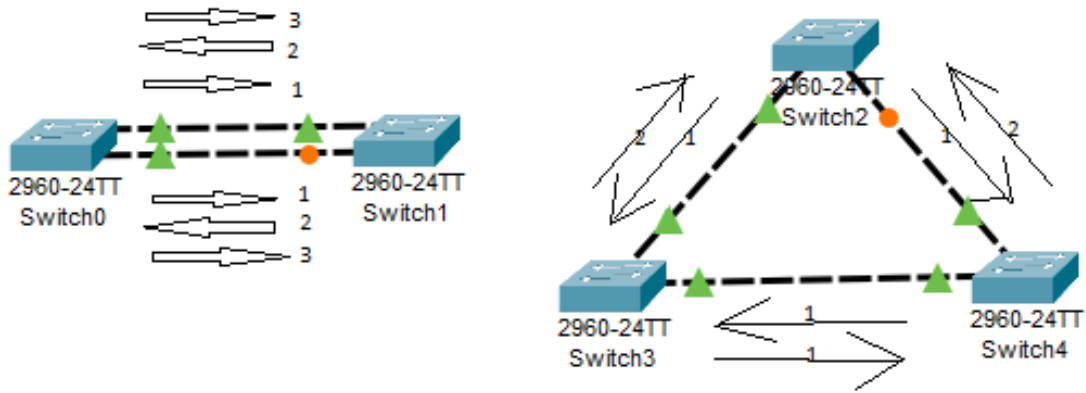


STP (802.1d)

Networklerde (özellikle de networkte hassas işlemler yapan şirketler için) oluşabilecek problemlerin verilen hizmetin aksamaması istenir. Bunun için switchler arasında yedekleme yapmak istenir. Ne yazık ki switchler arasında(L2) birden fazla kablo bağlanarak yedekleme gerçekleştirilemiyor. Nedeni ise iki switch arasında kablo bağlandığında loop/döngüye oluşmasıdır.

Loop, switchlerin kendisine gelen broadcast ve multicast paketleri geldiği port dışında bütün portlarına anahtarlamaıyla gerçekleşiyor. Switchler arasında erişim için aktif birden fazla seçenek olduğunda broadcast paketleri her aktif bağlantıdan gönderildiği için networkte döngü oluşuyor ve paketler tekrar tekrar switchler arasında anahtarlaniyor duruyor. Bu durum network haberleşmesini olumsuz etkilerken iletişimin kesilmesine de neden olabiliyor. Buna Broadcast Storm deniyordu (CCNA - 2.2 - Passwd Recovery Switch Concepts and Switch Leds – NOTES-2).



STP (Spanning Tree Protocol), networkte döngü oluşturacak bağlantıların tespit edilip bloklanmasını sağlayan protokole verilen isimdir. iki switch arasındaki birden fazla bağlantı tespit edilip döngü oluşturamaması için portlardan biri bloklanır. Bloklanmayan portta bir problem yaşandığında ise bloklanmış bağlantı devreye alınarak verilen hizmetin aksamaması sağlanır. Yani hem networkte yedeklilik sağlıyor hem de loop oluşmasının önüne geçilerek networkte kaos oluşması/sistemin çökmesi engelliyor.

|-> MAC adresi öğrenilirken de (ARP) kullanılan paketler broadcast yayınla networke bırakılıyordu. Bu yayın döngü olan bir networkte gerçekleştirildiğinde switch portlarına aynı MAC adresi farklı portlarından tekrar gelecektir ve CAM tablosunda aynı MAC adresi için birden fazla kayıt oluşturulacaktır. Bu durumda CAM tablosuna kaydedilen MAC adresine bir paket gönderilmek istendiğinde switch bu paketi birden fazla portundan anahtarlacaktır. Bu durumda yine döngü oluşacak ve bu durum zamanla network trafiğini yavaşlatacak hatta sistemin çökmesine neden olacaktır.

Spanning Tree Algoritmasında switchler aralarında haberleşebilmek için her 2 saniyede bir tüm portlarından birbirlerine BPDU (Bridge Protocol Data Unit) paketleri gönderiyorlar (Buna Hello Timer deniliyor).

Spanning Tree Algoritması;

- Switch portuna bir cihaz bağlandığında port "Listening" durumuna alınıyor. Bu modda switch 15 saniye boyunca port dinleyerek gönderdiği BPDU paketleriyle sistemi tanımaya, döngü oluşup oluşmadığını anlamaya çalışıyor. Bu süreye "Forward Delay" deniliyor. Bu süre boyunca bu bağlantı üzerinden hiçbir veri aktarımı gerçekleştirilmiyor (herhangi bir MAC adresi de öğrenilmiyor).

|→ Döngü olduğu tespit edilirse port "Blocking" durumuna alınarak bloklanıyor. Blocking durumunda sadece BPDU paketlerine izin veriliyor.

|→ Döngü olmadığı anlaşılırsa "Learning" durumuna geçiliyor. Bu durumda MAC adresleri öğrenilirken halen veri aktarımına izin verilmiyor. Bu durum da 15 saniye sürmektedir. Bu durum sonrasında da döngü oluşmadığı anlaşılırsa "Forwarding" durumuna geçilerek veri aktarımına başlanıyor.

Spanning Tree Karar Verme Mekanizması

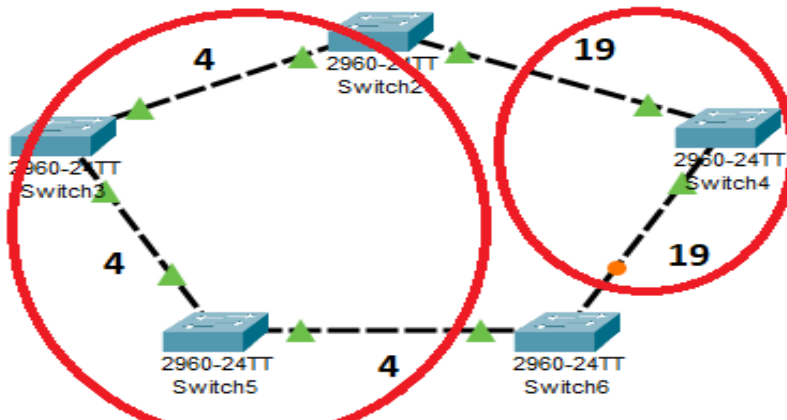
Döngü oluşturan iki port arasında;

- Bloklanacak portlar arasında Path Cost (bant genişliğine) değerlerine bakılarak hangi portun aktif olacağına karar veriliyor. Path Cost değeri en düşük port kullanılmaya devam edilirken döngü oluşturan diğer portlar bloklanıyor.

Data rate	STP cost (802.1D-1998)	RSTP cost (802.1W-2004, default value) :154
100 Mbit/s	19	200,000
1 Gbit/s	4	20,000
2 Gbit/s	3	10,000
10 Gbit/s	2	2,000

|→ Bu değerler hedef cihaza ulaşmak için kullanılan rotalar üzerindeki bağlantılara veriliyor (bant genişliklerine göre). Hedef cihaza ulaşmak için toplamda hangi rotadan daha düşük Path Cost değerine sahip ise bu port aktif seçilirken diğer portlar bloklanıyor.

|→ RSTP (Rapid Spanning Tree Protocol), STP ile tam olarak aynı çalışma mantığına dayanıyor. Sadece 10Gbit ve üzeri hızlarda Path Cost değerlerini doğru verilebilmesi için STP'nin genişletilmiş versiyonudur.

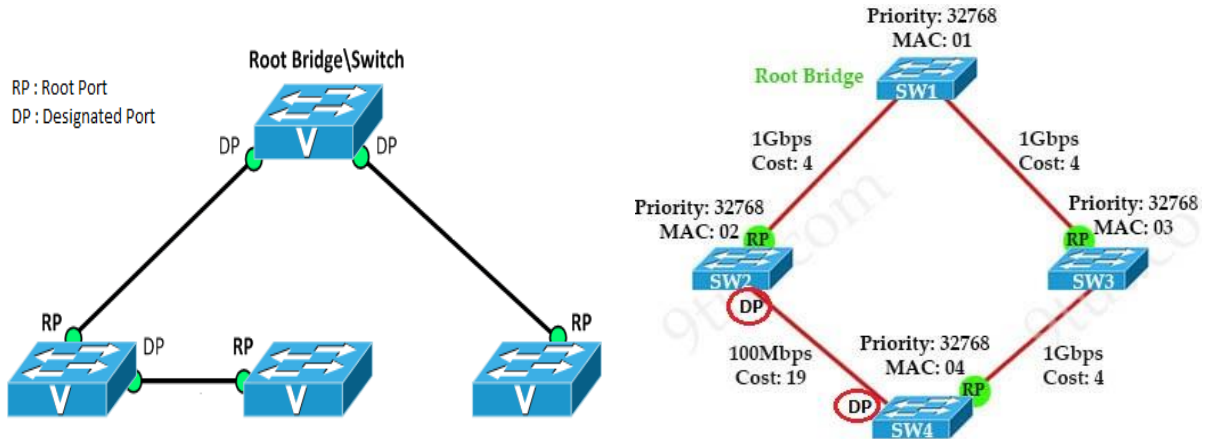


- Path Cost değerlerinin eşit olduğu durumlarda her routerun kendine tanımladığı BID (Bridge Id) değerine bakılarak karar verilir. Küçük BID değerine sahip port seçilir.
- Kablonun iki ucu de aynı switchin iki farklı portuna bağlanmadığı sürece MAC adreslerinin aynı olması beklenemez ama MAC adreslerinin aynı olduğu durumda (yönetici ayrıca Bridge Priority değerini değiştirmemişse) Port Id değerine bakılıyor. Port Id değerleri küçük olan port kullanılmaya devam edilirken diğer port bloklanıyor.
| → İki switch arasında birden fazla bağlantı yapıldığında eğer ki path cost değerleri de(bağlantı hızları) aynıysa kullanılmaya devam edecek portu belirlemek için Port Id değerlerine bakılıyor (Burada BPDU paketini yollayan switchin Port Id değerine bakılır).

Spanning Tree Protokolü çalışırken başlangıçta switchler birbirlerine BPDU paketleri gönderiyorlar. BPDU paketleri içerisinde BID değerleri var ve bu değere göre en küçük BID değerine sahip switch Root switch (Root Bridge) seçiliyor. Bu adımdan sonra bir ağaç yapısı oluşturulurken her porta bir rol veriliyor. Root switchden çıkan tüm portlara Designated Port, Root switch'e gelen tüm portlara Root Port deniliyor. Portlara bu roller atanırken switchler arasındaki bağlantılarda her iki portun da Designated port olduğu durumda döngü olduğu anlaşılıyor ve portlardan biri karar verme mekanizması göz önünde bulundurularak bloklanıyor.

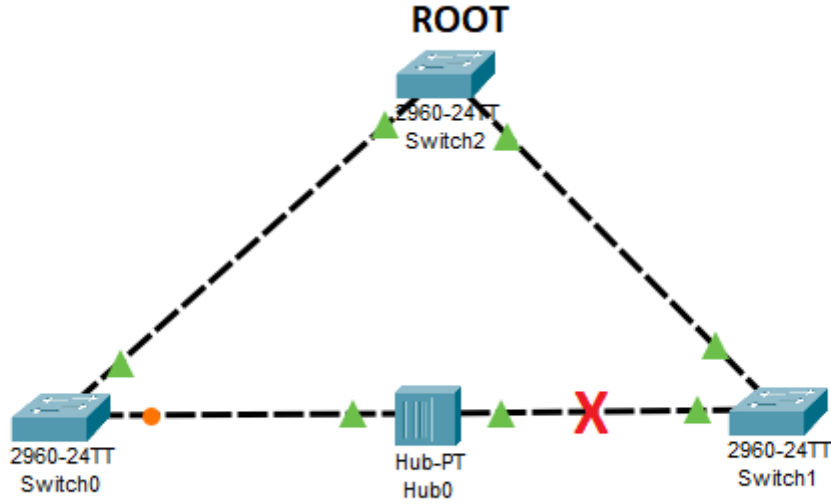
| → BID (Bridge Id) değeri en küçük olan root switch seçiliyor.

| → Bloklanan portlara Undesignated port deniliyor.



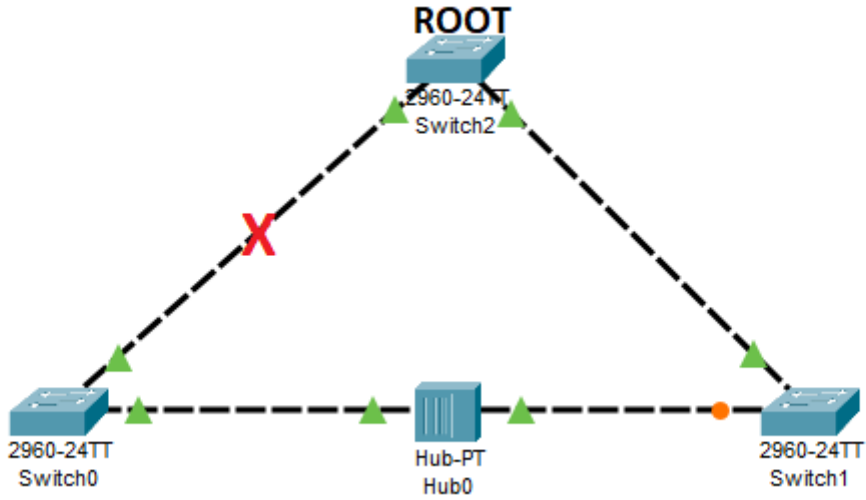
| → Kullanılan portun bağlantısı kesildiğinde portu bloklanan switch bağlı switchler bunu anlıyor ve yeniden Spanning Tree Algoritmasını çalıştırarak 30 saniye Listening ve Learning modlarının ardından bloklanan portu devreye alıyor.

SORU : Aşağıdaki görselde de görüldüğü gibi iki switch arasına unmanagement bir sawitch veya hub konumlandırıldığında STP protokolü döngü tespit ettiği portu bloklamaktadır. Peki Hub ve switch arasındaki bağlantının bulunduğu porta erişim kesilirse Switch0 bunu nasıl anlayıp bloklanan portunu devreye alacaktır?



| → Switch1 ile hub arasındaki bağlantı kesildiğinde Switch0'a gönderilen BPDU paketleri kesilecektir. Bu durumda Switch0 20 saniye (Max Age) bekledikten sonra BPDU paketleri gelmediğini görecektir ve 15 saniye Listening + 15 saniye Learning sonrasında portu devreye alacaktır. (Kafa karışıklığı olmaması için burada hub unmanagement olduğu için kendisi ayrıca BPDU paketleri gönderememektedir. Sadece Switchlerde gelen paketleri sadece portlarına anahtarlarmaktadır.)

SORU : Aşağıdaki görselde de belirtildiği gibi root switch ile management switchlerden birinin bağlantısı kesildiğinde Switch0'ın portu nasıl devreye alınır?



| → Bu durumda Switch0 kendisini root switch ilan edecektir. Böylece portlarından BPDU paketleri içerisinde bu bilgiyi gönderdiğinde Switch1 aynı anda iki root switch olduğunu görüp Switch0'ın root switch ile bağlantısının kesildiğini anlayacaktır (Switch2'nin (Root switchin) port hızı – BID veya Port ID değerlerinin Switch0'a göre daha yüksek olduğunu görecektir). Bu durumda bloklanmış portunu 30 saniye (Listening + Learning) sonunda devreye alacaktır.

STP Protokolünün Zayıf Yönleri

- Yavaş olması. Bir cihaz bağlandığında toplamda 30 saniye sonra döngü olmadığına karar verilip cihaz veri alışverişine başlayabiliyor.
| → STP protokolünün hızlanması için RSTP (Rapid Spanning Tree) protokolü çıkarılmıştır.
- Yedek hattın/döngü oluşturan portun bloklanması. Döngü oluşturan portu bloklamak yerine Load Balance/yük dengeleme yapabilmek için kullanılabilir.
| → Döngü oluşturan portta Load Balance yapabilmek için PVST (Per-VLAN Spanning Tree) protokolü geliştirilmiş. Bu protokol her switch için ayrıca STP ağacı oluşturulmasını sağlıyor. PVST protokolünde aynı zamanda Portfast, UplinkFast, BackboneFast, BPDU Guard, BPDU Filter, Root Guard ve Loop Guard gibi özellikler de içermektedir.
| → RSTP protokolü Load Balance yapmasa da oldukça hızlıdır. Zaman içerisinde hızlı olduğu kadar yük dengeleme de yapabilmesi için MSTP (Multiple Spanning Tree) protokolü geliştirilmiştir. MSTP protokolü, RSTP protokolünü temel alırken aynı zamanda Load Balance da yapabilmektedir. IEEE tarafından geliştirilmiştir ama konfigürasyonu zordur.

STP Konfigürasyonu;

STP protokolü varsayılanda açık geliyor. Sadece özelleştirmek istendiğinde konfigürasyon yapılmaya ihtiyaç duyuluyor.

- Bir switchin her zaman root olması için BID değerini oluşturan Priority değerini düşürebiliyoruz. Bunun için Global Konfigürasyon modunda “spanning-tree vlan 1 priority” komutu kullanılıyor (Burada Per-Vlan Rapid spanning Tree kullanılıyor. Ek olarak Öncelik numarası için sadece belirli değerler verilebiliyor.).

```
L3SW(config)#spanning-tree vlan 1 priority ?
<0-61440> bridge priority in increments of 4096
L3SW(config)#spanning-tree vlan 1 priority 20
% Bridge Priority must be in increments of 4096.
% Allowed values are:
0      4096  8192  12288  16384  20480  24576  28672
32768  36864  40960  45056  49152  53248  57344  61440
L3SW(config)#spanning-tree vlan 1 priority 4096
L3SW(config)#
```

- Networkte kullanılan Spanning-Tree protokolünün türü “spanning-tree mode” komutuyla değiştirilebilir. Bunu networkteki her switchte tanımlamak gerekiyor ve bu konfigürasyonu mümkünse network kullanımının az olduğu saatler yani mesai saatleri dışında yapmak gerekiyor.

```
L3SW(config)#spanning-tree mode ?
pvst      Per-Vlan spanning tree mode
rapid-pvst Per-Vlan rapid spanning tree mode
L3SW(config)#
```

- PortFast özeliği açmak için ilgili arayüze girilip “spanning-tree portfast” komutu kullanılıyor. Bu porta BPDU paketleri gönderecek herhangi bir cihaz takılımsına karşı “spanning-tree bpduguard enable” komutuyla bpdü koruması açılıyor. Bu sayede porta switch gibi BPDU paketi gönderecek bir cihaz bağlandığında portun disable moduna alınması sağlanıyor.

```

SW1(config)#interface fastEthernet 0/10
SW1(config-if)#spanning-tree portfast
%Warning: portfast should only be enabled on ports connected to a single
host. Connecting hubs, concentrators, switches, bridges, etc... to this
interface when portfast is enabled, can cause temporary bridging loops.
Use with CAUTION

%Portfast has been configured on FastEthernet0/10 but will only
have effect when the interface is in a non-trunking mode.
SW1(config-if)#spanning-tree bpduguard enable
SW1(config-if)#exit
SW1(config)#

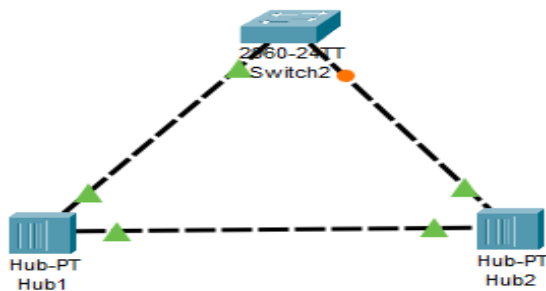
```

NOTLAR:

- Routerlar arasında da döngüler oluşabiliyor ama 3. Katman başlığında TTL/HOP değeri bulunduğu için paketler sonsuza kadar yönlendirilmiyor. Bu deperler sıfırlandığında paketler çöğe gidiyor.
|-> TTL/HOP değerleri paketin çıktığı bilgisayardaki işletim sistemine göre belirleniyor. Bu değerler göz önünde bulundurularak bir istemcinin kullandığı işletim sistemi tespit edilebiliyor.

Operating System	Time To Live
Linux (Kernel 2.4 and 2.6)	64
Google Linux	64
FreeBSD	64
Windows XP	128
Windows Vista and 7 (Server 2008)	128
iOS 12.4 (Cisco Routers)	255

- Max Age, STP protokolü için kullanılan üç zamanlayıcıdan (Hello, Forward Delay, Max Age) biridir. Switchlerde bloklanan portlarda 20 saniye boyunca BPDU paketleri gelmediği takdirde portu devreye almak için kullanılan zamanlamadır. Bloklanan porta 20 saniye boyunca BPDU paketi gelmezse 15 saniye Listening + 15 saniye Learning adımlarından sonra toplamda 50 saniye sonrasında portu devreye alıyor.
- Bloklanan portlar da dahil olmak ayrıca bir konfigürasyon yapılmadığı sürece (PortFast özelliği gibi) üzere her porttan BPDU paketleri yollanıyor.
- Networkte tek bir management switch olması loop oluşumunu engellemek için yeterlidir. Management switch tarafından gönderilen BPDU paketleri yine Swtich portuna geleceği için döngü oluşturan port bloklanacaktır.



- Özetle Root Switch seçiminde karar mekanizması için sırasıyla, Path Cost – Bridge ID – Port Id değerlerine bakılıyor.
- PVST (Per-VLAN Spanning Tree Protocol) protokolü kullanılarak her VLAN için farklı portların kullanılması sağlanabiliyor. Yani her VLAN farklı portların bloklanması sağlanarak portlar loop oluşturan portlar arasında yük dengelem işlemi yapılabilir. (!!! BU KONUNUN AYRICA ARAŞTIRILMASI GEREKİYOR – KONFİGÜRASYONUNA BAKILACAK !!!)
- Rapid PVST protokolü, RSTP protokolünün hızıyla PVST protokolünün özelliklerinin bütünleştirilmesiyle Cisco tarafından geliştirilen protokoldür.
- RSTP protokolü switchler arasında loop olup olmadığına karar verip portun durumuna karar verirken istemci bağlı uçlarda bu süre yine 30 saniye sürmektedir. Nedeni Switchler arası BPDU paketleriyle switchler aralarında hızlıca senkronize olurken istemci bağlı uçlarda BPDU paketleri gönderilmediği için 30 saniye boyunca port açılmamaktadır.
- Porta istemci bağlanacağı kesin ise portta PortFast özelliği açılarak 30 saniye beklemeden istemcinin switch'e bağlandığı anda network'e erişebilmesi sağlanabilir.
| → Bu özellik açılırken dikkat edilmesi gerekiyor çünkü bu port her ne kadar kendisine switch bağlandığında kendisini Listening durumuna alıp STP protokolün çalıştırmaya başlasa da, STP protokolü başlatılana kadarki sürede (RSTP protokolünde bu süre her ne kadar toplamda 2 saniye olsa da network'ü çöktürmek için yeterli olacaktır) loop oluşma ihtimali vardır. Bu durum bütün network'ü etkilemekle kalmayıp çökmesine bile neden olabilmektedir.
| → PortFast özelliği açılan portlarda döngü oluşmasını engellemek için BPDU Guard özelliği de açılabilir. PortFast özelliği açılan bir porta yanlışlıkla bir switch bağlandığında switch BPDU paketleri göndermeye başlayacaktır. PortFast açılan portta BPDU Guard özelliği de açılmışsa bu porta bir switch bağlandığı anlaşılacak ve port disable moda alınacaktır. Portu tekrar aktif hale getirebilmek için network yöneticisinin portun arayüzüne girerek manuel olarak “shutdown” komutuyla kapatıp “no shutdown” komutuyla tekrar açması gerekiyor.
- WoL (Wake in Lan) özelliği, uyku modundaki bilgisayarları network üzerinden (uzaktan) uyandırabilmek için kullanılan bir protokoldür.
- VXLAN ,bir tür ağ sanallaştırma tekniğidir.

Terminolojiler:

- Unknown Unicast Frames, hedef MAC adresi bilinmeyen paketlere verilen isimdir. Bu frame'ler switchlerde geldiği port dışında bütün portlarına anahtarlaniyor.
- BID (Bridge Id), switchlerin kendilerine tanımladığı bir değerdir. Bu değer sayesinde switchler networkte birbirlerini ayırt edebiliyorlar. Bu değer, Bridge Priority değeri + MAC adresini birleşimiyle oluşuyor.
| → Bridge Priority değeri varsayılanda 32768'dir. Yönetici bu değeri manuel olarak verebiliyor/değiştirebiliyor. Bu sayede yöneticinin istediği switch'e öncelik verebilmesi sağlanmıştır.
- Port Id, Port Priority değeri + Port numarasının birleşiminden oluşuyor.
| → Port Priority değeri 0 - 255 arasında değer alabiliyor.

Kontrol Komutları

- Show spanning-tree