

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
ELEKTRİK-ELEKTRONİK FAKÜLTESİ**

**TELSİZ ÖRGÜSEL AĞ TASARIMI,
GERÇEKLENMESİ ve YÖNETİMİ**

Bitirme Ödevi

**Beycan Kahraman
040020337**

**Bölüm: Bilgisayar Mühendisliği
Anabilim Dalı: Bilgisayar Bilimleri**

Danışman: Öğr. Gör. H. Turgut Uyar

Mayıs 2007

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
ELEKTRİK-ELEKTRONİK FAKÜLTESİ**

**TELSİZ ÖRGÜSEL AĞ TASARIMI,
GERÇEKLENMESİ ve YÖNETİMİ**

Bitirme Ödevi

**Beycan Kahraman
040020337**

**Bölüm: Bilgisayar Mühendisliği
Anabilim Dalı: Bilgisayar Bilimleri**

Danışman: Öğr. Gör. H. Turgut Uyar

Mayıs 2007

Önsöz

Bitirme ödevim boyunca benden bilgilerini ve zamanını esirgemeyen değerli hocam Sayın Öğr. Gör. Turgut Uyar'a sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Projenin telekomünikasyon ve araştırma kısmında ağırlıklı olarak görev alan proje arkadaşım Telekomünikasyon Mühendisliği öğrencisi Hasan Gümüş'e katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Projenin birçok kısmında danıştığımız ve karşılaştığımız problemlere çözüm yolları öneren değerli hocam Sayın Asis. Prof. Dr. Selçuk Parker'e teşekkür ederim.

Ayrıca, tüm üniversite hayatım boyunca maddi ve manevi destekleri olan, başta ailem olmak üzere tüm arkadaşlarıma sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Beycan Kahraman
Mayıs 2007

Özgünlük Bildirisi

1. Bu çalışmada, başka kaynaklardan yapılan tüm alıntılar, ilgili kaynaklar referans gösterilerek açıkça belirtildiğini,
2. Alıntılar dışındaki bölümlerin, özellikle projenin ana konusunu oluşturan teorik çalışmaların ve yazılım/donanımın benim tarafımdan yapıldığını bildiririm.

İstanbul, 23.05.2007

Beycan Kahraman



Kısaltmalar

WiMesh	: Wireless Mesh Network
AP	: Access Point
STA	: Station
LAN	: Local Area Network
WAN	: Wide Area Network
MAC	: Medium Access Control
DNS	: Domain Name Server
DHCP	: Dynamic Host Control Protocol
SSID	: Service Set Identifier
SNMP	: Simple Network Management Protocol
MIB	: Management Information Base
OID	: Object Identifier

Tablo Listesi

Tablo 2.1:	MIB(Management Information Base) ana kategorileri	9
Tablo 2.2:	TELNET opsiyon kodları	17
Tablo 2.3:	TELNET komut kodları	18

Şekil Listesi

Şekil 1.1 :	Tek kanaldan çalışan örgüsel ağ yapısı	4
Şekil 1.2 :	Çift kanaldan çalışan örgüsel ağ yapısı	4
Şekil 1.3 :	Telsiz köprü cihazları ve görevi	5
Şekil 2.1 :	SNMP'nin temel bileşenleri ve çalışma düzeni	8
Şekil 2.2 :	SNMP'de MIB'in hiyerarşik yapısı	10
Şekil 2.3 :	SNMP yönetici ile ajan arasında iletişim	12
Şekil 2.4 :	TELNET çalışma düzeni	15
Şekil 2.5 :	TELNET Müzakereleri	16
Şekil 2.6 :	TELNET komut yapısı	18
Şekil 3.1 :	İlk tasarlanmak istenen örgüsel ağ yapısı.....	19
Şekil 3.2 :	Kardeş AP'lerin LAN-LAN bağlantı konfigürasyonu	23
Şekil 3.3 :	Kardeş AP'lerin WAN-LAN bağlantı konfigürasyonu	24
Şekil 3.4 :	Kardeş AP'lerin WAN-WAN bağlantı konfigürasyonu	25
Şekil 3.5 :	Tüm ağda iki frekans kanalı kullanılması durumu	26
Şekil 3.6 :	Tüm ağda üç frekans kanalı kullanılması durumu	27
Şekil 3.7 :	Kurulan telsiz örgüsel ağın konfigürasyonu	28
Şekil 3.8 :	Telsiz örgüsel ağa merkezi yöneticinin eklenmesi	30
Şekil 3.9 :	SNMP'de bant genişliğini ölçmek için kullanılan MIB değişkenleri	31
Şekil 3.10 :	SNMP'de bant genişliğini ölçmek için formüller	32
Şekil 4.1 :	Program Akış Diyagramı	39
Şekil 4.2 :	Ağ izleme ve yönetim programı arayüzü	40

TELSİZ ÖRGÜSEL AĞ TASARIMI, GERÇEKLENMESİ ve YÖNETİMİ

(ÖZET)

Projede, telsiz ağlardan biri olan WiFi (802.11a/b/g)'da ağın kapsama alanını genişletmek için son zamanların önemli bir araştırma konusu olan telsiz örgüsel ağ yapısı gerçekleştirilmiştir. Telsiz örgüsel ağ desteği olan bu ürünlerin tek radyoluları olduğu gibi, elektromanyetik dalga girişimini azaltarak ağ trafiğinin daha etkin kullanılmasını sağlamak için çift radyolu modelleri de vardır. Bu projede amaçlanan işte bu ticari ürünleri mevcut standart WiFi cihazlarını kullanarak gerçekleştirmektir.

Alternatif telsiz örgüsel ağ tasarımı, ağın kurulması için cihazlara gerekli konfigürasyonun yapılması, ağ kaynaklarının verimli kullanılması için yönlendirme protokolünün optimize edilmesi ve ağın yönetimi ve görüntülenmesi için bir yazılımın oluşturulması basamaklarından oluşması planlanmıştır.

Birinci bölümde, WiFi(802.11a/b/g) standardı, telsiz örgüsel ağ çeşitleri ve ağın kurulmasında kullanılan iletişim teknolojileri hakkında genel bilgi verilmiştir.

İkinci bölümde, ağ yönetim ve görüntüleme programı ile WiFi cihazlara erişmek için kullanılan SNMP ve TELNET protokolleri hakkında detaylı bilgi verilmiştir.

Üçüncü bölümde projenin tüm basamakları ayrıntılı olarak ele alınmıştır. Ağın kurulma senaryoları, denemeleri ve ağın yapılandırma ayarları hakkında bilgi bulunmaktadır. Projede kullanılan cihazların yetenekleri ve bu cihazlara erişim için kullanılan protokollerin ağ yönetim yazılımındaki uygulamaları ile ilgili bilgiler verilmiştir.

Son bölüm olan dördüncü bölümde ise araştırma aşamasından, ağın kurulmasına ve yazılımın oluşturulmasına kadar tüm safhaların genel bir değerlendirmesi yapılmıştır. Yazılım da karşılaşılan sorunlar, çözüm yolları ve geliştirme için tavsiyeler bulunmaktadır.

WIRELESS MESH NETWORK DESIGN, IMPLEMENTATION AND MANAGEMENT

(SUMMARY)

Communication and network technologies have developed significantly for 20-30 years. Wireless communication networks began to take place of reliable and fast wired networks thanks to researches on wireless data transfer issue and new developed transmission techniques. Today, both personal wireless networks like WiFi, Bluetooth and commercial networks like GSM, Wimax are widely used. Demand on using wireless networks has been increased as it becomes fast and reliable; however its covering range is still not enough. So there occurs a need of alternative techniques to deal with covering range insufficiency.

Networks are becoming more important, data speeds and volumes are increasing and networks are becoming more and more heterogeneous. Professional Network monitoring can help to analyse and predict problems (and increase availability) [15].

In this Project, Wireless Mesh Network is designed to extend the covering range of WiFi networks, which is one of the wireless networks used today. Wireless Mesh Networks is the structure that many WiFi devices can communicate wirelessly. Some of the commercial WiMesh devices which support wireless mesh networking are actually simply modified WiFi devices that are capable of networking with each other. Those devices fall into two groups according to their number of radios. WiMesh devices that are equipped with two radios are less vulnerable to signal interference, thus the network traffic is used efficiently. Although comparing the complexities, those devices do not differ so much from the standard WiFi devices, their prices are 10s times higher. Considering the mentioned issue, the main purpose of this project is defined to find and implement an alternative wireless mesh network using standard WiFi devices.

Alternative wireless mesh network design project is planned to be handled by realizing some steps as configuring devices for network, optimizing routing protocol in order to use network resources efficiently and implementing software to monitor and manage network.

In the first chapter, a brief introduction to WiFi(802.11a/b/g) standard, wireless mesh network types and wireless communication technologies that are used to establish network, is held. All 802.11, 802.11b, 802.11g, 802.11a standards are explained in details. Then a detailed explanation about wireless mesh networks is described.

In the second chapter, SNMP and TELNET protocols are introduced. They are used to access WiFi devices in order to get required information for network monitoring and management program.

In this chapter, a brief information is given about SNMP and TELNET communication protocols. Their versions and main components are described.

In SNMP part, Management Information Base is introduced and the usage of MIB is described as a collection of managed objects residing in a virtual information store. Collections of related managed objects are defined in specific MIB modules. In addition, a MIB can be depicted as an abstract tree with an unnamed root. Individual data items make up the leaves of the tree. IDs uniquely identify or name MIB objects in the tree. Object IDs are like telephone numbers; they are organized hierarchically with specific digits assigned by different organizations [16].

On the other hand, in Telnet part, telnet protocol base is described. It is best understood in the context of a user with a simple terminal using the local telnet program (known as the client program) to run a login session on a remote computer where his communications needs are handled by a telnet server program. Communication is established using the TCP/IP protocols and communication is based on a set of facilities known as a Network Virtual Terminal (NVT) [17]. After these basic definitions telnet command structure is given in detail.

In the third chapter, projects steps are explained in detail. Different network scenarios, establishments and configuration of network issues can be found under this chapter. Beside this, capabilities of devices that are used in established network and protocols that are used to access these devices are widely described.

Different types of configuration that could be used are described in this chapter. One way to categorize the different types of computer network designs is by their scope or scale. For historical reasons, the networking industry refers to nearly every type of design as some kind of area network [18]. We give information about how to change modem firmware. In addition to these, remote controlling systems are described.

In the forth and the last chapter, there is an evaluation of the whole project phases from research phase through establishment of the network and implementing software. There is also some notes on problems occurred in software implementation. Solutions to these problems and recommendations for future development are stated. Usage areas of wireless mesh networks are listed and some information is given about designed network performance measures.

In addition to software evaluation phase, the software development process is explained in the last chapter. The explanations about the development environments, data structures and variables, program flow and conclusion are explained in details in last chapter. In conclusion part, we have evaluated the project results.

İÇİNDEKİLER

Kısaltmalar.....	III
Tablo Listesi.....	IV
Şekil Listesi	V
Özet.....	VI
Summary.....	VII
1. GİRİŞ.....	1
1.1. WiFi, 802.11a/b/g standartları	1
1.1.1. 802.11.....	2
1.1.2. 802.11b.....	2
1.1.3. 802.11g.....	2
1.1.3. 802.11a.....	3
1.2. Telsiz örgüsel ağ çeşitleri.....	3
1.3. Telsiz köprü.....	3
2. SNMP ve TELNET PROTOKOLLERİ.....	7
2.1. SNMP(Simple Network Management Protocol)	7
2.1.1. SNMP tanımı ve versiyonları.....	7
2.1.2. SNMP'nin temel bileşenleri.....	7
2.1.3. SNMP yönetim bilgi tabanı(MIB)	9
2.1.4. SNMP'nin kullanımı.....	11
2.2. Telnet.....	13
2.2.1. Telnet tanımı ve kullanımı.....	13
2.2.2. Telnet protokolünün temelleri.....	14
2.2.3. Telnet Komutları.....	18
3. TELSİZ ÖRGÜSEL AĞ TASARIMI.....	19
3.1. Kardeş AP'lerin bağlantı düzeni.....	22
3.1.1. LAN-LAN bağlantısı.....	22
3.1.2. WAN-LAN bağlantısı.....	23
3.1.3. WAN-WAN bağlantısı.....	24
3.1.4. Seçilen bağlantı tipi Listesi.....	25
3.2. Kardeş AP gruplarının telsiz bağlantı düzeni.....	26

3.2.1. İki frekans kanalıyla kurulan ağ yapısı.....	26
3.2.2. Üç frekans kanalıyla kurulan ağ yapısı.....	26
3.2.3. Seçilen telsiz bağlantı tipi ve ağın kurulması.....	27
3.3. Kardeş AP'ler arası ortak karar mekanizmasının kurulması.....	29
3.3.1. Cihazların firmware'ını değiştirme.....	29
3.3.2. Uzaktan merkezi kontrol.....	30
3.4. Yönlendirme algoritmasının oluşturulması ve kodlanması.....	31
3.5. Telsiz örgüsel ağın kurulması ve programının oluşturulması.....	32
4. YAZILIM ve SONUÇLAR.....	34
4.1 Yazılım.....	34
4.1.1. Ön Bilgilendirme.....	34
4.1.2. Geliştirme ve Çalıştırma Ortamları.....	36
4.1.3. Veri Yapıları ve Değişkenler.....	36
4.1.4. Program Akışı.....	39
4.1.5. Program Çalıştırılması ve Çıktısı.....	40
4.2 Sonuçlar ve Tartışma.....	41
Kaynaklar.....	44

1. GİRİŞ

Çalışma hayatının, ister akademik ister iş ile ilgili olsun, her gün daha çok bilgisayar ve enformasyon teknolojilerine dayanması hareket esnekliği ihtiyacını da beraberinde getirmiştir. İş ve akademik yaşantının bir gereği olarak insanlar bilgiye her an her yerde erişebilmek istemektedirler. Telsiz bilgisayar ağı uygulamaları tam da bu ihtiyaca cevap verecek uygulamalardır. Aynı durum, çalışma hayatında olduğu kadar özel hayatında mobilite arayanlar için de son zamanlarda vazgeçilmez olmuştur.

Telsiz iletişim alanındaki gelişmeler öylesine hızlı ilerlemektedir ki günümüzdeki kullanım oranlarına baktığımızda, gelecekte kablolu hayatı tamamen terk edeceğimizi görebiliriz. Telekomünikasyon alanındaki yoğun araştırmalar daha efektif modülasyon tekniklerini ve çözüm yollarını doğurmaktadır. Bunun sonucu olarak da yeni standartlaşan bir teknoloji yaygınlaşmadan daha etkili olanlar çıkmaktadır.

1.1 WiFi, 802.11 a/b/g standartları

WiFi teknolojisi son yılların en popüler ve en yaygın kullanılan kişisel, ticari olmayan telsiz iletişim standardıdır. Wi-Fi dizüstü bilgisayarlar, PDA'lar ve diğer taşınabilir cihazların yakınlarındaki telsiz erişim noktalarının da aracılığıyla yerel alan ağına bağlanabilmesini sağlar. Bağlantı, telsiz erişim noktalarında ve cihazın ortak desteklediği, IEEE 802.11 protokolüne bağlı olarak 2.4 GHz veya 5 GHz radyo frekansında gerçekleştirilir. WiFi, "Wireless Fidelity" kelimelerinin kısaltması olup telsiz bağlantı anlamına gelir. WiFi ürünlerin telsiz bağlantı sağlayabildiğini gösteren bir uyumluluk göstergesidir ve IEEE 802.11a, IEEE 802.11b, IEEE 802.11g ve IEEE 802.11n standartlarına göre belirlenir [1].

1.1.1 802.11

802.11 standardı Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) tarafından 1997 yılında çıkarılmış bir standarddır. 802.11 standardına uygun çıkarılan ürünler Amerika'da ISM (Industry, Science, Medicine) olarak anılan, ülkemizde de lisanssız olarak kullanılabilen bir bant olan 2.4 Ghz'de çalışmakta ve 1 Mbps'den 2 Mbps'e kadar varan paylaşımlı veri transfer hızına erişebilmektedir. 802.11, 2.4 Ghz bandında FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum) modülasyon tekniğini kullanmakta ve bu teknik ile 2 Mbps veri iletişim hızına ulaşılabilenmektedir. 802.11 kısıtlı bant genişliğine rağmen sağlam ve güvenli bir sistem altyapısı sağlamaktadır: tüm bant genişliği kullanıldığı ve frekans atlama tekniği kullanıldığı için gürültü ve girişimden etkilenme olasılığı oldukça azalmaktadır.

1.1.2 802.11b

802.11b ise yine 2.4 Ghz frekans bandında DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum) modülasyon tekniği ile 11 Mbps paylaşımlı bant genişliğine kadar çıkabilmektedir. 802.11'den daha çok bant genişliği vaat etmesine rağmen, sistem aynı frekansta çalışan diğer sistemlerle oluşabilecek parazitten etkilenme olasılığına sahiptir. Bu modülasyon tekniğinin kullanıldığı sistemlerde aynı kapsama alanı içinde 3 ayrı kanalda eş zamanlı 3 ayrı erişim noktası (access point-AP) kullanılabilmektedir.

802.11b'de 2.4'den 2.4835 frekans bandında eşzamanlı operasyon için 3 kanal mevcuttur (bu aralıkta belirlenen 11 merkez frekans vardır: 2.412, 2.417, 2.422, 2.427, 2.432, 2.437, 2.442, 2.447, 2.452 ve 2.462 ancak aktif kanallar arasında 25Mhz boşluk gerekli olduğu için genellikle 3 kanal eşzamanlı olarak kullanılabilmektedir; daha fazla kanal kullanıldığı zaman girişim ve gürültü olasılığı yüksektir.

1.1.3 802.11g

2003 yılında duyurulan 802.11g standardı 802.11b gibi 2.4Ghz frekans bandında çalışmaktadır. Ancak 54Mbit/s veri hızına sahiptir. Ek yükler çıkarıldıktan kapasite (throughput) 19Mbit/s a düşmektedir. 802.11a ya benzer şekilde OFDM kullanılmaktadır. 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, ve 54Mb/s veri aktarım hızlarında çalışabilmekte ve 14 ayrı kanalı bulunmaktadır.

1.1.4 802.11a

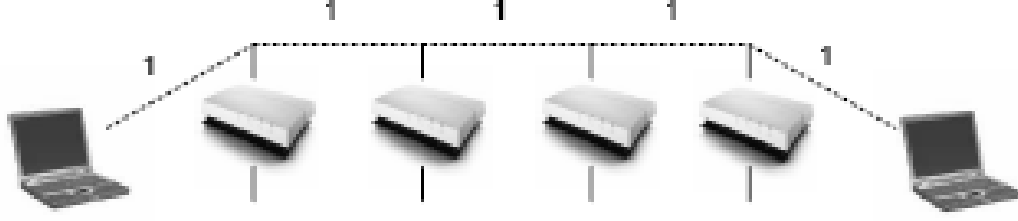
802.11a'da ise 5 Ghz spectrumunun Amerika Birleşik Devletleri'nde kullanılan iki alt bandında (5.15-5.25 ve 5.25-5.35 GHz) eşzamanlı operasyon için 8 kanal mevcuttur. Her biri 20 Mhz genişliğinde olan ve 5 adet taşıyıcı sinyal destekleyebilen bu 8 kanalın merkez noktaları 5.18, 5.2, 5.22, 5.24, 5.26, 5.28, 5.30 ve 5.32'dir. Varolan kanallardan bağımsız olarak 802.11a herhangi tek bir kanalı herhangi bir zamanda kullanabilir. Ve eğer birden fazla erişim noktası varsa çok daha fazla sayıda eşzamanlı kullanıcı desteklenebilir.

802.11a'nın 802.11b'den bir diğer farkı da modülasyon tekniği olarak Dikey Frekans Bölmeli Çoğullama (Orthogonal Frequency Division Multiplexing - OFDM) kullanmasıdır. OFDM radyo dalgaları üzerinden büyük miktarda veri transferi yapmak için kullanılan bir frekans bölmeli çoğullama (fdm – frequency division multiplexing) modülasyon tekniğidir. OFDM radyo sinyalini daha küçük alt sinyallere bölüp aynı anda farklı frekanslarda alıcıya gönderme yöntemi ile çalışır. OFDM sinyal iletiminde meydana gelen çapraz karışmayı azaltan ve çoklu-yol gecikme yayılmasına ve kanal gürültüsüne tolerans tanıyan bir yöntemdir. Bu yüzden pek çok telsiz uygulama için oldukça uygundur.

802.11a/b/g standardı hakkında bilinmesi gereken diğer bir konu ise bu standartta haberleşen tüm cihazların CSMA/CA denilen bir ortam erişim kontrol mekanizmasına sahip olmasıdır. CSMA/CA yöntemine göre bir AP ya da STA herhangi bir kanaldan yayın yaparken bu kanaldan iletişim kuran tüm cihazların o anda konuşan cihazın susmasını bekler. Bu işleyiş kablolu sistemlerde kullanılan CSMA/CD ye göre işleyiş zamanı açısından daha uzun gecikmelere neden olmaktadır.

1.2 Telsiz Örgüsel Ağ Çeşitleri:

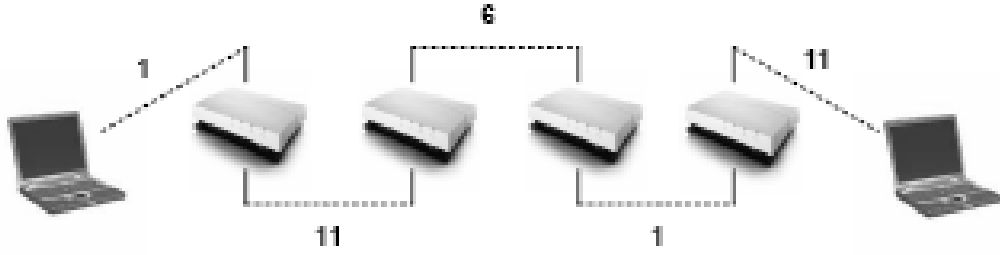
Telsiz örgüsel ağlar günümüzde 2 şekilde gerçekleştirilebilmektedir. Bunlardan ilki tüm AP'lerin aynı kanalı kullandığı çözümdür. Örneğin tüm cihazların 1. kanal üzerinden haberleşmesi gibi. Bu durumda AP'lerin içinde tek bir radyo bulunması yeterlidir. Ancak bu düzende CSMA/CA ortam erişim kontrolü kullanılmasından dolayı bir anda tek bir cihaz konuşabilir. Bu yöntem her ne kadar verimli olmasa da gerçekleştirilebilecek telsiz örgüsel ağ modelleri arasındadır. Tek kanal kullanmanın faydası ise piyasa da ucuz fiyatlara bulabileceğimiz AP'ler ile kolaylıkla gerçekleştirilebilmesidir. Tek kanaldan çalışan örgüsel ağ yapısı Şekil 1.1 de gösterilmiştir [1].



Şekil 1.1: Tek kanaldan çalışan örgüsel ağ yapısı

Yukarıdaki şekilde görüldüğü gibi tüm AP'ler 1 kanalını kullanarak haberleşmektedirler.

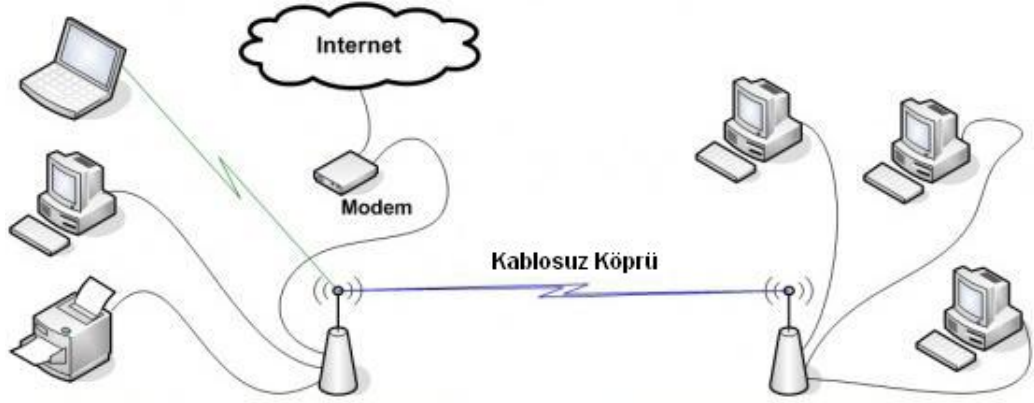
Telsiz örgüsel ağlar için mevcut olan ikinci bir çözüm ise her AP'de 2 radyo kullanılmasıdır. Her bir radyo farklı kanallarda iletişim yapabileceği için ikisi eşzamanlı olarak çalışabilmektedir. Mesela birinci radyo komşu AP'den bir istek alırken ikinci radyo başka bir komşu AP'ye istek gönderebilir ya da alabilir[1], [2]. Bu sayede maksimum veri transfer oranı da artırılmış olur. 2 kanaldan çalışan örgüsel ağ yapısı Şekil 1.2 de gösterilmiştir.



Şekil 1.2: Çift kanaldan çalışan örgüsel ağ yapısı

1.3 Telsiz Köprü

802.11 standardı telsiz köprü tanımını özel olarak ele almamıştır. Bazı üreticiler telsiz köprü'nün (wireless bridge) erişim noktasından (Access point) farklı olduğunu söylemektedirler [3]. Endüstriyel tanıma göre köprü, OSI referans modelinin veri bağlantı katmanı aynı ya da farklı olan ağları birbirine bağlayan cihazdır [4]. Köprüler yıllardır özellikle kablolu ağlarda kullanılmaktadır. Aşağıdaki şekil 1.3'te telsiz köprü cihazları ve görevi resmedilmiştir.



Şekil 1.3: Telsiz köprü cihazları ve görevi

LAN köprüleri sahip oldukları portlar sayesinde 2 veya daha fazla ayrı LAN'ı bağlamaktadırlar. Bir portundan aldığı paketleri diğer portundan iletmektedir. Köprülerin bir diğer fonksiyonu ise LAN segmentlerini birbirinden ayırarak girişimi engellemektedir [5].

Erişim noktası(AP) bir telsiz ağdaki 802.11 cihazlarını bağlarken, telsiz köprü ayrı telsiz ağları birbirine 802.11 standardına göre telsiz bağlantı ile bağlar. Köprüler OSI referans modelinin 2. katmanı olan veri bağlantı katmanında çalışmakta ve birbirlerini MAC(Media Access Control) adreslerinden tanımaktadırlar. Telsiz köprüler çok karmaşık olmayan yapılar olduğu için son zamanlarda erişim noktaları içinde entegre olarak bulunmaktadır. Telsiz köprü özelliğini destekleyen AP'lerde bu özelliği kullanarak birden fazla AP'yi bağlamak için aşağıdaki konfigürasyon ayarları yapılmalıdır [5].

- Bir AP'nin telsiz ağ adaptörünün MAC adresi köprü modunda bağlanacağı tüm AP'ler tarafından bilinmelidir. Bunun için köprü olarak çalışan WiFi cihazlarda, bağlantı kuracağı diğer WiFi cihazların telsiz adaptörünün MAC adresi, kendi MAC adres listesine eklenmelidir [6].
- Telsiz köprüler dışarıya karşı tek bir ağ gibi görüneceği için SSID'leri (Service Set Identifier) aynı verilmelidir.
- Telsiz olarak bağlanacak köprülerin birbirini duyabilmesi için hepsinin aynı 802.11 standardında ve frekans kanalında çalışması gerekmektedir. Örneğin 802.11b standardında ve 11. kanalda çalışmalıdırlar.
- Köprü modunda bağlı tüm cihazların IP adresleri aynı ağda olmalıdır. Örneğin biri 192.168.1.1/24 iken diğeri 192.168.1.2 seçilmelidir.

Bu konfigürasyon yapıldıktan sonra WiFi cihaz köprü modunda çalışmaya hazırolur. Son zamanlarda telsiz köprü desteği olan cihazlar, sadece AP, sadece köprü özelliğini desteklediği gibi bazı modellerde hem AP hem köprü modunda çalışabilmektedir.

2. SNMP ve TELNET PROTOKOLLERİ

SNMP ve Telnet ağ cihazlarına bağlanıp gerekli konfigürasyon değişikliklerini yapabilmek için kullanılan protokollerdir [2].

2.1 SNMP(Simple Network Management Protocol)

2.1.1 SNMP tanımı ve versiyonları

Basit Ağ Yönetimi Protokolü adıyla literatüre giren ve 80'lerde tasarlanan SNMP'nin ilk baştaki amacı farklı türden iletişim ağlarının işletiminin, iletişim ağı'nda çok küçük gerilmelere neden olabilecek basit bir tasarımla işletilmesiydi. Ancak kısa sürede yüksek kullanım oranlarına ulaşmış ve yeterlilik ve güvenlik gibi eksik yönlerinin giderilmesiyle genel kabul görür hale gelmiştir. Günümüzde SNMP'den daha kolay öğrenilebilen ve daha az karmaşık protokoller(CMIP, RMON) mevcut olduğu halde SNMP yoğun olarak kullanılmaktadır. Günümüzde kullanımda olan SNMPv1, SNMPv2, SNMPv3 olmak üzere 3 tane SNMP sürümü mevcuttur.

İlk SNMP versiyonu olan SNMPv1 en yaygın olarak kullanılan ve genelde cihazlarda desteğinin bulunduğu bir sürümdür. Ancak birçok uygulamasında zayıflık olduğu CERT'in raporlarında belirtilmiştir. SNMPv2 denilen yeni bir tür geliştirildi. Bu, gerçek protokolün güvenlik eksiğine hitap ediyor ve gizlilik, doğruluk üzerine odaklanıp kontrolü sağlıyor. Ayrıca daha karışık değişken belirtimlerine izin veriyor ve farklı güdümleri ihtiva ediyor. SNMPv2'nin sorunu ise SNMPv1'in aksine hala kabul edilmiş bir ölçüt olmayışındır. SNMPv3'ün geliştirilmesi önceki versiyonlarda mevcut olan güvenlik sorunlarıdır. SNMP'ye USM ve VACM adında güvenlik standartları yetkinliği getirmiştir.

2.1.2 SNMP'nin Temel Bileşenleri

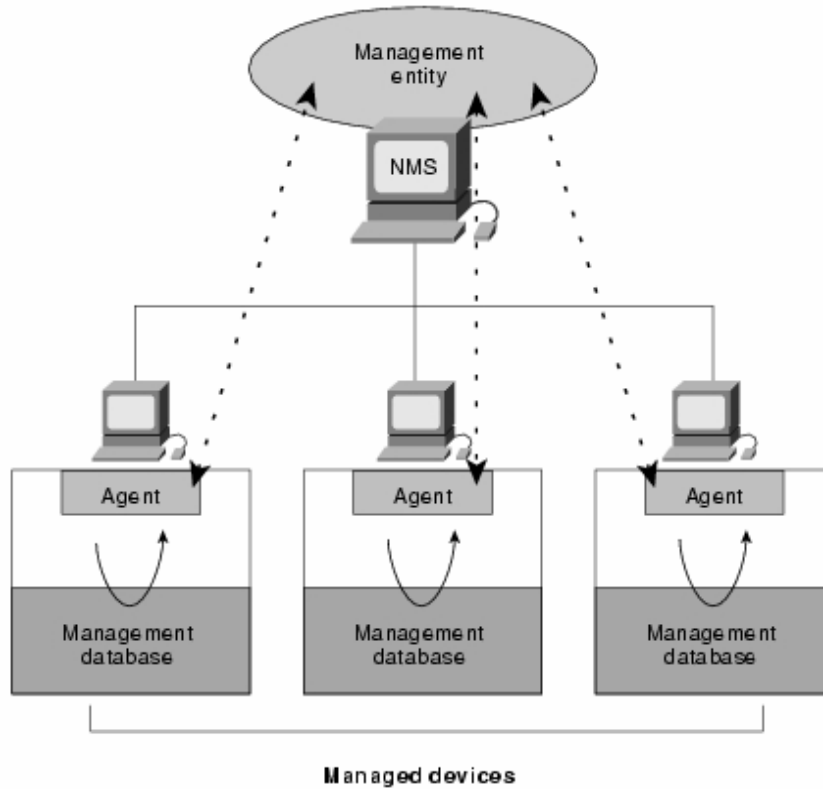
SNMP OSI referans modeline baktığımızda, ağ cihazlarında yönetimsel bilgi alışverişinin sağlanması için oluşturulmuş bir uygulama katmanı protokolüdür. TCP/IP protokolünün bir parçası olan SNMP; ağ yöneticilerinin ağ performansını arttırması, ağ problemlerini

bulup çözmesi ve ağlardaki genişleme için planlama yapabilmesine olanak sağlar. Cihaz üzerindeki sıcaklıktan, cihaza bağlı kullanıcılara, internet bağlantı hızından sistem çalışma süresine kadar çeşitli bilgiler SNMP'de tanımlanmış ağaç yapısı içinde tutulurlar. SNMP temel olarak 3 bileşenden oluşur.

Ajan (Agent): SNMP hizmetini cihaz üzerinde çalıştırıp gerekli bilgileri kayıtlı tutarak yönetici birime aktaran veya yönetici birimden gelen değişikliği cihaza uygulayan uygulamadır. Ajan denetim altında tutulan ya da yönetilen iletişim ağı düğümlerinden her birinde çalışan bir programdır. O, biçimlendirilmiş yapı içindeki öğelerin tümüne bir ara yüz sağlar. Bu öğeler, Yönetim Bilgi Tabanı (MIB) adını taşıyan ve daha sonra açıklanacak olan bir veri yapısı içinde depolanırlar. Bu, yönetilecek bilgiyi alıkoyduğu sürece sunumcu tarafı olup istemciden güdüm bekler.

Yönetici (Managed Device): Ajan uygulamadan ihtiyaç duyulan bilgileri alıp kullanıcıya gösterir ve kullanıcının değiştirmek istediği değerleri cihaza gönderir.

Ağ Yönetim Sistemi (NMS): Yönetici birimde çalışan ve bir ağa bağlı tüm cihazların izlenmesini ve yönetimini sağlayan uygulamaya verilen isimdir. Aşağıdaki Şekil 2.1 de, yukarıda tanımlanan bileşenler resmedilmiştir.



Şekil 2.1: SNMP'nin temel bileşenleri ve çalışma düzeni

2.1.3 SNMP Yönetim Bilgi Tabanı (MIB)

SNMP, protokol tarafından yönetilen bilgiye farklı bir ölçüt tanımlar. Bu ölçüt bilgiyi networkteki bir aygıt içinde korunan ve buradaki işlemlere izin verilmiş olarak tanımlar. Bilgi, bir ağaç yapısında inşa edilmiştir. Ve her değişkene ulaşmak için tek bir yol vardır. Yapılandırılmış bu ağaç Yönetim Bilgi Tabanı (Management Information Base) (MIB) olarak adlandırılır. Ve birçok RFC'de belgelendirilmiştir.

TCP/ IP 'in son sürümü MIB-II 'dır ve RFC-1213 olarak tanımlanır. Bilgiyi TCP/ IP aygıtları 8 kategoride sahip olabilecek şekilde böler. (Tablo 2.1 de görüldüğü gibi) Bu bilgide olan her değişken bu gruplardan birine girer.

Bilgileri	
sistem	Konak ya da yolverici işletim sistem bilgileri
arayüzler	İletişim ağı arayüzleri bilgileri
adres-çevirisi	Adres çeviri bilgileri
ip	IP Antlaşma Bilgileri
icmp	ICMP Antlaşma Bilgileri
tcp	TCP Antlaşma Bilgileri
udp	UDP Antlaşma Bilgileri
egp	Dış Geçityolu Antlaşma Bilgileri

Tablo 2.1: MIB(Management Information Base) ana kategorileri

MIB'in belirli bir müfredat hakkındaki tanımı müfredatın sahip olduğu bilgiyi de özelleştirir. Genelde MIB'in müfredatı yalnız sayıları depolar fakat onlar dizileri veya tablolar gibi daha karışık yapıları da ihtiva eder. MIB'deki müfredat nesne(object) olarak da adlandırılır. Nesneler MIB ağacının yaprak boğumlarıdır, fakat bir nesne birden çok örneğe sahiptir. Mesela; bir tablo nesnesi. Bir object'in sahip olduğu değeri (value) bulmak için örnek sayısına sayı eklenir. Ne zaman ki bir object için bir örnek var olursa bu 0 örnek demektir.

Örneğin, interface kategorisindeki ifnumber nesnesi bir sayı içerir. Bu sayı bu aygıtta olan ve ayrıca interface numaralarını içeren bir sayıdır. Fakat IP kategorisinden ipRoutingTable nesnesi aygıtın takip edilecek çizelgesini içerir.

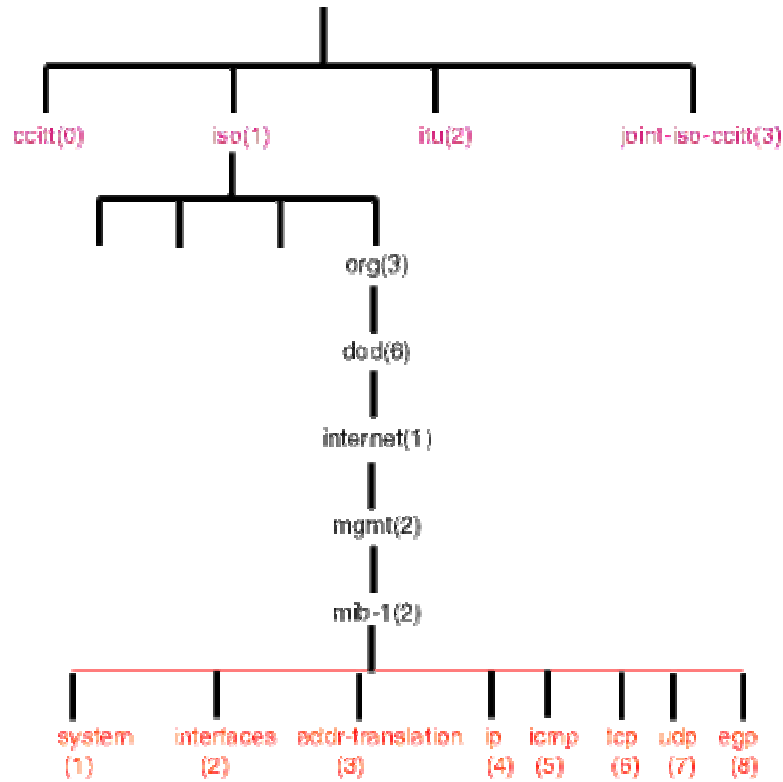
Bir nesnenin değerini (value) yeniden elde etmek için örneğin numarasını kullanmayı unutmayın. Bu halde ,bir takip edici (Router) içindeki interfaces sayısı ifNumber.0 adlı örnekle görülebilir.

Bir tablo nesnesi halinde; tablonun indeksi özel bir örneği belirtmek için son sayı gibi kullanılır (Tablonun sırası).

MIB değişkenini tanımlamak ve belirtmek için kullanılan bir başka ölçüte de yönetim bilgisinin yapısı denir. (Structure of management Information) (SIM). ISO dillerinden birinde yazılmış olan MIB değişkenlerini ASN.1 diye adlandırır. Bu değişkenlerin formunu ve içeriğini şüpheden uzak , açıklayıcı yapar.

ISO isim boşluğu diğer ölçüt kurumları için olan diğer ağaçlarla birlikte global isim boşluğu içerisinde. ISO isim boşluğuyla birlikte MIB bilgisi için özel bir ağaç vardır. Ağacın bu MIB tarafında bütün protokollerden ve uygulamalardan olan nesneler(object) için alan vardır. Böylece onların bütün bilgileri açıklayıcı bir şekilde temsil edilir.

Şekil 2.2'de TCP/ IP isim boşluğu IAB.'ın mgmt isim boşluğunun hemen altındadır. Ayrıca bu yapı her seviye için bir sayı da belirtir.



Şekil 2.2: SNMP'de MIB'in hiyerarşik yapısı

Nesnenin MIB'de olması için hemen hemen bütün yazılımın temsili noktaya (leading dot(root)) ihtiyaç duyduğunun bilinmesi önemlidir. Eğer leading dot 'ınız yoksa size iso.org.dod.internet.mgmt.mib-2. 'den farklı bir yol sunacaktır.

Bu halde "Interfaces" kategorisinden `ifnumber` nesnesi şöyle adlandırılır:

.iso.org.dod.internet.mgmt.mib-2.interfaces.ifnumber

veya sayısal eşdeğeri şöyledir:

.1.3.6.1.2.1.2.1 bu numaraya OID (Object Identifier) denir.

ve örnek olarak:

.iso.org.dod.internet.mgmt.mib-2.interfaces.ifnumber.0

ya da onun sayısal eşdeğeri şu şekildedir:

.1.3.6.1.2.1.2.1.0

Üreticiler yarattıkça eklenebilen MIB'ler bu ağaca eklenebilir ve uygun RFC'ler kurulabilir.

İkinci kısım ise SMI(Structure of Management Information)'dır. Bu kısım MIB'lerde tanımlanan değişkenlerin veri tiplerini belirler. Örneğin "counter" 32 bitlik unsigned bir sayaçtır. 4G'ye kadar sayar ve 0'a döner. SEQUENCE C dilindeki structure yapısı gibi bir yapıdır. STRING 8 bitlik karakterlerden oluşan bastırılabilen bilgidir.

2.1.4 SNMP'nin Kullanımı:

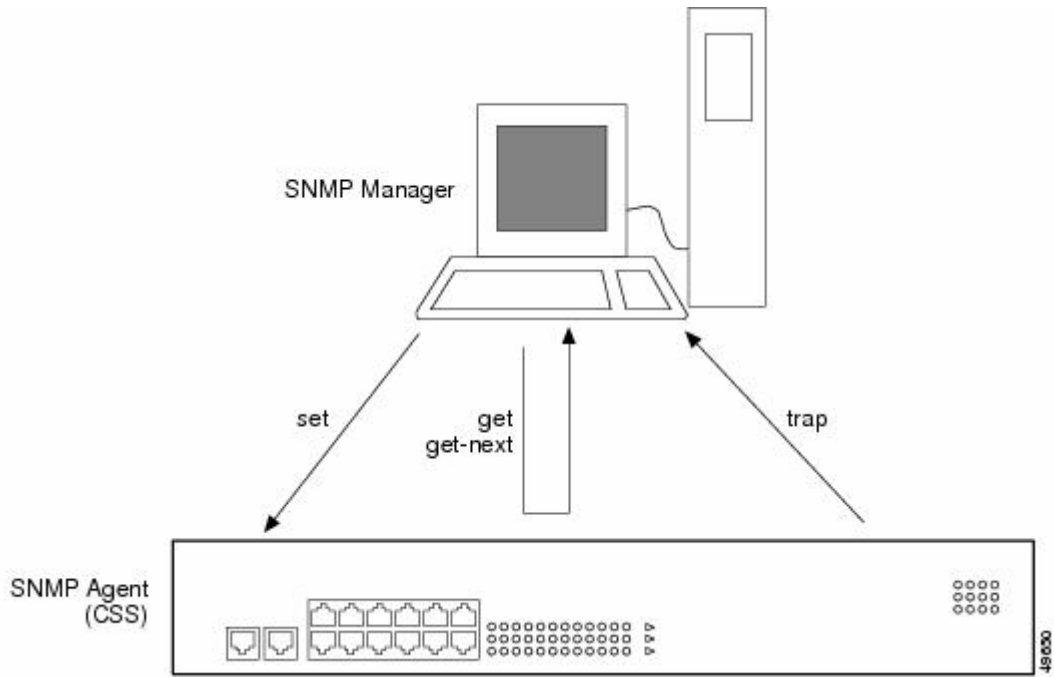
SNMP istek gönderme ve cevap bekleme ile çalışan bir protokoldür. Ağ yönetim sistemi uygulaması ajan uygulama çalıştıran cihaza ihtiyaç duyduğu bilginin isteğini gönderir ve isteği alan cihaz yönetim uygulamasına ilgili değeri döndürür. Burada UDP ve IP gibi geçmişten günümüze sıklıkla kullanılan iletişim protokollerinden birisi kullanılabilir. SNMP'de yönetim ve izleme SNMPv1 adı verilen ilk sürümünde sadece 4 çeşit işlemle gerçekleştirilir:

- **GET:** Yönetim sistemi tarafından yönetilen birimdeki bir veya daha fazla bilgi birimindeki değeri elde etmek için gönderilen istek komutudur.
- **GETNEXT:** Yönetim sisteminden bir bilgi tablosundaki sonraki değeri okumak için gönderilen istek komutudur.
- **SET:** Yönetim sisteminin yönettiği cihaz üzerinde bir değeri değiştirmek için kullandığı komuttur.
- **TRAP:** Üzerinde ajan uygulama çalışan cihazda belirli özel durumlar oluştuğunda bu durumu yönetim sistemine bildiren işlemdir. Diğer işlemlerden farklı olarak bu işlem için yönetim sisteminden herhangi bir istek gönderilmesi gerekmez.

SNMPv2 adı verilen ikinci sürüm ise ilk sürümün geliştirilmesi ile ortaya çıkarılmıştır. Örneğin iki yeni işlem ilave edilmiştir:

- **GETBULK:** Büyük boyutlu bilgilerin verimli şekilde elde edilmesi için yönetim sistemi tarafından gönderilen istek. Bu sayede tablolardan aynı anda birkaç sütun almak mümkün olmuştur.
- **INFORM:** Bir yönetim sisteminin diğer bir yönetim sistemini bilgilendirmek amacıyla kullandığı işlem.

SNMP yönetici ile ajan arasında yukarıda sayılan komutlar yoluyla sağlanan iletişim Şekil 2.3'ten açıkça anlaşılabilir.



Şekil 2.3: SNMP yönetici ile ajan arasında iletişim

Bunun yanı sıra MIB'ler için kullanılan bilgi saklama değişkenlerinin kapasitesi arttırılmıştır. Örneğin 32 bitlik sayaçların yanı sıra 64 bitlik sayaçlar kullanılmaya başlanmıştır. Her ne kadar bir geliştirilme ile ortaya çıkarılsa da bu iki sürüm birbiriyle uyumlu değildir. Ancak her iki sürümü destekleyen sistemler de mevcuttur.

2.2 TELNET

2.2.1 Telnet Tanımı ve Kullanımı

Telnet, Internet ağı üzerindeki çok kullanıcıli bir makineye uzaktaki başka bir makineden bağlanmak için geliştirilen bir TCP/IP protokolü ve bu işi yapan programlara verilen genel isimdir. Bağlanılan makineye girebilmek (login) için orada bir kullanıcı isminizin (user name) ve bağlantının gerçekleşebilmesi için bir telnet erişim programınızın olması gereklidir. Fakat bazı kütüphane ve herkese açık telnet bazlı web servisleri, bağlantı sırasında kullanıcı ismi (numarası) istemeyebilirler; ya da, kullanıcı isim ve parola olarak ne yazmanız gerektiği bağlandığınızda otomatik olarak karşınıza çıkar. Telnet, BBS (Bulletin Board Systems) sistemlere internet üzerinden erişimde günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır. Telnet erişim programları, günümüzdeki işletim sistemlerinin çoğunda işletim sistemi ile birlikte gelmektedir. Çok kullanıcıli işletim sistemleri (UNIX ve VMS) genellikle kullanıcılara metin tabanlı bir arayüz sunar ve bu sistemlerde tüm işlemler klavye vasıtası ile komut isteminden (command prompt) gerçekleştirilir.

Telnet programı ile sanal sunucuya (virtual server) bağlandığında, uzaktan UNIX işletim sistemine bağlanmış olunur. Bu, UNIX komutları yazabileceğiniz, programları çalıştırabileceğiniz, sanki makinenin karşısında oturuyormuş gibi web sitenizi düzenleyebileceğiniz anlamına gelir.

Telnet programlarında, telnet yapılacak adres komut satırından girilebildiği gibi, programın menü sistemi üzerinden de girilebilir. ZMODEM, KERMIT gibi 1980'li yıllarda (ve kısmen 1990'ların başlarında) çok popüler olan bazı Telnet programları, bilgisayardan bilgisayara dosya aktarımı protokollerini de desteklerler.

Telnet güvensiz bir protokoldür. Telnet protokolü kullanıcı adı (username) ve şifrenizi (password) bağlı bulunduğunuz ağda kolaylıkla görebilecek bir format olan PLAIN TEXT (düz metin) düzeninde göndermektedir. Bu kullanıcı isminizin ve şifrenizin ağı dinleyen herhangi biri tarafından kolaylıkla görülebileceği anlamına gelir.

Eğer üzerinde her hangi bir Windows işletim sistemi yüklü bir makineden Telnet ile bağlantı gerçekleştirilmek istenirse sırayla şu işlemleri gerçekleştirilmelidir

- 1- Başlat (Start) -> Çalıştır (Run)
- 2- Komut satırına “telnet” komutu ile birlikte bağlanmak istenilen makinenin ip adresini veya hostname’ ni yazılarak “ENTER” tuşuna basılır

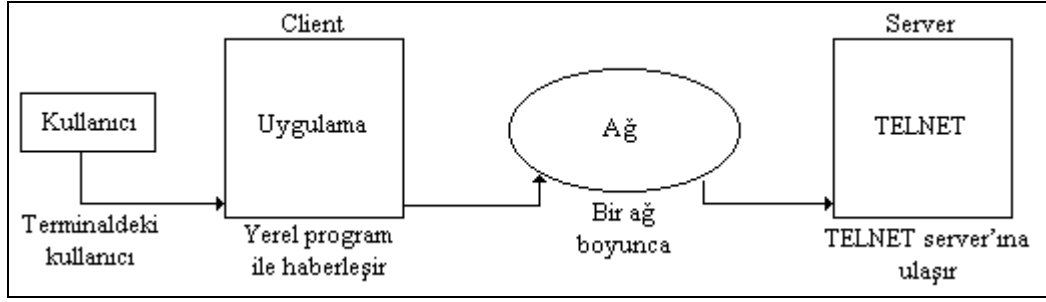
- 3- Eğer adres doğru girildiyse bu işlemden sonra karşınıza komut satırı gelecektir.
- 4- Kullanıcı adını (login) ve kullanıcı şifresini girdikten sonra artık sunucuya bağlanmış olunur.
- 5- Artık istenilen UNIX komutları rahatlıkla çalıştırılabilir.

2.2.2 Telnet Protokolünün Temelleri

Telecommunications Network kısaltması olan TELNET, remote login ve virtual terminal imkânlarını sağlar. TCP'nin 23 port numarasını kullanmaktadır. Serverda telnetin dahil olduğu işlem, telnet oturumunda gelen istekleri kabul etmektir. Unix sisteminde bu işlem telnetd daemonunda olur. TELNET protokolü bir host cihazı üzerindeki bir programın (TELNET istekçisi denir) başka bir cihazın (TELNET sunucusu denir) kaynaklarını kullanmasını sağlar. Tek gereken, istekçinin sunucuya yerel olarak bağlı olmasıdır.

TELNET iki makine arasındaki terminal-tabanlı oturum için gerekli olan fonksiyonların ve servislerin müzakere edilmesini sağlar. Bu yaklaşım protokol dönüştürme sorununu daha hoş yapar çünkü müzakere eden cihazlar iki cihaz tarafından desteklenmeyen servisleri kullanmama seçeneğine sahiptirler. TELNET farklı makineler arasında protokol dönüşümü sağlamaz. Bunun yerine, makinelerin karakteristiğine karar veren bir mekanizma ve de veri alışverişi için, makinelerin internetworking'lerini müzakere edebilecekleri araçlar sağlar. Buna aşağıdaki gibi bir senaryo ile örnek verilebilir.

Bilgi işlem merkezinden sorumlu bir yönetici düşünelim. İşlem merkezindeki bir host bilgisayar birçok terminal arasındaki haberleşme işlemlerini desteklemekle görevlidir. Bu terminaller birbirlerinden farklı karakteristikteler. Örneğin, bir terminaldeki kullanıcı başka bir terminaldeki kullanıcı ile haberleşmek ihtiyacındadır. Her iki cihaz da farklı ekran ve tuş takımı kontrol karakterleri kullanırlar ve her ikisi de haberleşme linkindeki trafiği yönetmek için farklı hat protokolleri kullanırlar. Eğer host cihazın geniş bir terminal yelpazesini desteklemesi gerekiyorsa, değerli kaynaklar protokol farklılıklarını çözmek için cihazın CPU çevrimlerinde harcanır, ve çevirmeyi gerçekleştirecek destek yazılımının tasarımı ve kodlaması pahalı bir girişimdir. Bilgi işlem merkezinin yöneticisi, bu farklı cihazlar arasında çeviri yapabilmek için, sistemleri geliştirmek veya elde etmek üzere büyük kaynak harcamalıdır. TELNET bu sorunlara çözüm sağlar. Örneğin, TELNET'le host bilgisayarın, haberleşeceği diğer host'lara bağlı terminallerin karakteristiklerini öğrenmesi sağlanır. Telnet çalışma düzenine örnek olarak Şekil 2.4 gösterilebilir [3],[4],[5].



Şekil 2.4: TELNET çalışma düzeni

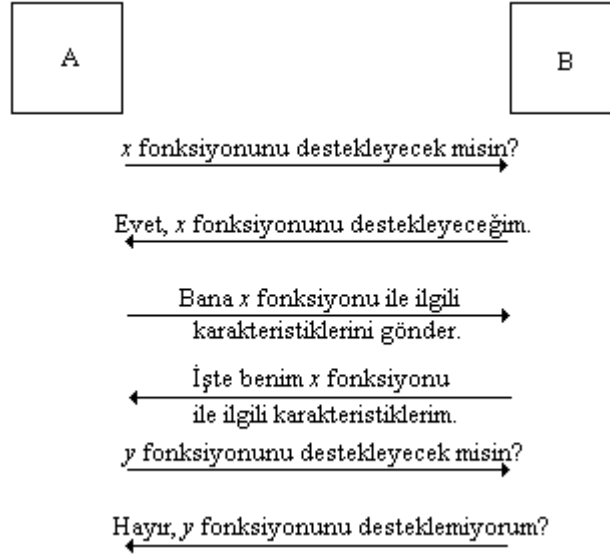
TELNET standardı bir ağ hayali terminali (NVT) fikri temeline dayanır. Hayali teriminin kullanılması bir NVT'nin gerçekten var olmamasındandır. NVT aslında bir terminalin karakteristiklerini göstermek için standart araçlar sağlayan hayali bir cihazdır. Bu fikirle haberleşilen her bir terminalle ilgili karakteristiklerin sağlanması görevi host bilgisayarına ait olur. TELNET standardı ile, hem kullanıcı hem de sunucu cihazlarının kendi terminal karakteristiklerini hayali terminal tanımlamasına göre haritalamaları gerekmektedir. Sonuçta cihazlar NVT ile haberleşiyorlarmış görüntüsü verirler çünkü iki taraf da tamamlayıcı bir haritalama sağlar.

TELNET protokolü, diğer hayali terminal protokollerine benzer olarak, haberleşen makinelerin oturum sırasında kullanılacak çeşitli opsiyonları müzakere edebilmelerini sağlar. Sunucu ve istekçinin bu opsiyonları kurabilmek için standart bir prosedürler kümesi kullanmaları gerekir. Bu opsiyonlar TELNET protokolünün analizi süresince incelenecektir.

Müzakereli opsiyonların kullanımı, host makinelerinin hayali terminalin sağladığının ötesinde servisler sağlayabileceği olasılığını ortaya çıkarır. Bundan başka, TELNET modeli, protokollerce şart koşulanlar dışında, müzakere edilmiş opsiyonları sınırlamaz. Bunun yerine, TELNET tanımladıklarının ötesinde farklı anlaşmaların müzakere edilebilmesini sağlar.

Internet standartları, müzakere edilebilecek TELNET opsiyonlarını tanımlamak üzere, çeşitli RFC'ler içerir. Tablo 11-1'de TELNET opsiyon kodlarının bir listesi vardır (numaraları ve eğer varsa ilgili RFC'leri ile birlikte). Bu opsiyonların tümünün her bir satıcı ürününde olduğu kanısına varmayın çünkü çoğu TELNET ürünü tüm olası opsiyonları desteklemez.

Şekil 2.5'de iki taraf arasında opsiyonların nasıl müzakere edilebileceği gösterilmiştir. Taraflardan biri belli bir opsiyonla (Şekilde x fonksiyonu) ilgili olarak diğer tarafı sorgulayarak müzakereyi başlatabilir.



Şekil 2.5: TELNET Müzakereleri

Şekilde, cevaplayan taraf opsiyonu destekleyebileceğini belirtmektedir. Bundan sonra, başlatan taraf cevaplayan tarafa opsiyonunun karakteristiğini sorar. Cevaplayan taraf opsiyonla ilgili bilgisini gönderir. Bu bilgi cevaplayan tarafın terminalinin karakteristiklerini veya diğer işletim gereksinimlerini tanımlar.

İki taraf arasında akan mesajlar TELNET mesaj formatına (komut yapısı denen) sadık olmalıdırlar. Örneğin, başlangıç işareti "destekler misin" veya "destekleyecek misin" özel TELNET kodları do veya will ile sağlanır. Dönüşte, cevaplayan taraf bir TELNET kodu göndermelidir (bu örnekte, cevaplayan taraf bir will kodu göndermektedir).

Tablo x'de kodların isimleri, TELNET mesajlarındaki değerleri ve kısaca anlamları listelenmiştir. Tablo, altı TELNET fonksiyonunu tanımlamak üzere altı satır girişi içerir. Bu fonksiyonlar hemen hemen tüm terminal-tabanlı uygulamalarda ortaktır; böylece, TELNET standardı bunları göstermek üzere araçlar tanımlar.

Interrupt prosesi fonksiyonu, sisteme bir kullanıcı prosesini erteleme, kesme, iptal etme veya sonlandırma imkanı sağlar. Örneğin, kullanıcıya sonsuz döngüden kurtulabilmesi için bir işlemi sonlandırma imkanı sağlanır.

Abort çıkışı (AO) fonksiyonu bir uygulamanın tamamlanmak üzere çalışmasına izin verir ancak çıkışın kullanıcı iş istasyonuna gönderilmesini engeller. Bu fonksiyon aynı zamanda kaydedilmiş ancak hala gösterilmemiş (displayed) çıkışları siler.

Orda mısın (AYT) fonksiyonu bir kullanıcının uygulamanın icra edilip edilmediğini bilmek istediği zaman kullanılan faydalı bir işlemdir. Tipik olarak bir kullanıcı, belli bir zaman süresince mesajlarını alamamışsa AYT fonksiyonunu çağırır.

Karakter sil (EC) fonksiyonu kullanıcının veri nehrindeki bir karakteri silmesini sağlar. En basit şekliyle, giriş hatası yapılıncı ekranda veriyi düzeltmekte kullanılır.

Satır sil (EL) fonksiyonu kullanıcının düzeltme sürecinde bir giriş satırını silebilmesini sağlar. İlerle (GA) fonksiyonu oturumun yarı-duplex bir iletim sırası takip etmesini sağlar.

Tablo 2.2'de tanımlanan kodlara ek olarak, TELNET yazıcı çıktılarının değiştirilmesini sağlayan kodlara da sahiptir. Kodlar hayali terminal protokollerindeki kodlara oldukça benzerdir. Bu kodlar; horizontal tab (HT), vertical tab (VT), form feed (FD), back space (BS), Bell (BEL), line feed (LF), carriage return (CR), vs. gibi işlemleri gerçekleştirirler.

Numara	İsim	RFC
0	İkili iletim	856
1	Eko	857
2	Reconnection	NIC 15391
3	Sakla ve ilerle (Suppress go ahead)	858
4	Yaklaşık mesaj büyüklüğü müzakeresi	NIC 15393
5	Konum	859
6	Zamanlama markası	860
7	Uzaktan kontrollü trans ve eko	726
8	Çıkış satır genişliği	NIC 20196
9	Çıkış sayfa büyüklüğü	NIC 20197
10	Çıkış carriage-return yapısı	652
11	Çıkış yatay tabstop'lar	653
12	Çıkış yatay tab yapısı	654
13	Çıkış form feed yapısı	655
14	Çıkış dikey tabstop'lar	656
15	Çıkış dikey tab yapısı	657
16	Çıkış line feed yapısı	658
17	Genişletilmiş ASCII	698
18	Logout	727
19	Bayt makrosu	735
20	Veri giriş terminali	732
21	SUPDUP	736
22	SUPDUP çıkışı	749
23	Gönderilme yeri	779
24	Terminal tipi	930
25	Kayıt sonu	885
26	TACACS kullanıcı tanıtımı	927
27	Çıkış markalama	933
28	Terminal yerleşim numarası	946
29	3270 yönetimi	1041
30	X.3 PAD	1053
31	Pencere büyüklüğü	1073

Tablo 2.2: TELNET opsiyon kodları

2.2.3 Telnet Komutları

TELNET veri birimlerine komut denir, ve formatları Şekil 2.6 ve Tablo 2.3'te gösterilmiştir. Eğer üç bayt kullanılacaksa, ilk bayt komut olarak yorumla (interpret as command (IAC)) baytıdır ki bu TELNET'in rezerve edilmiş bir kodudur. Aynı zamanda bir escape karakteridir çünkü alıcı tarafından gelen trafiğin bir veri veya bir TELNET komutu olduğunu algılamada kullanılır. Bunu takip eden komut kodu baytıdır, IAC baytı ile birlikte kullanılır. Üçüncü bayta opsiyon müzakeresi kodu denir. Oturum süresince kullanılacak opsiyonları tanımlamada kullanılır.

Kod ismi	Değeri	Anlamı
SE	240	Alt-müzakere parametrelerinin sonu
NOP	241	İşlem yok
Veri markası	242	Bir sync'nin veri nehri parçası
Break	243	BRK karakteri
Interrupt prosesi	244	IP fonksiyonu
Abort çıkışı	245	AO fonksiyonu
Orda mısın	246	AYT fonksiyonu
Karakter sil	247	EC fonksiyonu
Satır sil	248	EL fonksiyonu
İlerle	249	GA fonksiyonu
SB	250	İşaret edilen opsiyonun alt-müzakeresi
Will (opsiyon kodu)	251	İcra etmeye, veya onaylamaya başla şöyle ki cihaz şimdi işaret edilen opsiyonu icra ediyor
Won't (opsiyon kodu)	252	İşaret edilen opsiyonun icra edilmesine veya devamına ret
Do (opsiyon kodu)	253	İşaret edilen opsiyonu, diğer tarafın icra etmesini ister, bu istekle beklenen diğer tarafın işaret edilen opsiyonu icra etmesi, veya onaylamasıdır
Don't (opsiyon kodu)	254	Taraflardan biri artık işaret edilen opsiyonu icra etmek istemediğinden, diğer partinin icrayı, veya onayı durdurmasını talep eder
IAC	255	Komut olarak yorumla

Tablo 2.3: TELNET komut kodları

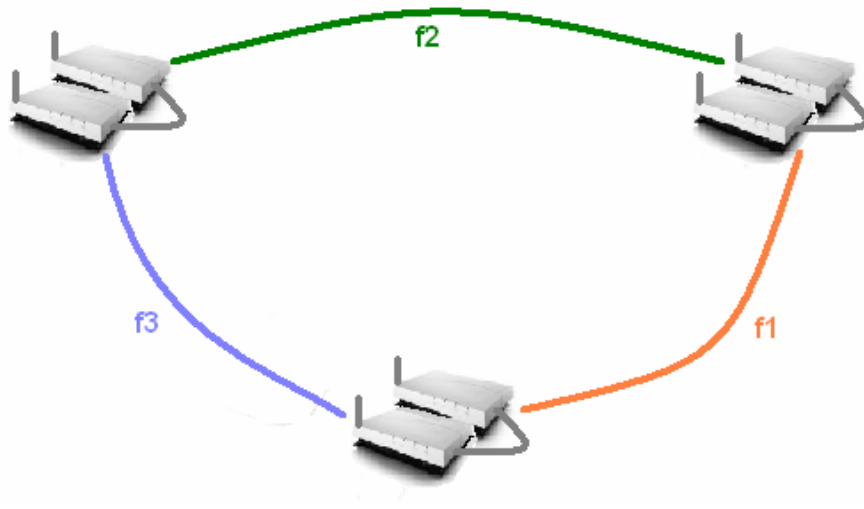
Bayt 1	Bayt 2	Bayt 3
Komut olarak Yorumla (IAC)	Komut Kodu	Opsiyon Müzakeresi

Şekil 2.6: TELNET komut yapısı

3. TELSİZ ÖRGÜSEL AĞ TASARIMI

Tasarlanmak istenen telsiz örgüsel ağ yapısı mevcut ticari örneklerinden farklılık göstermektedir. Tek frekansla çalışan ticari olan örgüsel ağ cihazlarında tek radyo bulunurken, iki frekans kullananlarda çift radyo bulunmaktadır. Çift radyo kullanan cihazlar da radyoların kullanım biçimi olarak farklılık göstermektedir. Örneğin bazı çift radyolu cihazlar radyonun birisi ile diğer örgüsel ağ cihazlarıyla konuşurken, diğer radyo ile kendisine bağlanacak STA olarak da adlandırılan istemcilerle(client) konuşur. Diğer bir ticari çift radyolu cihaz, radyolarının her ikisini de örgüsel ağ cihazlarıyla konuşmak için kullanmaktadır.

Bu proje de tasarlanmak istenen ise, çift radyolu ve her iki radyosunu da örgüsel ağ cihazlarıyla konuşmak için kullanan cihazların simülasyonundan oluşan örgüsel ağ yapısıdır. Çift radyolu 802.11 cihazını simüle etmek için iki adet 802.11 cihazının uygun biçimde birbiriyle haberleştirilerek tek bir cihaz gibi davranmasının sağlanmasına karar verilmiştir. Bu düzen örgüsel ağın her bir düğümünde iki adet birbirine bağlı cihaz (AP) olması ile gerçekleştirilecektir. Bir düğümdeki birbirine bağlı AP'lerden "kardeş AP" olarak söz edilecektir. Bahsedilen yapı ilk etapta aşağıdaki Şekil 2.7 de olduğu gibi düşünülmüştür.



Şekil 3.1: İlk tasarlanmak istenen örgüsel ağ yapısı

Telsiz Örgüsel Ağ projesi araştırma aşamasından, ağın kurulma düzeninin belirlenmesine; ağın kurulmasından yönlendirme yazılımı konusundaki araştırmalara ve yazılımın oluşturulmasına kadar birçok basamaktan geçilerek hazırlanan bir projedir. Projenin ne kadar geniş çaplı bir araştırma ve geliştirme konusu olduğunu telsiz örgüsel ağ konusunda yaptığımız ön araştırmalar neticesinde ortaya çıkmıştır. Bu denli büyük ölçekli bir proje de en çok önem verilmesi gereken konulardan birinin projenin gereksinimlerinin belirlenmesi ve uygun çalışma planının çıkarılması olduğu gerçeğini bilerekten, projede yapılacak çalışmaların bir planı çıkarılmıştır. Bu planı çıkarabilmek için dahi halen araştırma konusu olan telsiz örgüsel ağların genel kapsamı, ticari uygulamaları ve çeşitlerinin işleyişleri konusunda yoğun araştırma yapılmıştır. Proje de yapılan ön araştırma sonrası ne tür problemlerle uğraşmamız gerektiği kafamızda şekillenmiştir. Belirlenen problemler ortak başlıklar altında toplanmış ve ilgilenme sırasına göre çalışma planına yerleştirilmiştir. Elde edilen bilgiler ışığında proje safhaları aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

1. Kardeş AP'lerin bağlantı düzeni

Kardeş AP'ler uygun port (LAN/WAN) çıkışlarından birbirine CAT5E kablo ile bağlanacaktır. AP'lerden her ikisine de LAN portu üzerinden yada telsiz olarak birer bilgisayar bağlanarak AP'ler arası iltişim test edilecektir.Söz konusu bağlantıda

- AP'lerin hangi portlarının bağlanacağı (WAN -WAN ,WAN-LAN, LAN-LAN)
- DHCP'yi etkisiz kılma (tek bir AP'de NAT olma durumu),
- AP'lere IP ataması (aynı-farklı)

gibi işlemler kararlaştırılacaktır.

2. Komşu AP gruplarının telsiz bağlantı düzeni

Bir AP grubunun herhangi bir AP'sinden diğer bir AP grubuna veri gönderilecektir. Gönderilen verinin hedef AP grubundaki AP'lerden aynı kanalda çalışana ulaşması beklenir. Verinin iki komşu AP grubu arasında aktarımının nasıl test edileceği kararlaştırılacaktır.

Eğer aktarım başarıyla sağlanırsa hedef AP'ye ulaşan verinin kardeş AP'sine gönderilmesi için 1. adımda kurulan sistemin yeterli olup olmadığı test edilecektir. Verinin kardeş AP'yede iletmesi sağlanacaktır.

3. Kardeş AP'ler arası ortak karar mekanizmasının kurulması

Kardeş AP'lerde yönlendirme yönetimi birbirinden bağımsızdır. AP grubuna gelen veri her 2 AP'ye iletildiği için aralarında bir koordinasyon olmalıdır ki hangisinin iletimi yapacağı belli olsun. Tek bir ortak karar mekanizması olmadığı için gelen veriyi her iki AP'ler arası koordinasyonu sağlayacak bir çözüm bulunmalıdır.

Bu mekanizma kurulurken yönlendirme tabloları ya da yönlendirme algoritması üzerinde değişiklik yapmak gerekebilir.

4. Yönlendirme Algoritmasının Oluşturulması ve Kodlanması

Örgüsel ağın temel amaçlarından biri de alternatif yolların en uygununun seçilmesi olduğu için her AP grubunda yönlendirme yönetimi gerçekleşmelidir. Bu yönetim,

- Örgüsel ağın trafik durumu bilgisi
- Hedef AP'ye olan uzaklık(cost) bilgisi
- Transfer hızına(throughput) bağlı gecikme bilgisi

gibi bilgilerin hesaplanmasıyla ve bunların uygun bir ağırlıkta kullanılmasıyla gerçekleşir. Bu bilgilerin nasıl elde edileceği nerde saklanacağı ve nasıl işleneceği konuları kararlaştırılacaktır.

Yönlendirme algoritması oluşturulduktan sonra kodlama kısmına geçilecektir. Mevcut AP'lerin firmware leri açık kaynak kodlu olduğu için Linux işletim sistemi ortamında kaynak kodun değiştirilmesi mümkündür. Firmware C dili ile yazılmıştır.

Firmware'den, 1. ve 2. adımda kararlaştırılan kardeş AP'ler arası ve AP grupları arası iletişimi sağlayacak altyapıyı sunması beklenmektedir. Ayrıca firmware 3. adımda belirlenen ortak karar mekanizmasını yönetecek yapıda olmalıdır. Kısaca, bu adımda önceki adımlarda yapılan teorik araştırma sonucu belirlenen kuralların uygulaması gerçekleştirilecektir.

Kararlı firmware elde edilene kadar firmware test edilecektir. Test aşamasının nasıl gerçekleştirileceği de daha sonra kararlaştırılabilir. Test tamamen yazılımsal olarak da yapılabileceği gibi tek bir AP'nin firmware'ini değiştirerek bir simülasyon ile de gerçekleştirilebilir. Aksi takdirde gerçek bir örgüsel ağ da deneme yapmak için tüm AP'lerin firmware'leri değiştirilmelidir.

5. Örgüsel ağın kurulması ve ağ yönetim arayüzünün oluşturulması

Kararlı çalışan firmware oluşturulduktan sonra örgüsel ağ oluşturulmak üzere tüm AP'lere firmware yüklenir. AP'ler belirlenen düzende yerleştirilip örgüsel ağ kurulduktan sonra yapacak tek iş kurulan ağı yönetecek bir arayüz programının yazılmasıdır.

Ağ yönetim arayüz programında kullanıcıya :

- Yeni eklenecek bir AP'yi kolaylıkla kurabileceği bir arayüz sağlanacaktır. (Firmware yükleme, IP atama, çalışma kanalı atama)
- Örgüsel ağa dahil bir AP üzerinden ağ trafik bilgisi okunarak gösterilecek ve müdahale imkanı tanınacaktır. (Nasıl yapılacağı kararlaştırılmalıdır.)

Ağ yönetim arayüzünün fonksiyonları, test aşamasında belirlenen ihtiyaçlara göre genişletilebilir.

Proje planının çıkarılmasıyla proje adımları belirlenmiş ve sırasıyla her basamak için araştırma yapılmış ve seçenekler ortaya konulup en uygun çözüm seçilmiştir.

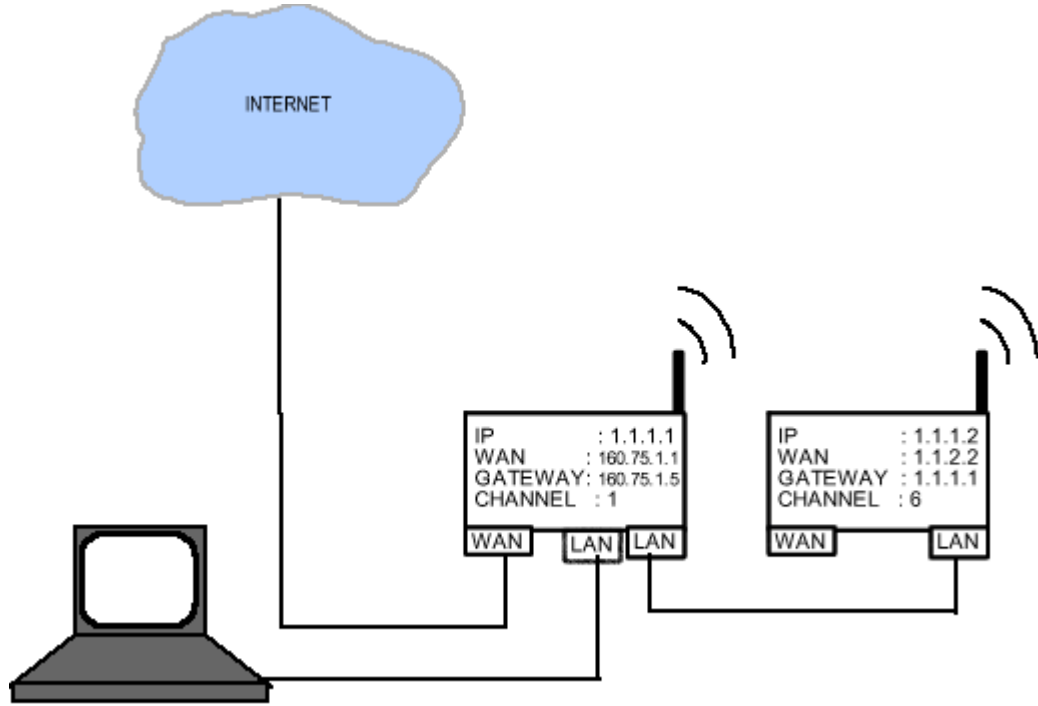
3.1. Kardeş AP'lerin bağlantı düzeni

Kardeş AP'leri birbiri ile konuşturabilmek için iki cihazı CAT5E kablo vasıtasıyla birbirlerine LAN yada WAN portlarından bağlama yöntemi izlenmiştir. Bağlantı şekli konusunda her senaryo ayrı ayrı incelenmiş ve en uygun olan yöntem belirlenmiştir.

3.1.1 LAN – LAN bağlantısı

Kardeş AP'lerin LAN portları üzerinden birbirine bağlandığı düzendir. Bu düzen de cihazların LAN portlarından bağlı olmaları cihazların aynı ağda olmalarını gerektirmektedir. Diğer bir deyişle kardeş AP'lerden birinin adresi 1.1.1.1/24 ise diğeri de 1.1.1.x/24 seçilmelidir. Bu durumda OSI referans modelinin IP yönlendirmesi yapan 3. katmanında yönlendirme yerine 2. katmanı olan veri bağlantı katmanında yönlendirme yapılmalıdır. 2. katmanda yönlendirme ise cihazların MAC adreslerine ve eth0, eth1 ve eth2 gibi ara yüzlerine göre yapılan yönlendirmedir. Bu yapı da cihazlara LAN portlarından bağlı olan istemci bilgisayarlar aynı ağda olacağından, otomatik IP ataması yapan DHCP'nin her iki cihazda da aktif hale getirilmesi ağda IP çakışmasına sebebiyet verebilir. Bu sebepten dolayı kardeş AP'lerden sadece birinde DHCP aktif edilmelidir. Cihazlardan herhangi birinde Internet bağlantısı varsa WAN IP ayarları yapılmalı, aksi

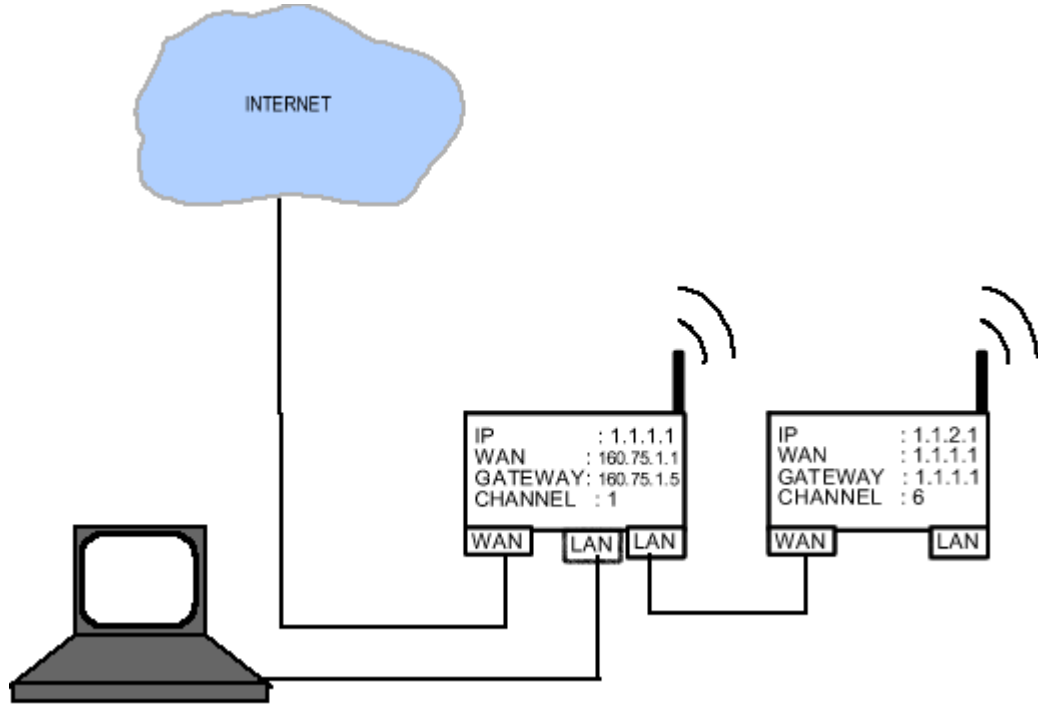
takdirde WAN portu kullanılmayacağından herhangi bir ayara gerek yoktur. Bu düzen Şekil 3.2’deki gösterilebilir.



Şekil 3.2: Kardeş AP’lerin LAN-LAN bağlantı konfigürasyonu

3.1.2 WAN – LAN bağlantısı

Kardeş AP’lerin birisinin WAN portunun diğerinin herhangi bir LAN portuna bağlandığı yapıdır. Bu yapıda AP’ler farklı ağda olacak şekilde seçilerek 3. katman yönlendirme yapılabilir. 3. katmanda yönlendirme yapmak için cihazların IP adresleri 1.1.1.1/24 ve 1.1.2.1/24 şeklinde seçilmiştir. Bu düzende kardeş AP’lerden WAN portu diğerinin LAN portuna bağlı olan AP’nin diğerine ulaşması için herhangi bir konfigürasyon ayarına gerek yokken; LAN portu üzerinden diğer AP’nin WAN’ına bağlı olan AP’de yönlendirme için ek ayar yapmak gerekmektedir. Bu konuda yapılan araştırmalar neticesinde, her iki yönde de veri transferinin sağlanmasının NAT(Network Adres Translation) ya da VLAN tanımlamayla mümkün olacağı öğrenilmiştir. NAT ile yönlendirme algoritmasının işleyişine yeni kurallar tanımlayarak müdahale etmek mümkün olmaktadır. VLAN tanımlayarak da belli bir LAN portu grubunu farklı bir alt ağ gibi değerlendirmek mümkündür. Her ikisini kullanarak cihazının LAN portundan diğer cihazın WAN portuna yönlendirme tanımlanabilmektedir. Bu sistem ve konfigürasyon ayarları Şekil 3.3’te gösterilmiştir.

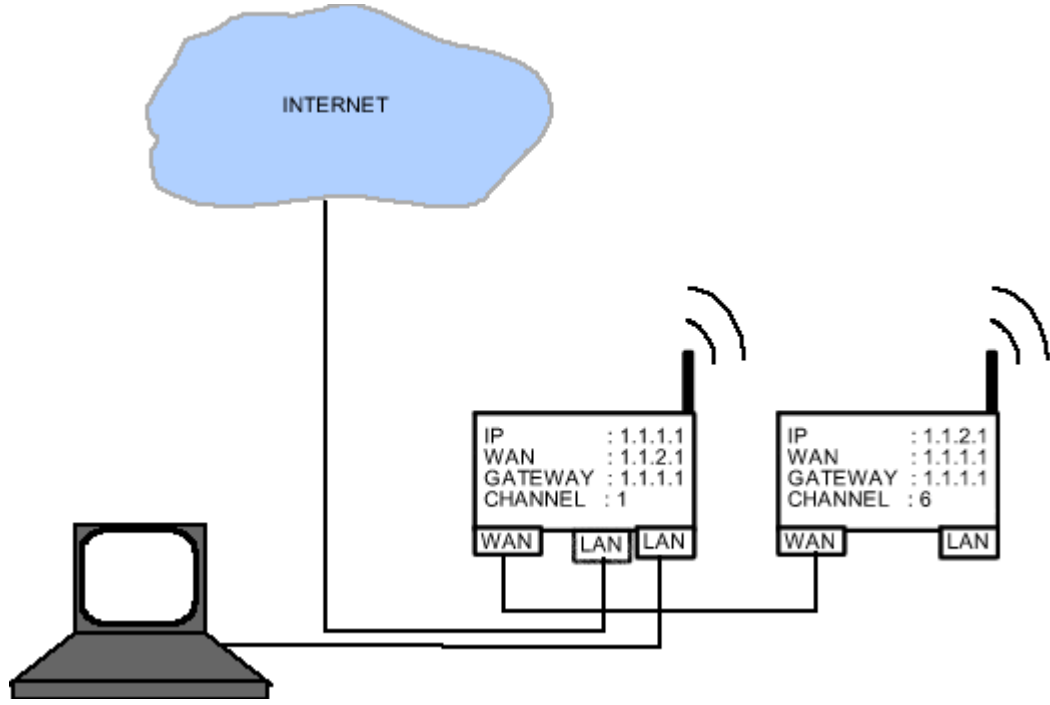


Şekil 3.3: Kardeş AP'lerin WAN-LAN bağlantı konfigürasyonu

Yukarıda ki sistemde LAN ve WAN arası çift yönlü veri aktarımını sağlamak için 3. katmanda gerçekleştirilmesi gereken NAT ile kural tanımlama ve VLAN ile sanal LAN oluşturma zorluklarından dolayı bu yöntem kurulan ağ yapısında uygulanmamıştır.

3.1.3 WAN – WAN bağlantısı

Her iki AP'yide WAN portlarından bağlama yoluyla gerçekleştirilecek bu sistemde her AP'nin IP adresi farklı ağda seçilerek 3. katmanda yönlendirme yapılabileceği öngörülmüştür. Bu sistemde her AP'nin WAN portu kullanılacağından Internet erişimi herhangi bir AP'nin LAN portuna takılarak yapılabilir. Ancak bunun içinde ek konfigürasyon ayarları gerekmektedir. Yapılan araştırmalar bu konuda herhangi bir uygulamanın olmadığını göstermiş ve bu sistem de kendi yaptığımız deneme ile bir sonuca ulaşamamıştır. Sonuç olarak WAN-WAN bağlantısı ile kurulabilecek kardeş AP yapısı elenmiştir. Bu bağlantıyı gösteren grafik Şekil 3.4 de görülebilir.



Şekil 3.4: Kardeş AP'lerin WAN-WAN bağlantı konfigürasyonu

3.1.4 Seçilen Bağlantı Tipi

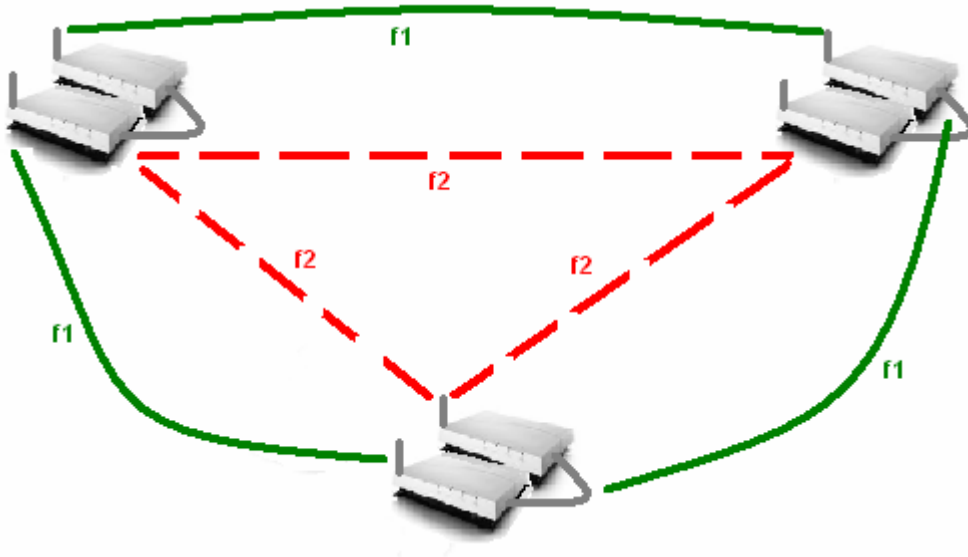
LAN-LAN, WAN-LAN ve WAN-WAN gibi bağlantı tiplerinden hangisinin seçileceğine karar verirken uygulama kolaylığı ve esnekliği faktörleri etkili olmuştur. WAN-WAN bağlantı tipini kullanan herhangi bir kaynak bulunmadığı ve internet erişiminde de kullanacak WAN portu kalmadığı için terkedilmiştir. Diğer bir alternatif olan WAN-LAN bağlantısında ise WAN kapısından diğer AP'nin LAN kapısına erişimde sorun olmamasına rağmen, LAN kapısından WAN kapısına erişimde NAT ve VLAN kavramlarıyla uğraşmak gerekeceği için bu yöntem de elenmiştir. Sonuç olarak, LAN-LAN bağlantısında aynı ağda bulunan AP'lerin birbiriyle konuşmasında herhangi bir problem olmaması ve herhangi bir ek kural tanımlama gibi işlemlere gerek olmadığı için kardeş AP'leri bağlamada kullanılacak bağlantı tipi olarak seçilmiştir. Bu bağlantı tipinin tek dezavantajı 2. katmanda yönlendirme yapmanın zorluğu ve bu konuda bilginin olmamasıydı. Bunun için 2. katmanda yönlendirme konusunda araştırmalar yapılmıştır. LAN-LAN bağlantısında göz önünde bulundurulması gereken tek nokta kardeş AP'lerden sadece birinin DHCP sunucusunun aktif bırakılmasıdır. Gerekli düzenlemelerin yapılmasının ardından çalışma basamaklarından ilk basamak halledilmiş oldu.

3.2 Kardeş AP gruplarının telsiz bağlantı düzeni

İki kardeş AP'den oluşan AP grubunu düğüm diye nitelendirecek olursak bu safhada amaç her bir düğümün birbiriyle iletişimi telsiz olarak gerçekleştirme düzeninin belirlenmesidir. Telsiz örgüsel ağ çeşitlerinden çift radyo ile gerçekleştirilen modeli simüle edileceği için kardeş AP'lerin çalışma kanalları farklı seçilmiştir. Farklı kanallarda seçilen kardeş AP'ler aynı anda veri iletimi yapabildiği için trafik azalacak ve veri iletim oranı artacaktır. Bunun yanında kardeş AP'ler farklı kanallarda seçilirken telsiz olarak iletişim yapacağı AP'ler de aynı kanalı kullanmalıdır. Bu basamakta da yine birden fazla alternatif telsiz bağlantı düzeni incelenmiştir.

3.2.1 İki frekans kanalıyla kurulan ağ yapısı

Tüm ağ içinde sadece 2 frekans kanalı kullanılarak oluşturulan yapıdır. Bu düzende kullanılan frekans kanalları birbiriyle çakışmayan 1-6-11 kanallarından biri olarak seçilmelidir. Örneğin tüm ağ içinde sadece 1 ve 6 numaralı frekans kanallarının kullanılması gibi. Bu durumda her bir düğümdeki kardeş AP'lerden biri 1 frekans kanalında çalışırken diğeri 6 numaralı frekans kanalında çalışır. Bu çalışma düzeni Şekil 3.5 deki gibi gerçekleştirilmiştir.

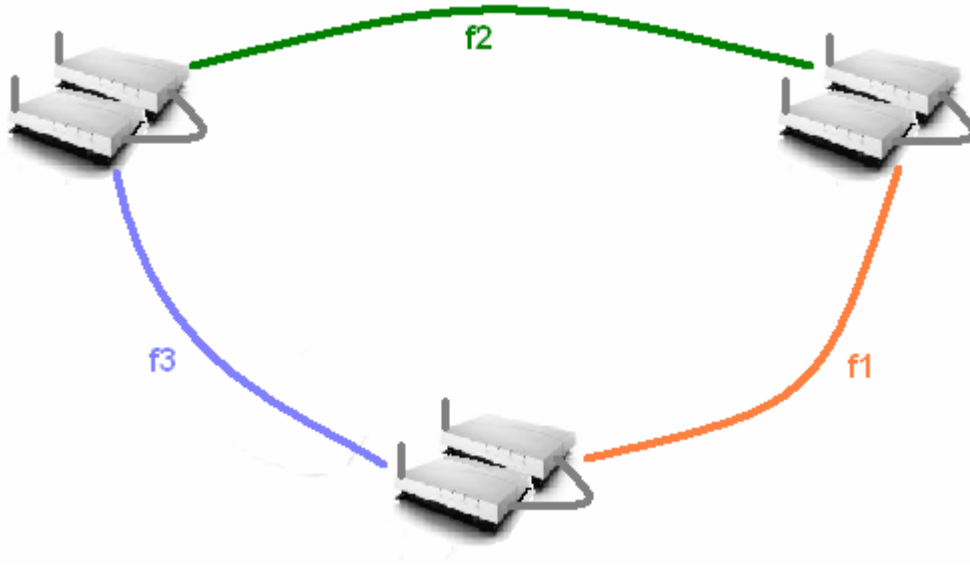


Şekil 3.5: Tüm ağda iki frekans kanalı kullanılması durumu

3.2.2 Üç frekans kanalıyla kurulan ağ yapısı

Bu yapıda ağ içinde birbiriyle çakışmayan 3 frekans kanalı da kullanılır. Bu yapının avantajı tüm ağ içinde aynı anda telsiz olarak 3 ayrı veri aktarımına izin vermesidir. Ancak diğer yandan bir AP'nin iletişimde olduğu AP sayısı azalmış olur. Bu durum AP'nin veri

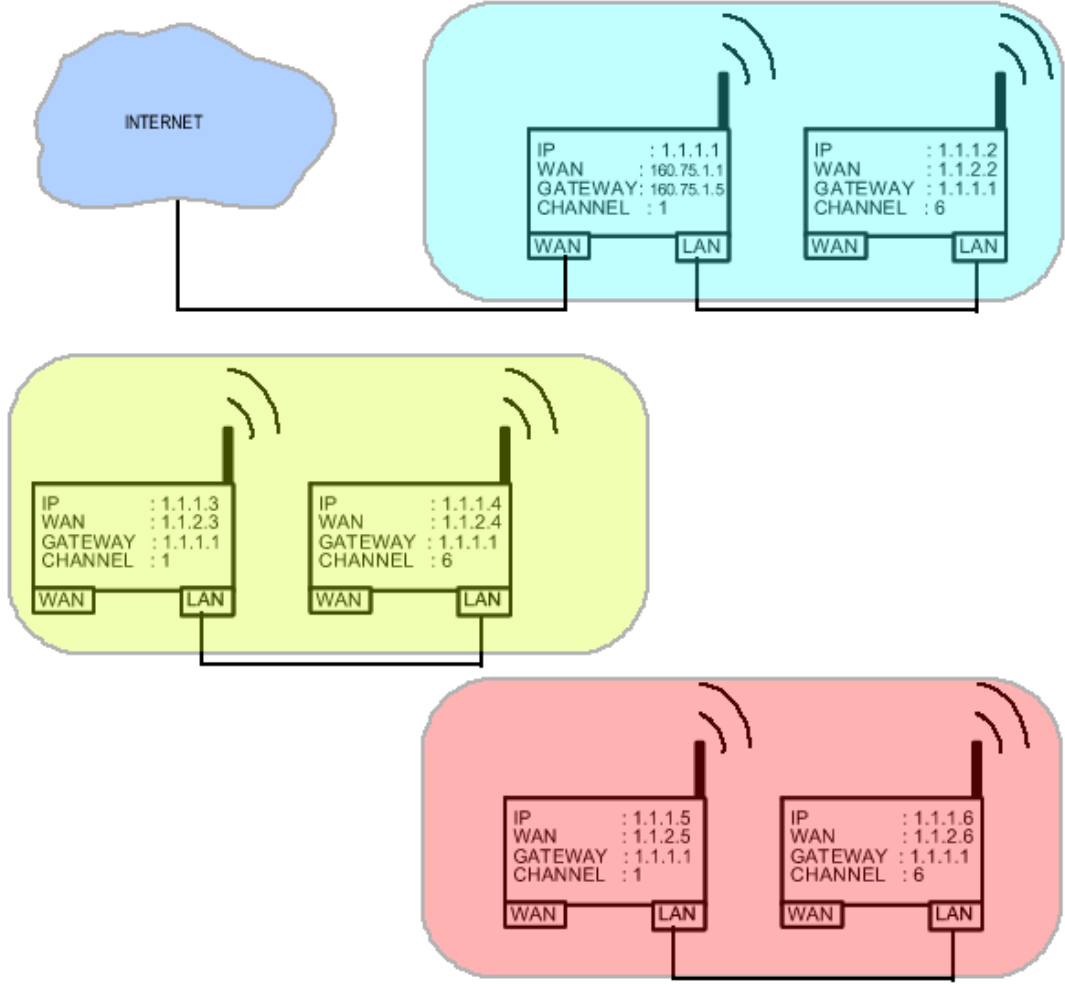
transferi için seçeceği alternatif yolların sayısını azaltmış olur. 3 frekans kanalıyla gerçekleştirilen ağ yapısı aşağıdaki Şekil 3.6’da resmedilmiştir.



Şekil 3.6: Tüm ağda üç frekans kanalı kullanılması durumu

3.2.3 Seçilen Telsiz Bağlantı Tipi ve Ağın Kurulması

2 ve 3 frekans kanalının kullanıldığı ağ yapılarının artıları ve eksileri değerlendirildiğinde 2 frekans kanallı ağ yapısının kullanılmasına karar verilmiştir. Bunun en büyük sebebi kurmak istediğimiz ağ yapısının toplam 3 düğümden, yani 6 AP’den oluşmasıdır. 2 kanallı yapıda her bir AP kendiyle aynı frekansta çalışan 2 AP ile konuşabilirken, 3 kanallı yapıda her bir AP sadece bir AP ile konuşabilmektedir. Kurulmak istenen ağ yapısının küçük olması nedeniyle her bir AP’nin diğer düğümlere doğrudan tek sekme ile ulaşmasını sağlamak için 2 frekans kanalından oluşan ağ yapısının kullanılmasına karar verilmiştir. AP’lerin kendi aralarında konuşmalarının telsiz köprü modu (WDS) ile gerçekleşebileceği daha önce de belirtilmişti. Telsiz köprü modunda çalışan AP’lerin birbiri ile iletişim kurabilmesi için birbirinin MAC adreslerini bilmesi ve aynı SSID’ye sahip olması gerektiğinden de bahsedilmişti. Telsiz örgüsel ağ yapısı adına karar verilen tüm ayarlamaları görsel olarak özetleyen yapı Şekil 3.7’de görülebilir [5].



Şekil 3.7: Kurulan telsiz örgüsel ağın konfigrasyonu

Yukarıdaki şekil-x'te gösterilen ağ düzeni kurulmuş ve üzerinde yapılan çeşitli testler ile çalışma performansı test edilmiştir. Bu düzende düğümlerdeki AP'lere gerek LAN portundan gerek WLAN yoluyla havadan bağlantı kurulup diğer düğümlere erişim kontrolü yapılmıştır. Kontrol sonucunda her düğüm ve düğümü oluşturan AP'ler diğer AP'lere erişebilmektedir. Ayrıca hepsi sorunsuzca internete de erişebilmektedir. Tasarlanan sistemde bir düğümden diğer düğümlere ulaşabilmek için birden fazla yol bulunmaktadır. Örneğin bir düğümün bir AP'sine bağlı bir bilgisayar ile internet erişimi olan başka bir düğüme erişmek için doğrudan telsiz olarak erişileceği gibi kardeş AP'si üzerinden de erişebilmektedir. Söz konusu alternatif yol kullanma durumu tüm AP'ler için denenmiş ve bir yolun kesildiğinde diğerini kullandığı gözlenmiştir. Bunun testi ise, kardeş AP'lerin arasındaki kablo çıkarıldıktan sonra bile birinin diğerine ulaşmak için tüm ağı dolaşması yoluyla yapılmıştır.

3.3 Kardeş AP'ler arası ortak karar mekanizmasının kurulması

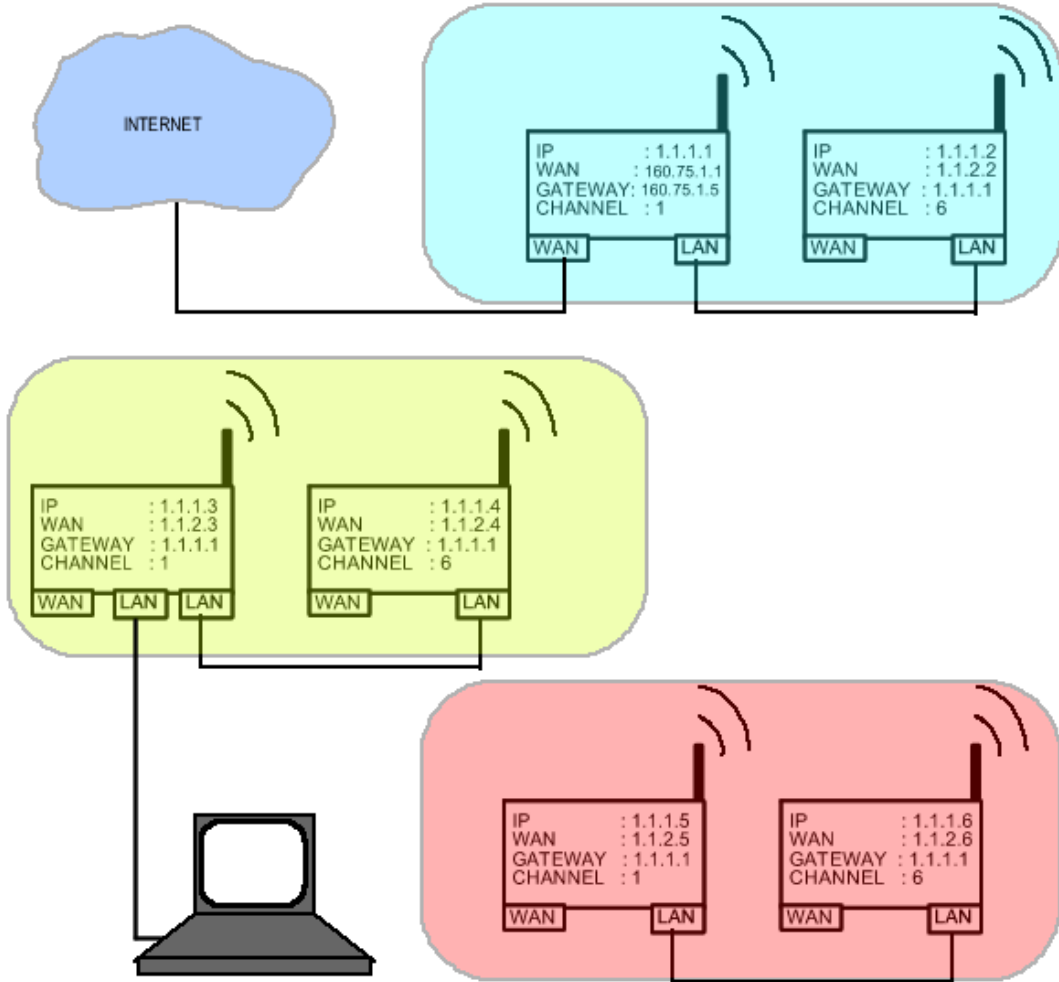
Alternatif örgüsel ağda bir düğümün iki AP'den oluşması bu düğümün herhangi bir AP'sine gelen ve hedefi başka bir düğüm olan paketlerin en uygun yoldan iletilebilmesi için karar vermeyi zorlaştırmaktadır. Bir düğümde yönlendirme yapabilmek için ortak karar mekanizmasının bulunmaması AP'ler arasında bir koordinasyonun gerekliliğini ortaya koymaktadır. Her AP'nin birbirinden bağımsız olarak yönlendirme yapmasının önüne geçmek için çeşitli ortak karar mekanizmaları öngörülmüştür.

3.3.1 Cihazların firmware'ını değiştirme

Cihazların Firmware'ı üzerinde gerekli değişiklik yapılarak, daha sonra belirlenecek olan yönlendirme algoritmasının uygulanması yoluyla AP'lerde ortak karar mekanizmasını işletmek amaçlanmıştır. Buna göre bir IP paketi AP'ye geldikten sonra önce paketin hedef adresine bakılarak, paketin gidebileceği en uygun yol belirlenecek daha sonra paket AP'nin belirlenen arayüzünden aktarılacaktır. Arayüzden kasıt eth0,eth1,eth2 dir. Eğer paketin kardeş AP üzerinden gönderilmesine karar verildiyse paket LAN arayüzü olan eth0'dan gönderilecektir. Aynı şekilde paket o anki AP'nin telsiz bağlantısı üzerinden aktarılacaksa paketin bir sonraki çıkış adresi eth2 olarak değiştirilir ve WLAN üzerinden aktarılır. Cihazın Firmware'ını değiştirmek için ise açık kaynak kodlu olan cihazlara ihtiyacımız vardı. Elimizde açık kaynak kodlu firmware'ı OPEN-WRT olan 3 adet ASUS WL-500g cihaz ve 2 adet kaynak kodu açık olmayan D-Link 2000 cihaz bulunmaktaydı. Ayrıca firmware üzerinde yapılacak değişiklikleri test etmek için herhangi bir simülasyon ortamının bulunmaması, firmware'ı test etmeden doğrudan cihazlar üzerinde deneme yapmamızı gerektiriyordu. Bu da firmware'ın hatalı olması durumunda cihazın tamamen ulaşılamaz hale gelip kullanım dışı kalmasına sebebiyet verebilirdi. Cihazların firmware'larını değiştirme fikri her ne kadar en uygun çözüm olabilecek olsa da açık kaynak kodlu olan cihazların sayısının yetersiz olması ve cihazların değişen firmware nedeni ile kullanılamaz hale gelmesi gibi sebeplerden dolayı terkedilmiştir.

3.3.2 Uzaktan merkezi kontrol

Mevcut cihazların hepsinin kaynak kodlarının açık olamaması nedeniyle cihazların firmware'ı üzerinde değişiklik yapılamayacağına karar verilmiş, alternatif kontrol yolları araştırılmaya başlanmıştır. Alternatif olarak en ön plana çıkan düşünce ise tüm telsiz örgüsel ağ yapısının tek bir merkezi bilgisayar ve üzerinde koşan yönlendirme algoritmasıyla yönetilebilecek olmasıydı. Bu yöntemde her AP'ye erişebileceğimiz ortak ara yüz olan SNMP'nin(Simple Network Management Protocol) kullanılması uygun görülmüştür. SNMP kütüphanesi kullanılarak yazılan bir program ile belli aralıklarla tüm AP'lerin eth0 ve eth2 ara yüzleri üzerindeki yük dağılımları incelenecek ve daha sonra belirlenecek olan yönlendirme kurallarına göre ara yüzler arasında yük dengelemesi yapılacaktır. Aşağıdaki Şekil 3.8'den merkezi karar alma organında bulunduğu telsiz örgüsel ağ yapısının son hali resmedilmiştir [6].



Şekil 3.8: Telsiz örgüsel ağa merkezi yöneticinin eklenmesi

3.4 Yönlendirme algoritmasının oluşturulması ve kodlanması

Telsiz Örgüsel ağın temel amaçlarından biri de alternatif yolların en uygununun seçilmesi olduğu için her AP grubunda yönlendirme işlemi gerçekleşmelidir. Yönlendirmenin neye göre yapılacağı ise karar verilmesi gereken diğer bir konudur. Yapılan araştırmalar sonucu bu konuda telsiz örgüsel ağlar için özel tasarlanan yönlendirme algoritmalarının olduğu öğrenilmiştir. Ancak bu algoritmaların hepsinin firmware üzerinde yazılımsal değişiklik gerektirmesi sebebiyle bu algoritmalar yerine kendi algoritmamızı tayin etme kararı aldık.

Telsiz örgüsel ağ yönlendirme ölçütü olarak yönlendirme yapılacak AP üzerindeki eth0(LAN) ve eth2(WLAN) kapılarının bant genişliği(bandwidth) kullanım oranları değerlendirilecektir. AP'ye gelen paketler trafik yoğunluğunun az olduğu kapı üzerinden ağa verilecektir. Bant genişliği kullanım oranına göre yönlendirme yapılması BGP, EIGRP gibi yönlendirme protokollerinde de kullanılan bir metriktir. Trafik yükünü en aza indirmek açısından bant genişliğini ölçüt almak en uygun çözümdür.

Yönlendirme algoritmasında metrik olarak bant genişliği belirlendikten sonra bant genişliği kullanım bilgisinin cihazdan nasıl öğrenileceği ve nasıl hesaplanacağı konularında araştırma yapılmıştır. Cihazdan gerekli bilginin okunması için uygun olan protokol olarak SNMP seçilmiş ve bant genişliğini hesaplamak için cihazın MIB tablosunda hangi OID'leri kullanılacağı konusunda araştırmaya girişilmiştir. SNMP ile bant genişliği kullanımı hesabı aşağıda sıralanan Şekil 3.9 ve Şekil 3.10'da MIB-II değişkenlerinin değerlerinin ilgili formülde yerine koyularak elde edileceği bulunmuştur.

- $\Delta ifInOctets$: The Δ (or difference) between two poll cycles of collecting the snmp ifInOctets object, which represents the count of inbound octets of traffic.
- $\Delta ifOutOctets$: The Δ between two poll cycles of collecting the snmp ifOutOctets object, which represents the count of outbound octets of traffic.
- IfSpeed: the speed of the interface, as reported in the snmpIfSpeed object.

Şekil 3.9: SNMP'de bant genişliğini ölçmek için kullanılan MIB değişkenleri

$$\text{Input utilization} = \frac{\Delta \text{ifInOctets} \times 8 \times 100}{(\text{number of seconds in } \Delta) \times \text{ifSpeed}}$$

$$\text{Output utilization} = \frac{\Delta \text{ifOutOctets} \times 8 \times 100}{(\text{number of seconds in } \Delta) \times \text{ifSpeed}}$$

Şekil 3.10: SNMP’de bant genişliğini ölçmek için formüller

Yukarıdaki şekillerdeki terimler ve formüllerden de anlaşılacağı gibi SNMP’de bant genişliği bilgisini öğrenmek için SNMP’nin COUNTER tipinden değişkenleri sürekli sorgulanmalı ve aralarındaki fark alınarak içeri ya da dışarı transfer edilen veri miktarı hesaplanabilmektedir.

3.5 Telsiz örgüsel ağın kurulması ve ağ yönetim programının oluşturulması

Çalışma planında belirlenen tüm basamaklar gerçekleştirildikten sonra planın son safhası olan telsiz örgüsel ağın kurulması ve bu ağ üzerinde ağ yönetimini yapmayı sağlayacak programın yazılması safhasına geçilmiştir. Elimizde telsiz köprü özelliğine sahip 5 tane AP bulunduğu için ağ 5 AP ile kurulmuştur. Kurulan ağ üzerinde tüm AP’lerin birbiriyle haberleştiği test edilmiş ve ağ yönetim programı ağa yeni bir AP eklenmesi durumunda, yeni AP’yi ağa adapte edebilecek şekilde kodlanmış ve kullanıcıya bir kontrol ara yüzü sunulmuştur [8].

Ağ yönetim programında, merkezi bilgisayar üzerinden bağlanılan bir AP’nin frekans kanalı, çalışma modu ve SSID’si telsiz örgüsel ağa uydurulmaktadır. Frekans değeri frekans planlaması yapılarak uygun kanala ayarlanıp, çalışma modu telsiz köprü olarak ayarlanmakta ve SSID’side telsiz ağın SSID’si ile aynı olarak girilmelidir. Tüm bu ayarlar yapıldıktan sonra AP’ye yine uzaktan reboot yaptırılmakta ve yeni AP, telsiz örgüsel ağın bir üyesi haline gelmektedir. Ayrıca programda istenen herhangi bir AP’ye bağlanılarak o AP üzerindeki LAN ve WLAN portlarındaki bant genişliği kullanımları grafiksel olarak yöneticiye sunulmaktadır.

Ağ yönetim programı Java programa dili kullanılarak yazılmıştır. Java dilinin en büyük avantajı platform bağımsız olmasıdır. Java sanal makinesinin kurulu olduğu her işletim sisteminde sorunsuzca çalışmaktadır. Bant genişliği bilgisinin cihazdan alınması için Java için yazılmış bir SNMP Kütüphanesi kullanılmıştır. SNMP, ağ yönetim programında kanal

değiştirme ve reboot işlemleri konusunda sınırlayıcı olduğu için yönetim programı Java'nın TELNET Kütüphanesi kullanılarak yazılmıştır. Program ile ilgili tüm açıklamalar bir sonraki bölümde verilmiştir.

4. YAZILIM ve SONUÇLAR

4.1 Yazılım

4.1.1 Ön Bilgilendirme

Projemizin amacı yukarıdaki bölümlerde belirtilmiştir. Geline son noktada amacımız ASUS WL500g tipi kablosuz modemleri kontrol edebilmek, birbirleriyle konuşturmak ve bunlardan geçen veri akışını yönlendirerek performansı artırmaya çalışmaktır.

Bize okul tarafından sağlanan ASUS WL500g tipi kablosuz modemleri kontrol edebilmek için üç farklı arayüz bulunmaktadır.

- HTML Arayüzünden Yönetim
- SNMP Kontrollü Yönetim
- Telnet Aracılığı ile Yönetim

Yazılımdan HTML Arayüzü kontrol etmemiz mümkün değildir. Ancak, genel ayarları yaparak donanımsal sistemi çalışır hale getirmemizde büyük yararları olmuştur. Kardeş Access Point'leri (AP) birbirlerine bağlayıp, istemcilerin bağlanmasını gerçekleştikten sonra yazılım içinden sistemi kontrol edebilmek için SNMP veya Telnet seçeneğinden birini seçmeliydik.

İnternette yaptığımız araştırmalar sonucu birçok SNMP programı ve kütüphanesi bulduk. Sistemdeki verileri monitör ederken Net-SNMP, Power-SNMP, PRTG Traffic Grapher gibi programlardan yararlanmaya çalıştık. Ancak, bu programlar tüm istediklerimizi gerçekleştirememekle beraber asıl amacımız olan verinin iletim yönünü değiştirme konusunda bize yarar sağlamıyordu. Ayrıca önceden kararlaştırıldığı üzere çalışacak kontrol programının Linux tabanlı olması tercih sebebiydi. Böylece kurulacak sistemin daha düşük maliyetle yönetimi sağlanabilecekti.

Hazırlayacağımız yazılımda modemdeki verileri kontrol edip monitör etmekle birlikte gerektiğinde müdahale ederek sistemin ayarlarını da değiştirmeliydik. Bunları

gerçekleyebilmek için ilk olarak, SNMP desteği veren kütüphanelerden açık kaynak kodlu ve java için hazırlanmış Java SNMP Package adı altında internette yayınlanan kütüphaneyi seçtik (<http://gic1.cs.drexel.edu/people/sevy/snmp/>). İleriki aşamalarda SNMP 4j olarak internette açık kaynaklı bulunabilen kütüphaneden yararlanmaya çalıştık.

İlk aşamada yukarıda verilen kütüphaneleri öğrenip, modemdeki durumla ilgili verilere ulaşmaya çalıştık. Projenin yazılım kısmının bu aşamasında modemde istenen andaki tüm Object ID'lere (OID) karşı gelen değerleri öğrenmeyi ve istediğimizde değiştirebilmeyi sağladık. Ancak kısa bir süre sonra SNMP kütüphanesi ile istediğimiz her bilgiye ulaşamadığımızı anladık. Örneğin, kablosuz bağlantılarda kullanılan frekansı öğrenememekte, sonuçta değiştirememekteydik. Benzer şekilde SNMP kütüphanesi ile bağlanan istemcilerin bağlantı yönünü değiştirmemiz mümkün değildi. İlk aşamada öğrendiğimiz SNMP kütüphanesi ile sistemin bant kullanımını monitör eden bir program, ayrıca modemdeki tüm verileri bir dosyaya yazan bir program hazırladık (bir başka telekomünikasyon projesine yardım etmek amaçlı hazırlanmıştır).

SNMP kütüphanesi ile istediğimizi başaramamıştık. İkinci aşamada telnet üzerinden neler yapabildiğimizi araştırmaya başladık. Telnet üzerinden iptables, ip, netstat, route gibi komutların yardımıyla daha geniş bir kontrol sağlayabilmekteydik. Ayrıca sistemde hazır olarak verilen nvrn komutu ile modeme yeniden başlatma ve tüm OID değerlerini öğrenip izin verilenleri değiştirebildiğimizi de görmüştük.

Bir taraftan gelen paketleri ya da komple kullanıcıyı belli bir tarafa yönlendirmeye çalışırken bir taraftan da yazılım içinden telnet bağlantısı sağlamaya çalıştık. Yine Java için hazırlanmış Telnet bağlantısı yapabilmemizi sağlayan dokümanlardan yararlanarak programımızın içine telnet bağlantısını da gömmüştük. Geline son noktada en azından sistemi yeniden başlatabilmekte, gerektiğinde kablosuz bağlantı kanalını değiştirebilmekteydik.

Yukarıda açıklandığı üzere, projenin yazılım kısmında SNMP ile bant kullanımını kontrol eden ve monitör eden bir program hazırlamakla beraber telnet bağlantısını sağlayan ve sisteme istediğimiz komutları gönderebildiğimiz bir arayüz sağlamış olduk.

Geline son durumda, artık asıl amacımız veri yönlendirmesini sağlayacak örnekler bulup bunları kullanmaktı. iptables, ip, netstat, route gibi komutlarla sistemdeki bağlantılar hakkında bilgi elde edebilmemize rağmen yönlendirmeyi bir türlü sağlayamadık. Projede

yapmak istediğimiz gerektiğinde istenen yönde yönlendirme işlemini gerçeklememize yardımcı olacak kaynak veya örnek kod da bulamadık. Son olarak ağ içi sistemlerde kullanılabilen, Network Address Translation (NAT) yardımıyla istediğimiz yönlendirmeyi sağlamaya çalıştıysak da başarılı olamadık. Sonuçta genel hatlarıyla bir araştırma projesi tamamlayabilmiş olduk [7],[8].

4.1.2 Geliştirme ve Çalıştırma Ortamları

Hazırlanan program parçalarının çalışabilmesi için sisteminizde kullanımda olan kablosuz modemler olmalıdır. Projenin test aşamasında programları sadece elimizde bulunan ASUS WL500g tipi modemlerde deneyebildik.

Programları Java dilinde Eclipse platformunda hazırladık. Windows XP SP2 ve Ubuntu Faisty işletim sistemleri üzerinde denenmiştir. Programların arayüzleri Java SWT Kütüphanesi ile hazırlanmıştır. Böylece daha etkili ve efektif bir görünüm elde edilmeye çalışılmıştır.

Hazırlanan programlar gerekli sorguları modeme birer saniye aralıklarla göndermektedir. Ancak, istenildiği takdirde bu süre oldukça azaltılabilmektedir. 100ms için sistemin çalışmasında herhangi bir sorunla karşılaşılmamıştır ancak bu kadar sıklık hem bant kullanımını gereksiz yere doldururken hem de projemizin gelişimi için herhangi bir yarar sağlamayacaktır.

Eclipse'te hazırlanan programı çalıştırmak için projeyi açtıktan sonra SWT kütüphanesini de ekleyerek çalıştırabilirsiniz. Biz Java Compiler'ı 6.0 olarak ayarladık ancak daha önceki versiyonlarda da ufak değişiklikler yapılarak çalıştırılabilmektedir.

4.1.3 Veri Yapıları ve Değişkenler

Projenin ilk aşamasındaki SNMP kütüphanesi ile mevcut tüm OID değerlerini almak için aşağıdaki SNMP kütüphanesi değişkenleri tanımlanmalıdır.

```
String community = "public";
String sonuc = null;
String adresOID = "1.1.1.1"; // taranmaya başlanacak ilk OID adresi
int version= 0; // SNMPv1
int bekleme = 1000; // milisaniye
SNMPv1CommunicationInterface iletisimArayuzu = null;
InetAddress hostAddress = null;
SNMPVarBindList snmpIAL = null; // IAD: iletisim arayuzu listesi
SNMPSequence snmpCifti = null;
SNMPObject snmpDegeri = null;
```

SNMP kütüphanesi yardımıyla OID değerini öğrenmek:

```
String community = "public";
String sonuc = null;
hostAddress = InetAddress.getByName("1.1.1.200"); // SNMP destekli
kablosuz modem ip'si
iletisimArayuzu = new SNMPv1CommunicationInterface(version, hostAddress,
community);

snmpIAL = iletisimArayuzu.getNextMIBEntry(adres);

snmpCifti = (SNMPSequence) (snmpIAL.getSNMPObjectAt(0));
snmpDegeri = snmpCifti.getSNMPObjectAt(1);
```

Yukarıdaki özetlendiği şekilde SNMPv1CommunicationInterface.getNextMIBEntry(adres) fonksiyonu yardımıyla yeni OID'ler varolduğu sürece hepsini okuyabilmekteyiz. Benzer şekilde setMIBEntry(...) fonksiyonu yardımıyla yazılabilir özelliği olan OID değerleri değiştirilebilir [10] (Bazı OID değerleri sadece okunabilirken, bazıları aynı zamanda da yazılabilmektedir).

SNMP kütüphanesiyle hazırladığımız ikinci programda bant kullanımını monitör ettik. Bu sefer yukarıdaki örnekten farklı olarak, tüm OID değerlerini okumak yerine önceden belirlenmiş sekizli sayısını, verilen sekizli sayısını ve arayüzün hızını ölçen OID değerlerini okuduk. Böylece bu değerlerdeki değişimlerden yararlanarak istediğimiz sonuçları elde ettik [9], [11].

```
// ALINAN sekizli sayisi
String[] adresler = { "1.3.6.1.2.1.2.2.1.10.3",
                     "1.3.6.1.2.1.2.2.1.16.3", "1.3.6.1.2.1.2.2.1.5.3" };
// VERILEN sekizli sayisi - arayuzun HIZI
```

Ortalama bant kullanımını ölçmek için farklı yöntemler kullanılabilmektedir. Normal kullanıcılar için alınan sekizli sayısı daha büyük önem arz etmekteyken, örneğin bazı serverler için verilen sekizli sayısı daha önemli olabilmektedir. İnternette yaptığımız araştırmalar sonucu alınan ve verilen sekizli sayılarının değişik oranlarda ortalamalarının alınmasıyla ortalama bant kullanımı hesaplandığını gördük. Bizim hazırladığımız projede alınan ve verilen tüm sekizliler önemli olduğundan ikisinin aritmetik ortalamasını kullandık.

Projenin telnet kısmında yine internette bulduğumuz örnek telnet uygulamalarından yararlanmaya çalıştık [12]. Bulduğumuz örneklerin üzerinde değişiklikler yaparak aşağıda verilen temel veri yapıları ve değişken tanımlarıyla kullanılabilen class'lar hazırladık [11], [13], [14].

```
String host = "1.1.1.200";
int port = 23;
java.net.Socket socket;
TelnetShow telnet = null;
TelnetOutputStream tout = null;

socket = new java.net.Socket(host, port);
telnet = new TelnetShow(socket, true);
tout = telnet.getOutputStream();
```

Yukarıda verilen değişken tanımlamalarından sonra programın içinde gönderilecek komutlar kontrol edilmekte, benzer şekilde oluşturulan bir thread yardımıyla gelen cevaplar kontrol edilmektedir.

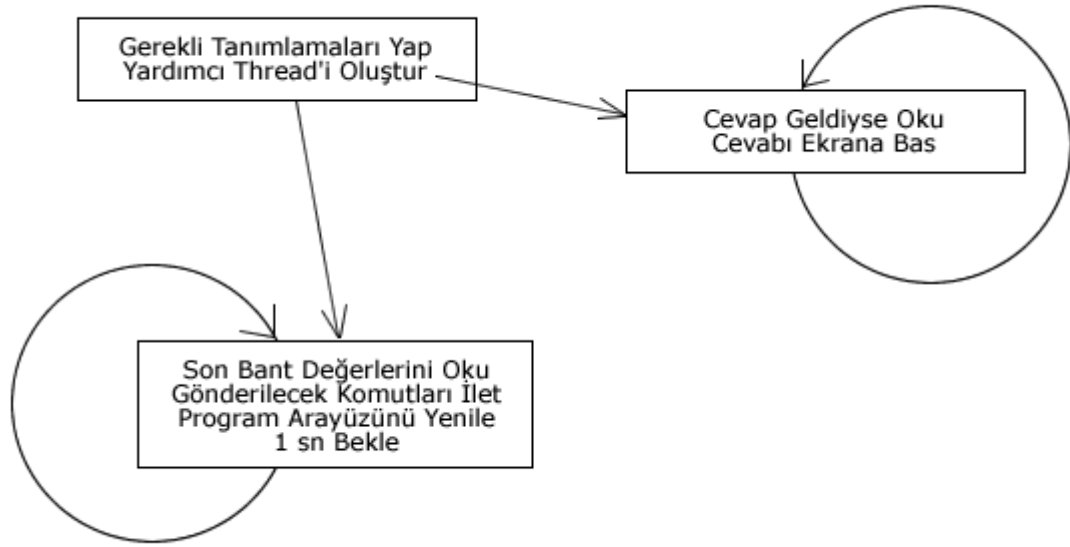
```
// komut gönderme
int avail = System.in.available();
if (avail > 0) {
    avail = System.in.read(buffer, 0, 1024);
    tout.setStickyCRLF(true);
    tout.write(buffer, 0, avail);
    tout.flush();
}

// gelen cevapları alıp ekrana bastırma
TelnetInputStream tin = getInputStream();
byte[] buffer = new byte[1024];
tin.binaryMode = true;
int avail = tin.read(buffer, 0, 1024);

avail = tin.available();
if (avail > 0)
    avail = tin.read(buffer, 0, 1024);
Thread.sleep(100);
```

4.1.4 Program Akışı

Program akışının kontrolünde aynı telnetten gelen komutları beklerken bir taraftan da bant kullanımını monitör edecektik. Bu durumda işlemciyi fazla yormamak için bir thread oluşturduk. Aşağıdaki şekilde program akışı verilmiştir.



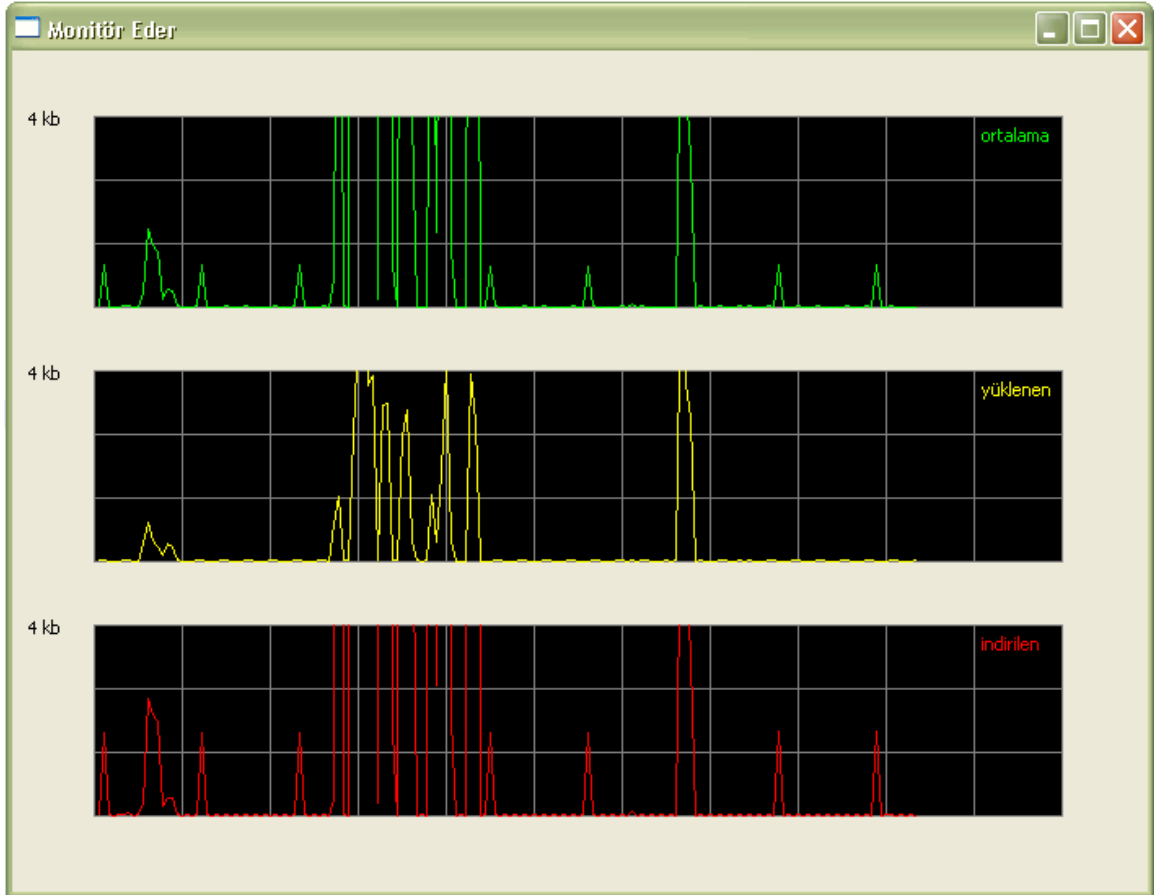
Şekil 3.10: Program Akış Diyagramı

Hazırladığımız monitör etme ve telnet bağlantısı kuran iki programı yukarıdaki akış diyagramında verildiği üzere tek bir program olarak birleştirdik.

4.1.5 Programın Çalıştırılması ve Çıktısı

Bitirme CD'sinde verilen proje klasörünü Eclipse platformunda Hem Linux hem de Windows ortamında çalıştırabilirsiniz. Yalnız SNMP desteği bulunan bir modem sisteminize bağlı olduğuna ve SNMP desteğinin açık olduğuna, ayrıca ip adresinin doğru olarak girildiğine emin olmalısınız.

İlk kısımda SNMP ile ilgili açıklananlar sonucunda aşağıda şekli verilen monitör etme arayüzünü oluşturduk.



Şekil 3.10: Ağ izleme ve yönetim programı arayüzü

Yine tüm OID değerlerini alt alta yazdırdığımızda aşağıdaki gibi bir çıktı elde ettik.

```
// Değer -> OID Adresi
Linux beycan 2.4.20 #46 Thu May 25 22:40:57 MSD 2006 mips ->
1.3.6.1.2.1.1.1.0
1.3.6.1.4.1.2021.250.10 -> 1.3.6.1.2.1.1.2.0
2001812156 -> 1.3.6.1.2.1.1.3.0
Administrator -> 1.3.6.1.2.1.1.4.0
beycan -> 1.3.6.1.2.1.1.5.0
Unknown -> 1.3.6.1.2.1.1.6.0
72 -> 1.3.6.1.2.1.1.7.0
6 -> 1.3.6.1.2.1.2.1.0
1 -> 1.3.6.1.2.1.2.2.1.1.1
. . .
```

Aşağıda telnet bağlantısını kurmamızı sağlayan program yardımıyla yapılmış örnek bir çalıştırma verilmiştir.

```
beycan login: admin
admin
Password: admin

[admin@beycan root]$ nvram get wl_channel
nvram get wl_channel
11

[admin@beycan root]$ nvram show | grep wl
nvram show | grep wl
wl_radius_port=1812
wl_mode_x=2
wl0_frameburst=off
filter_wl_default_x=ACCEPT
wl_wdsapply_x=1
. . .
```

Bu bölümde açıklanan tüm program parçaları bitirme proje klasörünün içinde bulunabilir (GetAllInfo.java - GetBandwith.java - MonitorEder.java - TelnetShow.java).

4.2 Sonuçlar ve Tartışma

Telsiz örgüsel ağ projesi başından sonuna kadar araştırmalarla geçen ve araştırmaların uygulamaya geçirildiği donanımsal ve yazılımsal gerçeklemelerle süren oldukça geniş çaplı bir proje olmuştur. Ağın kurulmasında, belirlenen çalışma gereğince her basamakta varılmak istenen nokta en ince ayrıntısına kadar araştırılmış ve en uygun olan yapı uygulamaya geçirilmiştir.

Projede gerçekleştirilmek istenen düzen, elimizde olmayan nedenlerden dolayı birkaç eksik dışında başarıyla sonlandırılmıştır. Projede karşılaşılan kısıtların başında mevcut AP'lerin sadece 5 tanesinin telsiz köprü desteği sağlamasıydı. En az 6 AP ile gerçekleşmek istenen yapı bu kısıt sebebiyle 5 AP ile gerçekleşmiştir. Diğer bir kısıt ise söz konusu 5 AP'nin sadece 3 tanesinin firmware'nin açık kaynak kodlu olmasıdır. Bu yüzden firmware üzerine belirlenen yönlendirme algoritmasının yazılması fikrinden vazgeçilerek alternatifi aranmıştır.

Projenin hemen her safhasında zorluklarla karşılaşmış ancak yapılan araştırmalar sonucu birçoğu aşılmıştır. Yine elimizde olmayan sebeplerden dolayı, yönlendirme algoritmasının merkezi bilgisayar üzerinden yürütülmesi aşamasında, kod yazma konusunda karşılaşılan zorluk aşılamamıştır. Cihazların eth0(LAN) ve eth2(WLAN) ara yüzleri üzerindeki yük dağılımı başarıyla saptandıktan sonra, belirlenen ara yüzden paketlerin gönderilmesi

gerçekleştirilememiştir. Bunun sebebi cihazların yönlendirme tablolarında her bir yönlendirme girdisi için aynı çıkış ara yüzünü gösteriyor olmasıdır. Hedef adrese ulaşmak için AP'nin WLAN yolu da kullanılsa LAN yolu da kullanılsa yönlendirme tablosunda çıkış ara yüzü olarak eth0(LAN) görünmektedir. Bu yüzden eth0 ve eth2'den çıkan paketler ayrıştırılamamaktadır. Dolayısıyla yönlendirme gerçekleştirilememiştir. Bu konuda yapılan araştırmalar sonucu TELNET ile bu iki ara yüzü ayırmak için yöntem bulunmuş ancak bu yöntemler de cihazın yönlendirme tablosunda LAN ve WLAN kapılarını aynı ara yüz adıyla tutmasını engelleyememiştir. Bu engel aşılamadığı için, bu aşamada gerçekleştirilmek istenen düzen daha sonra ilgilenilmek üzere en son basamağa bırakılmıştır. Ancak bu konuda işe yarar bir çözüm yolu bulunamadığından tasarladığımız yönlendirme algoritması ve kodladığımız yönlendirme metriği olan bant genişliği kullanımı yönlendirme yazılımında kullanılamamıştır.

Telsiz örgüsel ağ projemizin geleceğine bakıldığında yapılabilecek birkaç iyileştirmeden bahsetmek mümkündür. Karşılaşılan kısıtlardan firmware üzerinde değişiklik yapma imkânı bulunursa cihazları uzaktan yönetmeye gerek kalmaz. Cihazlar gelen paketleri o anda değerlendirip uygun yönlendirme uygulayabilir. Yönlendirme yapmak için yönlendirme tablosunda eth0 ve eth1 ara yüz ayrımı yapılabilir. Bundan başka, ağa yeni eklenen AP'ye manüel olarak ağ yöneticisi tarafından hesaplanan ve atanan çalışma frekans kanalı, ağ yönetim programı tarafından mevcut ağ yapısında kullanılan kanallar değerlendirilerek belirlenip otomatik olarak ataması yaptırılabilir. Yapılabilecek diğer bir çalışma ise OSI 2. katmanda yönlendirme yapmak yerine 3. katmanda IP yönlendirmesi yapmak ve bunu sağlamak için tüm ağ konfigürasyonunu daha önce açıklanan WAN-LAN bağlantı düzenine göre ayarlamaktır. Bu durumda yeni problemler ile uğraşmak gerekse de yönlendirme konusunda herhangi bir engel kalmaz.

Çalışma planında belirlenen tüm basamaklar bitirildikten sonra telsiz örgüsel ağ 5 AP ile kurulmuş ve ağa AP'lerin LAN ve WLAN portları üzerinden erişilerek performans ölçümleri yapılmıştır. Ortamda aynı kanalda çalışan başka AP olmadığı sürece herhangi bir problemle karşılaşılmamıştır. Aynı frekans kanalında çalışan AP'lerin varlığı 802.11 standardı çalışma düzeni gereğince, telsiz örgüsel ağda girişimden kaynaklanan sinyal seviyesi düşüşüyle veri aktarım hızını düşürmektedir. Bu durum dışında ağa telsiz ve kablolu olarak bağlanan birde fazla istemci bilgisayar ağdaki diğer bilgisayarlara ve internete sorunsuzca ulaşabilmektedir.

Telsiz örgüsel ağlar, üniversite kampüsleri, farklı semtlerde şubeleri arasında iletişim ağı kurmak isteyen şirketler, kablo çekmenin mümkün olmadığı ya da çok yüksek maliyetli olduğu dağlık alanlar, ve kamu internet erişiminin ücretsiz verildiği yerleşim yerlerinde kullanılmaktadır. Telsiz iletişimin kapsama mesafesi sorununu ortaya kaldıran bir sistem olması sebebiyle kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] Tanenbaum, A., Computer Networks, 4th ed., Prentice Hall, 2003.
- [2] <http://wiki.openwrt.org/>
- [3] <http://www.oreillynet.com/pub/a/wireless/2004/01/22/wirelessmesh.html>
- [4] <http://research.microsoft.com/mesh/>
- [5] A. Adya, P. Bahl, J. Padhye, A. Wolman, and L. Zhu, A Multi-Radio Unification Protocol for IEEE 802.11 Wireless Networks, Microsoft Research, Technical Report MSR-TR-2003-44, July, 2003.
- [6] http://www.oreillynet.com/pub/a/wireless/2003/08/28/wireless_bridging.html
- [7] <http://www.tele.pitt.edu/~telelab/labs/IS%201066/pdf/IS1066~Wireless%20Access%20Point~07.08.05.pdf>
- [8] http://lion.cs.uiuc.edu/group_seminar_slides/082205-roofnet.pdf
- [9] http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/cisintwk/ito_doc/snmp.htm
- [10] <http://www.ece.uic.edu/~cpress/jmx/jdmkapi/com/sun/jdmk/snmp/agent/SnmpMib.html>
- [11] <http://rfc.activedomain.org/1500-1999/rfc1576.html>
- [12] <http://www.notam02.no/~kjetism/scribble/kawa/Telnet.java>
- [13] <http://snafu.freedom.org/linux2.2/docs/advanced-routing>
- [14] http://www.belgeler.org/howto/iptables-usage_rules.html
- [15] <http://www.boran.com/security/it10-lan-wan.html>
- [16] <http://www.cisco.com/warp/public/535/3.html>
- [17] <http://scitsc.wlv.ac.uk/~jphb/comms/telnet.html>
- [18] http://compnetworking.about.com/od/basicnetworkingconcepts/a/network_types.htm