

# GNS3 Tabanlı Ağ Emülasyonlarının Bilgisayar Ağları Eğitiminde Kullanımı: Senaryolar ve Öneriler

Tolgahan Yılmaz<sup>1</sup>, Enis Karaarslan<sup>1</sup>, Gökhan Akın<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Muğla

<sup>2</sup> Ağ Yöneticileri Derneği

[tolgahan\\_v@yahoo.com.tr](mailto:tolgahan_v@yahoo.com.tr), [enis.karaarslan@mu.edu.tr](mailto:enis.karaarslan@mu.edu.tr),

[gokhana@gmail.com](mailto:gokhana@gmail.com)

**Özet:** Ağ emülasyonu yöntemlerinin bilgisayar ağları eğitiminde etkin kullanılması mümkündür. Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi'nde oluşturduğumuz Bilgisayar Ağları ve Güvenliği Laboratuvarı (NetSecLab) içerisinde GNS3 çalıştıran bir sunucu bilgisayar aracılığıyla sanal bir ağın oluşturulması gerçekleştirilmiştir. Kurulan sanal bilgisayar ağı ile çeşitli farklı ağ senaryolarının gerçekleştirilmesi ve bilgisayar ağları ve ağ güvenliği derslerinin daha etkin işlenmesi hedeflenmektedir. Yapılacak etkinliklerde, her öğrenciye bir sanal yönlendiricinin atanması ve belirli bir bölgeye (örn: otonom sistem) ait yönlendiricilerin takım çalışması şeklinde birlikte yönetilmesi gerçekleştirilecektir. Bu ortam kullanılarak neler yapılabileceğine dair öneriler de verilecektir.

**Anahtar Sözcükler:** GNS3, emülasyon, simülasyon, bilgisayar ağları, eğitim.

## Use of GNS3 Based Network Emulation in Computer Networks Education: Scenarios and Recommendations

**Abstract:** It is possible to use network emulation methods effectively at computer networks training. We have implemented a virtual network with a server computer which is running GNS3 at Muğla Sıtkı Koçman University Computer Networks and Security Laboratory (Net-SecLab). This virtual network is established to carry out different network scenarios and it is aimed to process computer networks and network security courses more effectively. In the activities; a virtual router will be assigned to each student and the management of a particular area (ex. autonomous system) of routers will be managed as a team work. Suggestions about what can be done using this environment will be given.

**Keywords:** GNS3, emulation, simulation, computer networks, education.

### 1. Giriş

Bilgisayar ağları derslerinde öğretilen konuların mümkün olduğunca pratiğe dökülmesi gerekmektedir. Öğrencinin çalışan bir fiziksel ağı görmesinde fayda vardır. Bilgisayar ağları konusunda çalışan firmalardan akademik indirimlerle çeşitli donanım setlerini temin etmek mümkündür, lakin öğrenci sayısı arttıkça her öğrenciye veya öğrenci grubuna bir yönlendirici veya ağ cihazı ayırmak mümkün olamamaktadır.

Günümüzde simülasyon ve emülasyon yazılımları ile sanal cihazların etkin kullanımı yaygınlaşmaktadır. Özellikle emülasyon yazılımlarıyla gerçek cihazların işletim sistemlerini kullanan ve o cihazlarda mümkün olan komut kümelerinin kullanılmasını sağlayan gerçekçi ortamlar oluşturmak mümkündür. Cisco, HP, Huawei ve Juniper gibi bilgisayar ağları üzerine çalışan firmalar kendi ürünleri ile ağ entegrasyonu çalışmaları için GNS3 gibi yazılımları kullanmaktadır. İnternet servis sağlayıcı firmalar ve Google gibi içerik sağlayan firmalar tarafından da

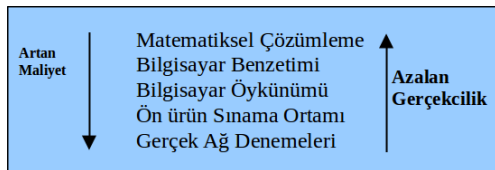
deneme ortamları olarak kullanılmaktadır. Çeşitli protokoller ve yapılandırmalar fiziksel altyapıda devreye alınmadan önce bu tür bir simülasyon altyapısında denenebilmektedir.

GNS3 yazılımı, farklı cihaz ve işletim sistemlerini desteklemekte ve ücretsiz olarak temin edilebilmektedir. Bu çalışmada öncelikle simülasyon ve emülasyon ortamlarının tanımlamaları yapılacaktır. GNS3 ortamının yetenekleri anlatılacak ve etkinleştirilmesi için önerilerde bulunulacaktır. Sonrasında bu ortamda yapılacak çeşitli senaryolarla bilgisayar ağları derslerinin daha etkin gerçekleştirilmesi konusunda önerilerde bulunulacaktır.

## 2. Temel Kavramlar

Bilgisayar benzetimi (simülasyon), bir sistemin nasıl çalıştığını görebilmek için bilgisayar ortamında modellemeye yönelik bir girişimdir. Bilgisayar öykünümü (emülasyon), bir bilgisayar veya elektronik sistemi bir başka bilgisayar veya sistem yardımıyla taklit edilmesinin gerçekleştirilmesidir. Bilgisayar öykünüm ortamlarında süreci daha gerçekçi hale getirebilmek için gerçek donanımların veya gerçek işletim sistemlerinin kullanılması söz konusudur. Bilgisayar ağlarının benzetimi için kullanılacak yaklaşımlar aşağıda verilmiş ve karşılaştırılmaları da Şekil 1’de sunulmuştur[1,2]:

1. Matematiksel çözümleme
2. Bilgisayar benzetimi
3. Bilgisayar öykünümü
4. Ön ürün sinama ortamı (prototype testbed)
5. Gerçek ağ denemeleri



Şekil 1. Ağ Benzetim yaklaşımlarının karşılaştırılması

Ağ benzetimlerinin geçerliliği ve güvenilirliği

konusu önceki çalışmamızda[1] ele alınmıştı. Daha gerçekçi sonuçlar için öykünüm veya ön ürün sinama ortamlarının kullanımı gerekmektedir. Gerçek ağ denemeleri yapmak hem zordur hem de gerçek ağda ciddi sorunlara yol açma riski de bulunmaktadır. Öykünüm sistemlerine gerçek bilgisayar sistemlerini de ekleyerek daha gerçekçi çözümler oluşturmak da mümkündür. Bu çalışmamızda sinama ortamlarına göre çok daha ekonomik maliyetlerle ve daha kolay kurulabilen ve ağ eğitimi için yeterli düzeyde gerçekçilik sağlayan bir öykünüm sistemlerine arayüz sağlayan GNS3 ortamının kullanımı ele alınacaktır.

## 3. GNS3 Nedir?

GNS3; Dynamips[3], VirtualBox[4], QEMU[5] gibi emülasyon yazılımlarına bir arayüz sağlayarak farklı cihazların (Cisco, Juniper, HP, Arista, Citrix, Brocade yönlendiricileri ve anahtarlama cihazları) ve farklı işletim sistemlerinin olduğu ağ sistemlerinin emülasyonunu ve yapılandırmasını mümkün kılan bir yazılımdır. Dynamips ile gerçek bir Cisco işletim sistemi IOS çalıştırılabilmektedir. QEMU ile Juniper işletim sistemi junOS, Cisco ASA ve IDS/IPS sistemleri çalıştırılabilmektedir. GNS3 ile bu şekilde farklı fiziksel donanımları test edebilme imkanı mümkün olmaktadır. GNS3'ün emülasyonunu yapabildiği donanımların güncel listesi için bkz[9]. Virtualbox ile sanal ağ sistemine farklı işletim sistemlerini emüle eden bilgisayarları eklemek mümkündür. GNS3 çeşitli işletim sistemlerine kurulabilmektedir.

GNS3'ü eğitimde kullanılan bir başka popüler yazılımla karşılaştırsak; Cisco Packet Tracer özellikle Cisco Network Akademi Programı'nda çok yaygın kullanılan bir simülasyon yazılımdır. GNS3 yazılımının Cisco Packet Tracer yazılımından en büyük farkı GNS3 ün bir emülator, Cisco Packet Tracer'in ise bir simulator olmasıdır. Yani GNS3 gerçek bir yönlendiricide kullanılan işletim sistemini çalıştırırken, Packet Tracer

yazılımsal olarak tanımlanmış sanal bir işletim sistemi kullanmaktadır. Bu durum Packet Tracer yazılımında tüm konfigürasyon komutlarını kullanmamızı engellemekte iken GNS3'de kullanılan IOS için geçerli olan tüm komutlar kullanılabilir. Bir diğer önemli fark ise, GNS3'de anahtarlama aygıtları (switch) emülasyonu yapılmazken, packet tracer'da bu mümkündür. GNS3 yazılımında anahtarlama aygıtları sadece yönetilemeyen (unmanagable) switch gibi kullanılabilir. GNS3 yazılımında varsayılan olarak mevcut olan anahtarlama aygıtları yönetilemez olsa da bu durumu yönlendiricileri bir anahtarlama aygıtı olarak kullanarak aşabilmektedir. GNS3 ün sunduğu modül desteği ile tam olarak bir yönlendiriciyi anahtarlama aygıtına çevirmek için uygulanması gereken bir dizi işlem mevcuttur. Örneğin NM-16ESW modülünün eklenmesi ile bu gerçekleştirilebilir.

#### 4. GNS3 Ortamının Oluşturulması

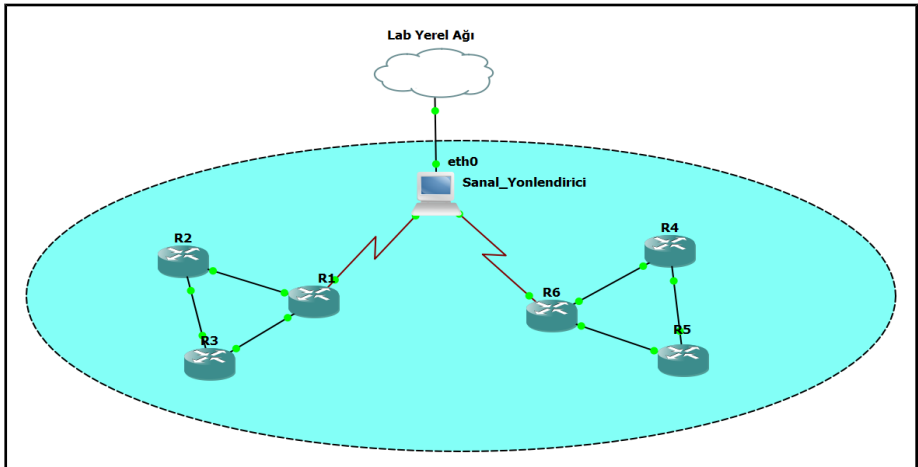
GNS3 emülasyonunun Ubuntu ortamında daha tutarlı çalıştığı belirtildiği için bu işletim sistemi tercih edilmiştir. Kurulum detayları için bkz[8]. GNS3 emülasyonunu sağlayacak sunucuda oluşturulan sanal ağ üzerinde yerel (local) olarak çalışabilme imkanımız olmakla birlikte, sanal ağ bağdaştırıcıları ve sanal makinalar

oluşturarak bu ağları gerçek bir fiziksel yapıya bağlama imkanımız da bulunmaktadır. GNS3 çalışan sunucunun sahip olduğu ağ kartını emülasyon yazılımda çalışan yönlendiricilerden birinin Ethernet kartı ile eşleştirerek, fiziksel ortam ile bağlantısı sağlanabilmektedir. Bu tür bir kurulum Şekil 2'de gösterilmiştir.

Bu yapıda, Sanal\_Yonlendirici isimli bir sanal yönlendirici eklenmiş ve GNS3 sunucusundaki fiziksel bir ağ bağdaştırıcısı (eth0) ile ilişkilendirilmiştir. Böylece fiziksel bir yönlendirici gibi davranması ve gerçek ağdan sanal ağa gelen paketleri yönlendirme işlemlerini yapabileceği kapasitesi ve de sanal ağlar ile gerçek ağlar arasında köprü vazifesi görmesi sağlanabilmektedir. Detaylar için bkz [7].

#### 5. GNS3 Yazılım ve Donanım Gereksinimlerinin Etkinleştirilmesi

GNS3 yazılımını emüle edilecek cihaz sayısına bağlı olarak daha fazla belleğe ve hızlı bir işlemciye ihtiyaç duymaktadır. Günümüz bilgisayarları ele alındığında 4 çekirdekli Intel core i-5 veya denk bir işlemci tatmin edici adette cihaz emülasyonu için yeterli olmaktadır. GNS3'de kullanılan farklı imaj sayısı ve farklı yönlendirici modelleri de işlemci ve ram kullanım miktarını artıran ayrı bir etkidir.



Şekil 2. GNS3 ile Fiziksel bir ağa çıkış noktası yaratılmış sanal ağ ortamı

26 adet orta seviye yönlendiriciye sahip bir sanal ağ oluşturmak için aşağıda belirtilen donanımına sahip bir bilgisayar kullanılmıştır:

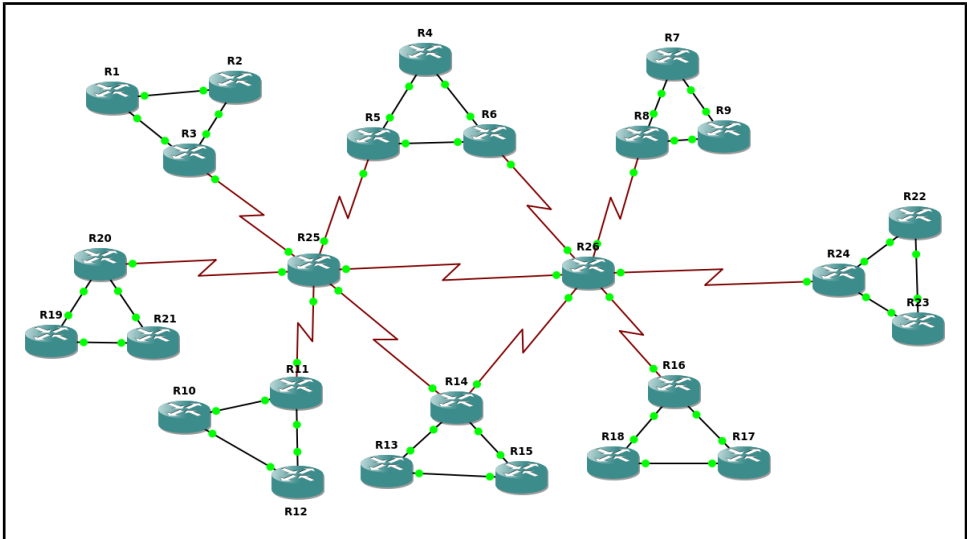
- Intel Core i-5
- 8 GB RAM
- 80 GB HDD

Kurulacak laboratuvar ortamında Cisco 3725 IOS kullanılacak olup ve her bir yönlendirici için 256 MB DRAM ataması yapılacaktır. Lab ortamımızda öğrencilerin kullanabileceği 26 uç olduğundan, oluşturulan sanal 26 yönlendirici için 6700 MB RAM ihtiyacı anlamına gelmektedir. Sistem ihtiyaçları ve sanal makina gereksinimi de göz önünde bulundurulduğunda en az 8 GB, sağlıklı bir işleyiş için ise 12 GB RAM ihtiyacı doğurmaktadır ancak GNS3'ün bizlere sunduğu yararlar göz önünde bulundurulduğunda bu gereksinimlerin maliyeti oldukça düşüktür.

GNS3'de RAM ve işlemci ihtiyacımız eklediğimiz yönlendirici sayısı ile paralel olarak büyüye de aşırı tüketimi sınırlamak/düşürmek için GNS3 idlepc[10] değeri kullanılmalıdır.

Bu değer, dynamips tarafından emule edilen sanal yönlendiricilerin zamanlarını hesaplayarak sanal yönlendiriciyi uyku durumuna geçirir. Uyku durumuna (idle) geçen sanal yönlendirici, işlemci kullanmaz. Sistemde Idle-PC etkinleştirilmediğinde işlemci kullanımını 100%'e çıkarabilmekte ve üzerinde çalıştığı makinanın isteklere yanıt vermemesine sebep olabilmektedir. Bu durumun önüne geçmek için doğru idlepc değeri hesaplatılmalıdır.

Uygulamamızda, 26 yönlendiricili bir sanal ağ senaryosu üzerinde yapılan çalışmalar şu sonuçları vermiştir; Cihazlar başlatıldığı andan itibaren işlemci kullanımı %100'lere ve RAM kullanımı 5,4 GB'a ulaşmaktadır. Idlepc değerinin hesaplanma sürecinde, sanal ağdaki yönlendiricilerin her birine sağ tıklanmalı veya aynı tip IOS kullanan yönlendirici gruplarından birinde Idle-PC seçeneği seçilmelidir. Sistem, değerleri hesaplayıp bize sunacaktır. Nispeten daha iyi değerler '\*' işareti ile işaretlenmiştir. Bu değerler seçilerek, işlemci ve bellek(ram) kullanımında düşüş sağlanabilmektedir. Idle-PC Değeri atandıktan bir süre sonra işlemci yükü %21'lere, RAM kullanımı 4,4 GB'a düşmüştür.



Şekil 3. Çok Şubeli Bir Banka Ağının Temsili Yedekli Yapısı

GNS3 emülasyon yazılımında performans açısından daha iyi sonuçlar almak ve daha kararlı bir ortam sağlamak için ek olarak sunulara dikkat edilmelidir[6]:

- Dynamips/GNS3'ü Linux ya da Mac OS X ortamlarında çalıştırmak çok daha iyi bir performans vermekte ve daha kararlı bir ortam sunmaktadır.
- En son çıkan IOS imajlarını kullanmaktan çekinilmelidir. Çünkü eski IOS imajları daha az işlemci ve RAM kullanımı sağlamaktadır.
- c36xx, c37xx ya da c7200 IOS imajlarının kullanılması önerilmektedir. Bu imajlar dynamips ile genellikle daha kararlı bir çalışma sağlamaktadır.

## 6. Lab Ortamının Kullanılması

Lab ortamında karşılıklı ikişer kişinin oturabileceği dört kişilik masalar oluşturulmuştur. Her öğrenciye bir sanal yönlendiricinin atanması sağlanabileceği gibi, her masa grubunu bir grup olarak tanımlayıp her gruba bir bölgenin (örneğin bir otonom sistemin) verilmesi de mümkün olacaktır. Bu ve benzeri senaryolar bu bildiride ve takip eden çalışmalarda ele alınacaktır.

Öğrenciler lab ortamında bulunan prizlere UTP kabloları ile bağlandıklarında test ortamından bir IP adresi almakta ve GNS3 çalıştıran bilgisayara IP üzerinden ulaşılabilir hale gelmektedirler. GNS3 ile kurulan sanal ağa öğrenciler Putty gibi terminal uygulamaları ile ulaşabileceklerdir. Ağ topolojilerinin ders içeriklerine göre düzenli olarak değişmesi hedeflenmektedir. Değişen topoloji, GNS3'ün grafik arayüzü tarafından oluşturulup bir grafik dosyası olarak lab web sunucusundan öğrencilere sunulacaktır. Ders hocası, ağ topolojisini, kullanılacak IP adreslerini ve yapılacak çalışmayı bu web sayfası üzerinden duyuracaktır.

## 7. Eğitimde Kullanılabilecek Senaryoların Ele Alınması

Bu bildiri kapsamında, derste kullanılabilecek üç senaryo ele alınmıştır:

- WAN Topolojisi
- Kampüs Lan Topolojisi
- Yedekli ve Yük Paylaşımlı Geniş Alan Ağı

### Senaryo 1: WAN Topolojisi

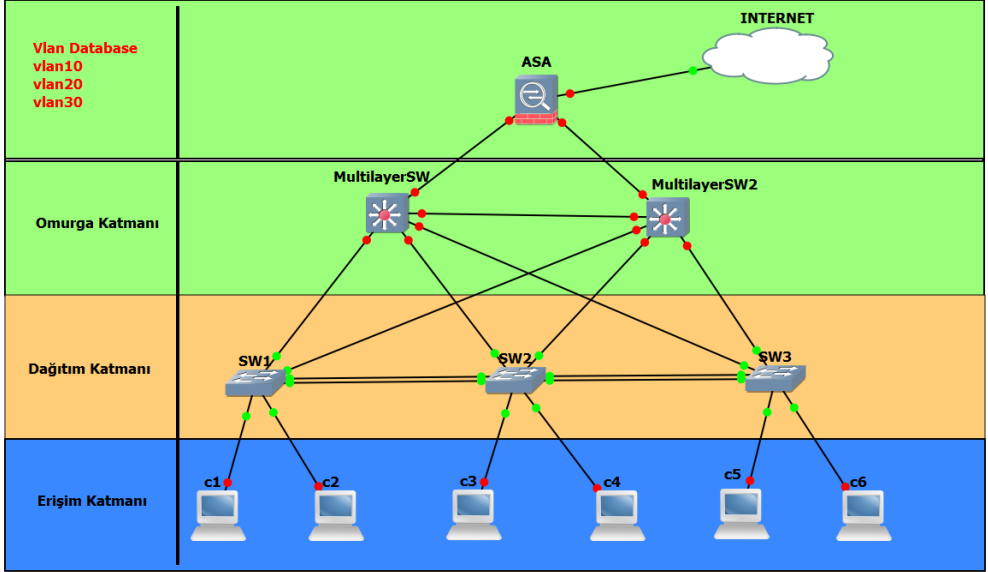
Bu senaryoda, 3 katmanlı erişim modelinin (Access-Distribution-Core) uygulanması hedeflenmiştir. Öncelikle sınıfta topoloji oluşturulmalı ve her katmandaki ihtiyaçlar belirlenmelidir. Kurum C Bank'ın 100'lerce şubesi olduğunu varsayalım. İstanbul merkez olmakla birlikte Ankara'da da yedekli bir merkez yapısı olsun. Karadeniz Bölgesi'ndeki şubelerin bu iki merkeze yedekli olarak bağlantılarının sağlanması durumunda, Karadeniz'de batı, orta ve doğu olarak üç alt merkezin oluşturulması ve bu şubelerin öncelikle kendilerine yakın şubelere bağlanması, yedekli olarak da diğer alt merkezlere bağlanması planlanabilir. Alt ana merkezler de ana merkezlere yedekli bağlanacaktır. Böyle bir topoloji Şekil 3'de verilmiştir.

Bu senaryoda yapılabilecek uygulamalar aşağıdaki gibidir:

- Şubelerdeki bilgisayar sayılarına göre gerekli subnetting uygulamaları
- Access List (Erişim Listesi) uygulamaları
- Yönlendirme Protokolü Uygulamaları

### Senaryo 2: Kampüs Lan Topolojisi

VLAN, INTERVLAN, EtherChannel, STP, VTP, Port Security uygulamalarının gerçekleştirilmesi amacıyla hazırlanan bu senaryo, LAN yapısının anlaşılmasını, yedekli veriyolları oluşturulmasını ve bazı temel güvenlik önlemlerinin uygulanmasını ele almaktadır. Senaryonun uygulanabilmesi için öncelikle GNS3 tabanlı yönlendiricilerimize NM-16ESW modülünün eklenmesi gerekmektedir. Ayrıca hiyerarşik ağ modeli (hierarchical internetworking model)[11] uygulanması da hedeflenen durumlar arasındadır. Örnek çizim Şekil 4'de gösterilmiştir.



Şekil 4. Kampüs Lan Topolojisi

Uygulanacak senaryoda; Vlan10, Vlan20, Vlan30 isimli sanal yerel alan ağ grupları oluşturulup bu ağlar arasında iletişimin sağlanması gösterilecektir. Vlan uygulamasının temel amacı; ağ performansını geliştirmek, yerel ağ içerisinde gruplandırmalar yaparak güvenlik seviyesini artırmak ve ağ gruplarına farklı erişim izinleri atayarak ağ yönetimini kolaylaştırmaktır. Vlan yapısı hakkında daha detaylı bilgi için bkz[12]. Şekil 4’de gösterilen ağ iletişim cihazı SW1 altındaki c1 kullanıcısı ile SW3 altındaki c6 kullanıcısı aynı yerel ağ grubuna dahil edilebilir veya SW1 altındaki c1 ve c2 kullanıcıları birbirinden izole edilebilir.

### Senaryo 3: Yedekli ve Yük Paylaşımli Geniş Alan Ağı

Bu senaryoda, yönlendirme protokolleri uygulamaları (RIP, EIGRP, OSPF) ile birlikte Yönlendirici Yedekleme Protokolleri (HSRP,VRRP) ele alınmıştır. Oluşturulan senaryonun temel amacı oluşabilecek yönlendirici sorunlarına karşı yedekli bir ağ oluşturmak ve de iletişimin kopmamasını sağlamaktır. Yüksek güvenilirlik beklenen geniş alan ağlarında (WAN); HSRP, VRRP

gibi yönlendirici yedekleme protokollerini kullanmak oluşabilecek sorunlara karşı alınacak en iyi tedbirlerden birisidir. Oluşturulan sanal lab ortamında önceden sunulan ağ yapısı üzerinde öğrencilerden gerekli ayarları yapmaları ve topolojiyi çalışır duruma getirmeleri istenecektir. Örnek çizim Şekil 5’de gösterilmiştir.

### **4. Sonuç ve Öneriler**

Bu çalışma ile bilgisayar ağları eğitiminin daha etkin gerçekleştirilmesi konusunda öneriler verilmiştir. Emülasyon tabanlı gerçekçi bir lab ortamı sunulmuştur.

Fiziksel cihaz kullanımı yerine emülasyon ortamının kullanılmasıyla her öğrenciye bir veya birden fazla ağ cihazı ile çalışma olanağı sağlanabilmektedir. Bunun yanı sıra, lab cihazları arasındaki kablolanmanın yapılması için harcanan süre de ortadan kalmaktadır. Bu da daha kısa sürede farklı topolojilere sahip farklı senaryoların uygulamalarının yapılmasını sağlamaktadır.

Bu çalışmada, uygulanabilecek senaryolara örnekler verilmiştir. Bu senaryoların

çeşitlendirilerek Bilgisayar Ağları, İleri Bilgisayar Ağları ve Ağ Güvenliği derslerinde kullanılması hedeflenmektedir. Çalışmalarımıza Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi'nde oluşturduğumuz MSKU Bilgisayar Ağları ve Güvenliği Laboratuvarının (NetSecLab) web sayfasından (<http://netseclab.mu.edu.tr>) ulaşabilirsiniz.

## 5. Kaynaklar

[1] Karaarslan E. , “Siber Güvenlik Deneyleri için Ağ Benzetici ve Ağ Sınama Ortamlarının Kullanımına Dair Ön İnceleme”, **TBV Bilişim Vakfı Bilgisayar Bilimleri ve Mühendisliği Dergisi**, sayı 5, Sayfa 23-32 (2013)

[2] Ammar, M., “Why We STILL Don't Know How to Simulate Networks”, **13th IEEE International Symposium on Modeling, Analysis, and Simulation of Computer and Telecommunication Systems**, 179-179. IEEE. doi: 10.1109/MASCOTS.2005.76, (2005).

[3] Dynamips, <http://en.wikipedia.org/wiki/Dynamips>

[4] VirtualBox, <http://en.wikipedia.org/wiki/VirtualBox>

[5] QEMU (‘short for Quick EMUlator’), <http://en.wikipedia.org/wiki/QEMU>

[6] Additional Performance Suggestions for GNS3, <https://community.gns3.com/docs/DOC-1708>

[7] Connecting GNS3 to Real Networks: Physical Networking with GNS3, <http://www.smartptricks.com/2014/06/connecting-gns3-real-networks.html>

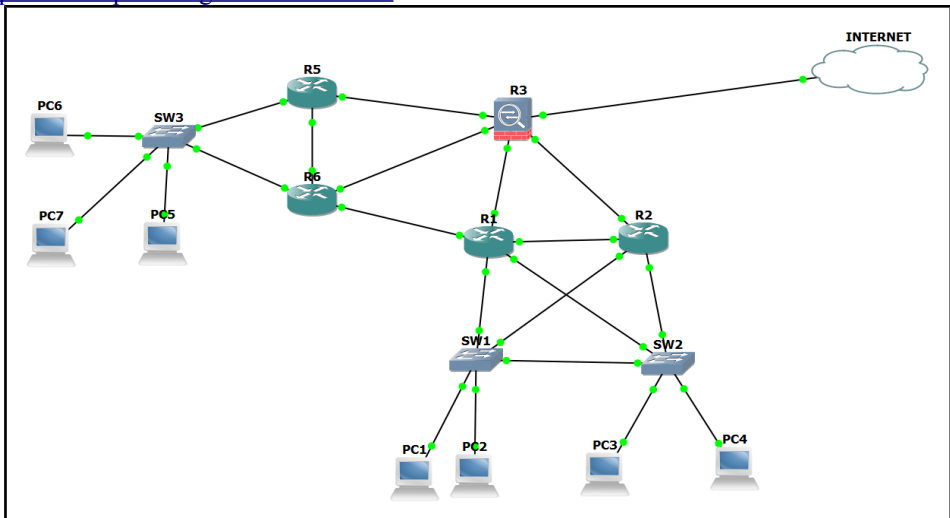
[8] GNS3 1.2.1 installation on Ubuntu, <http://www.firstdigest.com/2014/12/gns3-1-2-1-installation-on-ubuntu-14-04/>

[9] Hardware emulated by GNS3, <https://community.gns3.com/docs/DOC-1708>

[10] How to Calculate Idle PC Value in GNS3, <http://www.smartptricks.com/2014/05/calculate-idle-pc-value-in-gns3.html>

[11] Hierarchical internetworking model, [http://en.wikipedia.org/wiki/Hierarchical\\_internetworking\\_model](http://en.wikipedia.org/wiki/Hierarchical_internetworking_model)

[12] Virtual Lan (Sanal Yerel Alan Ağı), [http://tr.wikipedia.org/wiki/Virtual\\_LAN](http://tr.wikipedia.org/wiki/Virtual_LAN)



Şekil 5. Yedekli Bir Geniş Alan Ağı Örneği