuyor ve **1s complement** adında bir teknik kullanılarak kontrol sağlanıyor.

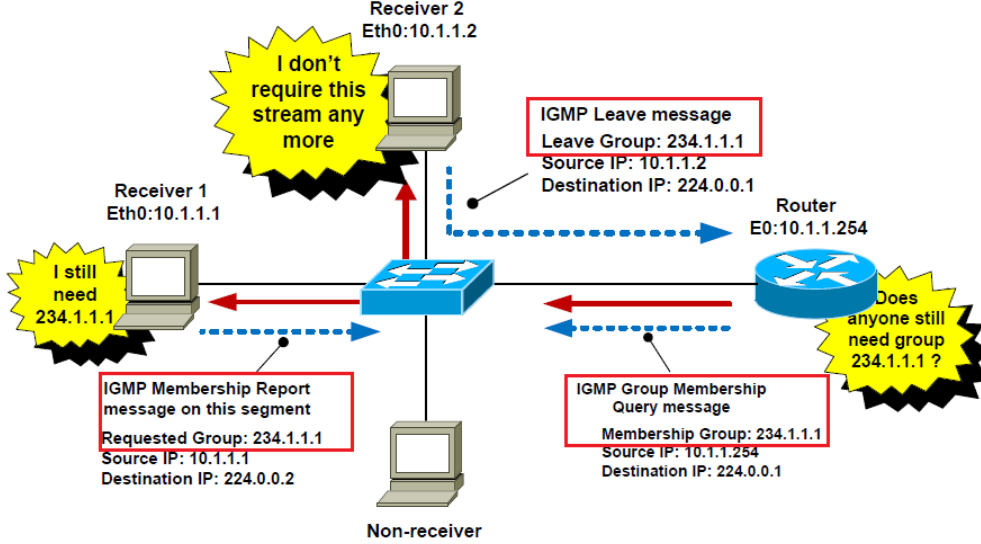
| → **Group Address**, alınmak istenen Multicast yayının adresinin kendisidir.

IGMPv2 Message

Bir istemci bir Multicast yayını dinlemek/katılmak istediğinde bunu Membership Report (**Join a Group**) mesajıyla routera bildiriyor (bu işlem için mesaj Local networkte bulunan her cihaza gönderiliyor. Networkte router varsa alıyor – 234.1.1.1). Router ise bu isteği aldığı anda içerisinde bulunan/dinlenmek istenen Multicast yayının PIM protokolü sayesinde kendisine gönderilmesini sağlıyor. Multicast yayın istemcilere gönderilmeye başladıktan sonra Max Response Time süresi içerisinde istemcilerden birinden Membership Report paketi gönderilerek yayının alınmaya devam edilmesi sağlanıyor.

| → Bu süreçte Multicast yayını Local networkte birçok istemci alıyor olabilir. General Membership Query sorgusu gönderildiğinde (**alınmaya devam edilen Multicast yayınların alınmaya devam edip edilmediğini kontrol etmek için periyodik olarak gönderiliyor**), yayının devam etmesi için sadece bir istemcinin Membership Report mesajı göndermesi yeterli oluyor. İstemcilerden biri Max Response Time süresi içerisinde bir süre seçerek yeniden Membership Report paketi gönderiyor. Paket zaten Local networkte bulunan bütün cihazlara iletiliyordu. Bu Multicast yayını alan diğer istemciler de gönderilen Membership Report paketini alıyor ve yayının halihazırda devam edeceğini anlayarak yeniden gönderme ihtiyacı duymuyor.

Multicast yayın alan bir istemci yayından ayrılmak istediğinde routera (Local networkte bulunan bütün istemcilere – 234.1.1.1) Leave Group mesajı gönderiyor. Router bu mesajı aldığı anda yayını dinleyen başka istemci olup olmadığını anlamak adına **sadece istemcinin ayrıldığı Multicast yayın grubuna özel** Group Specific Query sorgusunda bulunuyor. Yayını almaya devam eden istemci varsa routera Membership Response mesajıyla yayının alınmaya devam edilmesini sağlıyor.



Bir networkte birde fazla IGMP router bulunabilir. Bu durumda routelar networke General Membership Query mesajı gönderdiklerinde (networkte bulunan her cihaza gönderiliyordu) networkte birden fazla IGMP router olduğu anlaşıyor. Arayüzlere atanan ip adreslerinden küçük ip adresine sahip router IGMP mesajlarına yanıt vermeyerek **Multicast yayını ip adresi büyük olan routera bırakıyor**.

IGMPv3

IGMPv3'te IGMPv1 ve IGMPv2' den farklı olarak istenen Multicast yayının kaynak ip adresi de belirtilebiliyor (v1 ve v2'de sadece alınmak istenen yayın bildiriliyordu. Yayının alınacağı kaynağın adresi belirtilmiyordu. Örnek olarak x.x.x.x Multicast adresini y.y.y.y adresli sunucudan almak istiyorum gibi belirtiliyor). Bu sayede bir Multicast yayını birden fazla cihaz üzerinden yayınlandığında istenilen cihaz üzerinden yapılan yayın dinlenebiliyor.

| → IGMPv3 paketinin içerisinde Exclude address ve Include address alanları da bulunmaktadır. Bu alanlar sayesinde yayın alınmak istenen (Include Address) veya istenmeyen (Exclude Address) kaynakların adresleri tanımlanabiliyor.

IGMP Snooping

Router istemcilerin talepte bulunduğu Multicast yayını kaynağından aldıktan sonra istemcilere iletmek üzere switch'e yönlendirdiğinde, bu yayını switchin olan her portundan göndermek yerine sadece talepte bulunan istemcilerin bağlı olduğu portlardan gönderilmesini sağlayan özelliktir. Cisco model switchlerde bu özellik varsayılanda devrede gelir.

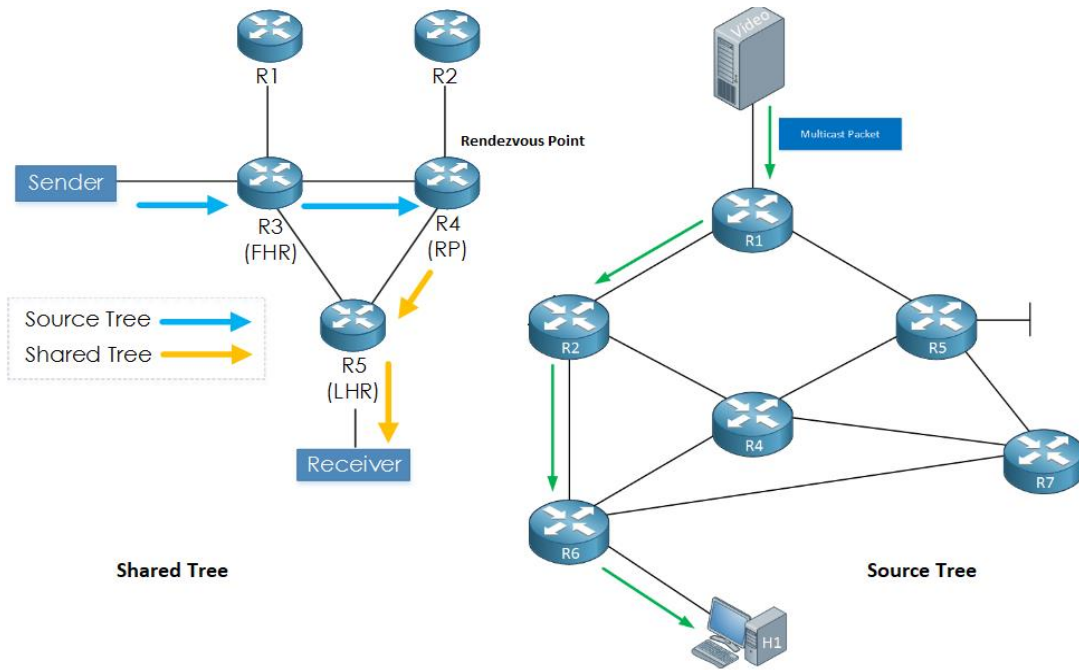
IGMP Snooping özelliği sayesinde switch IGMP paketlerinin (IGMP, L3 protokolüdür. Normal şartlarda switchler L3 bilgisine) içeriğini kontrol eder ve yayını almak için istekte bulunan istemciyi

MAC Address tablosun kaydeder (Multicast için kullanılan MAC adresi ve bağlı olunan port bilgisi). Bu sayede router istekte bulunulan yayını switch'e yönlendirdiğinde paketler sadece istekte bulunan istemcilerin bağlı olduğu portlara gönderilir.

| → DHCP Snooping özelliğiyle Multicast yayın isteğinde bulunan istemcilerin bilgileri MAC Address tablosunda kayıt altına alındığı gibi isteğe bağlı olarak MAC Address tablosunda manuel/statik olarak oluşturulabiliyor.

Routerlar paketleri yönlendirme tablolarını göz önünde bulundurarak yönlendirir. Yönlendirme tabloları ise Unicast adresler için oluşturulur. Yani yönlendirme tablolarında Multicast adresler kullanılmadığı için Multicast yayınlar yönlendirme tabloları kullanılarak taşınmıyor. Bu nedenle Multicast yayın kaynağı farklı bir networkte bulunuyorsa bunu tespit etmenin ve routerlar arasında yönlendirilmesini sağlamak için iki farklı yöntem kullanılabilir.

- 1- **Source Tree**, Multicast yayın kaynağı baz alınarak bir tree oluşturuluyor. PIM protokolü kullanılarak routerlarda Multicast yönlendirme tabloları oluşturulur. Bu tabloda Multicast yayın kaynağının ip adresi ve yayın yaptığı Multicast Yayın Grup numarası eşleştirilir. Bu sayede yayını almak isteyen routerlar kaynağı tespit edebilirken, Multicast yayın paketlerinin routerlar arasında yönlendirilmesi de sağlanıyor. Bu yönteme **Shortest Path Tree (SPT)** de denilmektedir (en kaliteli/iyi rotadan yayının iletilmesi sağlanıyor).
- 2- **Shared Tree**, topolojide bulunan routerlardan biri Rendezvous Point olarak belirleniyor. Bu router (Rendezvous Point) topolojideki bütün routerlara öğretiliyor. Bu sayede bir kaynaktan yeni bir Multicast yayın başlatılıp paketleri topolojideki routerlardan birine ulaştığında, router bu bilgiyi Rendezvous Point router'a bildiriyor. Rendezvous Point router'a ise bu yayın bilgisinin kaynak ip adresini ve yaptığı Multicast Yayın Grup numarasını kaydediyor. Bu işlem sonrasında topolojide herhangi bir router Multicast yayın almak istediğinde Rendezvous Point router'a sorguda bulunuyor **ve istenilen Multicast yayın Rendezvous Point router üzerinden routerlara iletiliyor**. Bu yönteme **Rendezvous Point Tree (RPTs)** de denilmektedir.



PIM

İlk zamanlarda Multicast yayınları routerlar arasında yönlendirebilmek için RIP (DVMRP), OSPF (MOSPF) gibi dinamik yönlendirme protokolleri üzerinde çeşitli geliştirmeler yapılsa da günümüzde dinamik yönlendirme protokollerinde bağımsız yönlendirme işlemi gerçekleştiren PIM (Protocol Independent Multicast) protokolü geliştirilmiştir. PIM protokolü routerlar arasında haberleşmeyi sağlayan ve Multicast rotaların öğrenilmesini sağlayan protokoldür (Protocol Numarası : 103 – TTL değeri 1'dir).

PIM protokolü, dinamik yönlendirme protokollerinin oluşturduğu yönlendirme tablosunu temel alarak çalışıyor. Yani, topolojide kullanılan dinamik yönlendirme protokolü her network için kullanılacak en iyi rotaları zaten hesaplıyor. Hesaplamalar sonucunda routerlarda oluşturulan yönlendirme tablosu baz alınarak da Multicast Yönlendirme tablosu oluşturuluyor (Bu sayede topolojide bir değişim olduğunda bunu topolojide kullanılan dinamik yönlendirme protokolü algılayıp yeniden rota hesabı yapıyor. Ek bir efor sarf edilmeden Multicast yönlendirme tablosu da yönlendirme tablosunda (Unicast) gerçekleşen değişime göre güncelleniyor). Sonuç olarak Multicast yayınların da en iyi rotalar kullanılarak iletilmesi sağlanıyor.

PIM protokolünde routerlar kendilerine bağlı routerlara Hello paketleri göndererek PIM komşulukları kuruluyor. Komşuluk sonrasında (PIM Protokolünün devrede olduğu portlarından) her 30 saniyede bir Hello paketleri göndererek ayakta olduklarını gösteriyorlar.

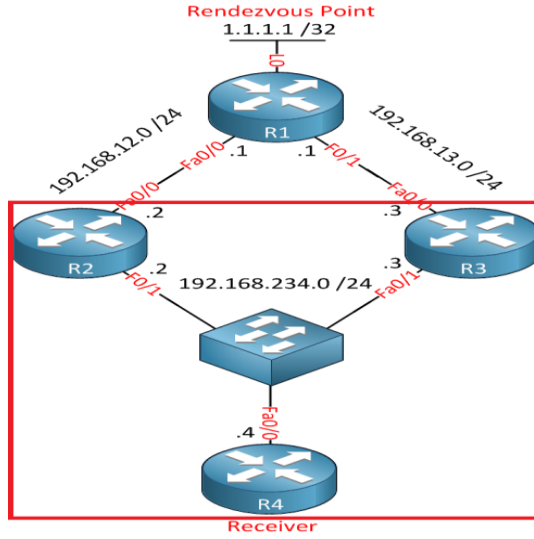
Farklı modlarda çalışabilmektedir. Bunlar;

- **PIM Dense Mode (PIM-DM)**, bir Multicast yayın yapıldığında routerlar bu yayını bütün portlarından komşularına göndererek topolojideki bütün routerlara gönderilmesi sağlanır. Yayını almak istemeyen routerlar (Kendisine bağlı networklerde bu yayın alacak istemci bulunmayan routerlar) Pruning mesajı göndererek yayını almak istemediğini belirtir ve yayın bu routerlara gönderilmez. Yayını almaya devam eden routerlar için ise PIM protokolü kullanılarak en iyi rotalar seçilerek Multicast yayın iletmeye devam edilir (bu yayını almak isteyen yeni routerlara karşın bu süreç her 3 dakikada bir yenilenir). Küçük ve Multicast yayının ağırlıklı kullanıldığı topolojilerde yaygın olarak kullanılan moddur.
- **PIM Sparse Mode (PIM-SM)**, Shared Tree yöntemiyle çalışmaktadır (yani bir Rendezvous Point router seçilir ve tüm topolojiye Multicast yayınlar bu router üzerinde iletilir). Büyük ama daha seyrek Multicast yayım kullanıcısına sahip topolojilerde yaygın olarak kullanılan moddur.

|→ **PIM-SM modunda isteğe bağlı olarak Multicast yayın kaynağının bağlı olduğu router ilk paket ile Rendezvous Point routerı üzerinde bulunan Multicast yayını öğrettikte sonra (Yayının Multicast adresi öğretiliyor), bu yayını almak isteyen herhangi bir router ilk olarak Rendezvous Point routerı başvurup Multicast yayını yapan routerın ip adresini öğrenir (Multicast yayının kaynak ip adresini öğreniyor). Bu adımdan sonra Multicast yayını almak için Rendezvous Point routerı başvurmak yerine doğrudan yayın yapılan routerı istekte bulunmaya başlar (Bu süreçte Rendezvous Point router üzerinden gelen Multicast trafiği de Pruning eder). Özetle, bu sayede Shared Tree yönteminden Source Tree yöntemine geçilmiş olunuyor. Buna **PIM-Parse-Switchover Mode** deniliyor.**

PIM-SM modundan çalışan bir Local networke iki router bağlıysa, Multicast yayının bir router tarafından yapılmasını sağlamak için **DR (Designated Router)** seçimi yapılır.

| → Bu seçim için Priority değerine bakılıyor (varsayılanda 1 geliyor). Priority değeri aynı olması durumunda yüksek ip adresine sahip router DR router seçilir.
| → DR routerdan 105 saniye boyunca Hello paketi gönderilmediği takdirde yedek router hizmet vermeye başlıyor (Hello Time = 30 saniye, Dead Time =105 saniye).

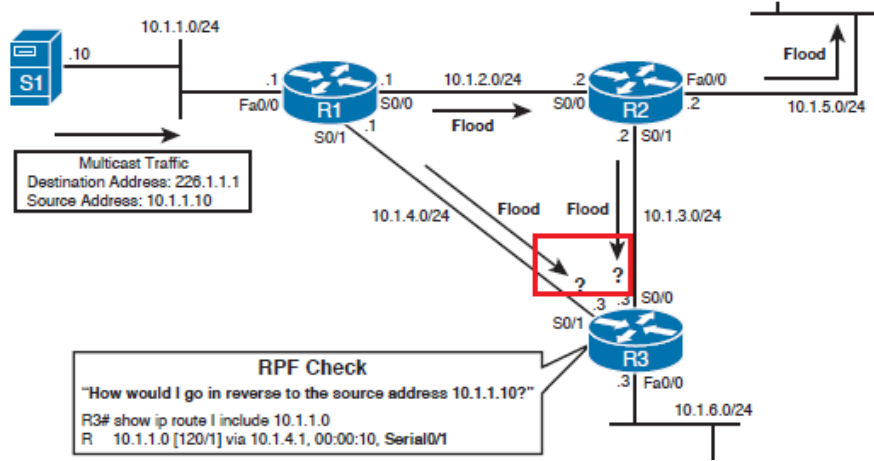


R1'den gönderilen yayın R2 ve R3 üzerinde çoklanıyor. Bunu önlemek için R2 ve R3 aralarında DR seçimi yaparak yayını kimin yönlendireceğine karar veriyor.

- **PIM Sparse Dense Mode**, PIM-DM ve PIM-SM modlarının hibrit halidir. İlk olarak PIM-SM modunda çalışmaya başlanır. PIM-SM desteği bulunmuyorsa PIM-DM modunda çalışmaya başlar.
- **PIM Source Specific Multicast (PIM--SSM)**, yalnızca alıcı tarafından talep edilen belirli bir kaynak adresinden kaynaklanan paketlerin bir alıcıya teslim edildiği Multicast yayın paketlerini yönlendirme yöntemidir. SSM, Multicast kaynağını bu şekilde sınırlandırarak ağdaki talepleri azaltır ve güvenliği artırır (Detaylı bilgi için <https://networklessons.com/multicast/source-specific-multicast-ssm> bağlantısı incelenebilir).
- **PIM Bidirectional Mode (Bidir-PIM)**, Ağacın her bir düğümü boyunca herhangi bir kaynağa özgü durumu korumadan kaynaklar ve alıcılar arasında çift yönlü çok noktaya yayın ağaçları oluşturan PIM Sparse Mode'un farklı bir versiyonudur (Detaylı bilgi için <https://networklessons.com/multicast/multicast-bidirectional-pim> bağlantısı incelenebilir).

Reverse Path Forwarding

Multicast routing PIM-SM modunda Loop oluşma riski vardır. Loop oluşmaması için istemci router tarafından yayın alınan routera erişim için kullanılan arayüzün aynı zamanda Unicast yayınlar için de kullanılıp kullanılmadığı kontrol edilir. Buna **Reverse Path Forwarding** deniliyor. Yani istemci routerdan (Multicast yayın alan router) Multicast yayın yapılan kaynak routera erişim için (Unicast adreslerle) farklı bir arayüz, Multicast yayını için farklı bir arayüz kullanılıyorsa Loop oluşma riskine karşı istemci routerda Multicast yayınlar bloklanır (İlk paket Share Tree kullanılarak öğrenilir daha sonra kaynak router öğrenildikten sonra Multicast yayın Source Tree yöntemi kullanılarak doğrudan kaynak routerdan alınıyordu. Multicast yayın ile unicast yayın trafiği aynı arayüzden gerçekleşmelidir).



PIM-Forwarder

Multicast routing PIM-DM modunda Loop oluşma riski vardır. Aynı anda birden fazla yayın basıldığında, istekte bulunan routerlara birden fazla yayın gelmemesi için kullanılıyor. PIM protokolünün kendine özgü Metrik değeri bulunmadığı için Unicast yönlendirme tablosunda kullanılan AD ve Metrik değerlerini alarak karar mekanizması oluşturuluyor. Bu sayede AD veya Metrik değeri düşük olan rotadan Multicast yayın yapılırken, alternatif (AD veya Metrik değeri yüksek) rotalar PIM protokolünde Pruning ediliyor. Bu sayede yayınlar tek bir rotadan istekte bulunan routerlara gönderiliyor.

Rendezvous Points

Shared Tree yöntemi kullanılan topolojide her routerun Rendezvous Point'i bilmesi gerekiyor. Bunun için kullanılabilecek üç farklı seçenek bulunuyor. Bunlar;

- **Static RP**, topolojideki her routerda Rendezvous Point'in ip adresi manuel olarak tanımlanabiliyor .
- **Auto-RP**, Rendezvous Point routerun seçilme sürecini ve seçilen Rendezvous Point routerun ip adresinin topolojideki diğer routerlara otomatize şekilde öğretilmesini sağlayan Cisco tarafından geliştirilmiş bir protokoldür (sadece PIM-SM modunda Rendezvous Point seçimi yapıyordu). Multicast adres aralıklarına göre trafiği yönlendirecek farklı Rendezvous Point'ler seçilerek yük paylaşımı yapılması, Rendezvous Point'ler arasında yedeklik gibi özellikler de sağlamaktadır. Protokolün işleyişi özetle;
 - o Topolojideki routerlar için **Candidate RP** (Rendezvous Point olma adayı) ve **Mapping Agent** (Rendezvous Point seçimi yapacak router) olmak üzere iki farklı rol belirleniyor.
 - o Topolojideki Rendezvous Point olmak isteyen (konfigüre edilen) routerlar 224.0.1.39 adresine yayın yapar.
 - o Topolojide mutlaka bir tane Mapping Agent bulunur ve 224.0.1.39 adresine gönderilen Rendezvous Point aday routerları kaydediyor.
 - o Kaydedilen routerlar arasında ip adresi yüksek olan routeru Rendezvous Point seçiyor ve bu bilgiyi topolojideki bütün routerlara öğretiyor.

- **PIM-Bootstrap Router (BSR)**, Rendezvous Point routerun seçilme sürecini ve seçilen Rendezvous Point routerun ip adresinin topolojideki diğer routerlara otomatize şekilde öğretilmesini sağlayan Open Standard bir protokoldür. Protokolün işleyişi özetle;
 - Auto RP prookolüne benzer şekilde topolojide **Candidate BSR** (Rendezvous Point seçimine yardımcı olan router) ve **Candidate RP** (Rendezvous Point olma adayı) olmak üzere iki farklı rol belirlenir.
 - Candidate BSR routerun yedeği de oluşturulabiliyor.
 - Auto RP protokolünden farklı olarka Candidate BSR seçilen router 224.0.0.13 adresine TTL değeri 1 olan paket göndererek (Topolojideki routerlara Candidate BSR routerun kendisi olduğunu bildiriyor) Rendezvous Point adaylarının kedisine bilgilerini göndermesini sağlar.
 - Bilgilerini Candidate BSR routera gönderen Rendezvous Point adaylarının bilgilerini/listesini topolojideki bütün routerlara gönderiyor. Bu süreçte seçim işlemi;
 - Rendezvous Point adayları arasında öncelikle hangi Multicast ip address aralığı için Rendezvous Point olmak istediğine bakılıyor. Bu süreçte aynı Multicast ip aralığı için Rendezvous Point olmak isteyen routerlar arasından daha spesifik ip aralığını temsil eden Rendezvous Point adayı seçiliyor.
 - Her iki Rendezvous Point adayı da aynı Multicast aralığını aynı prefix değeriyle temsil ediyorsa, routerlar arasında Priority değerine bakılıyor. Küçük Priority değerine sahip router seçilir.
 - Priority değeri aynı olan routerlar arasında, Rendezvous Point aday routerların Candidate BSR routera gönderdikleri paketlerde belirli özelliklerini kullanarak oluşturduğu bir Hash değeri bulunuyor. Bu Hash değerine bakılıyor ve Hash değeri yüksek olan router seçiliyor.
 - Routerların Hash değeri aynı olma ihtimaline karşın en büyük ip adresine sahip router Rendezvous Point olarak seçiliyor.

Rendezvous Point routerda bir problem oluşması durumunda topolojideki Multicast yayın akışı duracaktır.

PIM-DM Konfigürasyonu

- Topolojide statik tanımlarla veya dinamik yönlendirme protokolleriyle yönlendirme tablosu oluşturulduktan sonra routerda PIM-DM modunu devreye almak için Global konfigürasyon modunda **"ip multicast-routing"** komutuyla Multicast yönlendirme tablosu devreye alınıyor.
- Multicast yayın için çalışacak portlarına arayüzlerine girilerek **"ip pim dense-mode"** komutu kullanılıyor

```
R1(config)#ip multicast-routing
R1(config)#int fa 0/1
R1(config-if)#ip pim dense-mode
R1(config-if)#exit
R1(config)#
```

PIM-SM Konfigürasyon

- Topolojide dinamik veya statik yönlendirme protokolleriyle yönlendirme tablosu oluşturulduktan sonra routerda PIM-SM modunu devreye almak için Global konfigürasyon modunda “**ip multicast-routing**” komutuyla Multicast yönlendirme tablosu devreye alınıyor.
- Yine Global konfigürasyon modunda “**ip pim rp-address <Ip Address>**” komutuyla PIM protokolünde RP ‘in adresi manuel olarak tanımlanıyor (her routerda).
 - o RP seçilecek cihaza aktif olduğu sürece erişilebilmesi için Loopback arayüzüne ip adresi tanımlayıp, topolojideki veya kapsama alanındaki bütün routerlara bu adresi (RP olarak) öğretmek daha doğru olacaktır (ACL’ler tanımlanarak belirli bir kapsama alanı için RP seçilmesi sağlanabiliyor).

```
R3(config)#ip pim rp-address 100.0.0.2 ?
<1-99>      Access-list reference for group
<1300-1999> Access-list reference for group (expanded range)
WORD        IP Named Standard Access list
override    Overrides dynamically learnt RP mappings
<cr>
```

```
R3(config)#ip pim rp-address 100.0.0.2
```

- Multicast yayın yapılması istenen arayüzlere girilerek “**ip pim sparse-mode**” komutu kullanılıyor.

```
R1(config)#ip multicast-routing
R1(config)#int fa 0/1
R1(config-if)#ip pim sparse-mode
R1(config-if)#exit
R1(config)#
```

(Auto RP ve PIM-Boostrap-Router konfigürasyonları için http://xgu.ru/wiki/PIM-SM_%D0%B2_Cisco bağlantısını inceleyebilirsiniz.)

Kontrol Komutlar

- sh ip pim neighbor
- sh ip mroute
- show ip pim rp mapping
- show ip igmp groups