



T.C.
ALTINBAŞ ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Bilgisayar Mühendisliği

**KABLOSUZ AĞLARDA BULUT DESTEKLİ
YÖNETİM SİSTEMİ İLE SAHA SORUNLARININ
İNCELENMESİ VE KALİTE KONUSUNDA
ÇÖZÜMLER ÜZERİNDE BİR ÇALIŞMA**

Oğuz DEMİRTAŞ

Yüksek Lisans Tezi

Öğretim Görevlisi
Asst. Prof. Dr. Muhammad Ilyas

İstanbul, 2020

**KABLOSUZ AĞLARDA BULUT DESTEKLİ YÖNETİM SİSTEMİ İLE
SAHA SORUNLARININ İNCELENMESİ VE KALİTE KONUSUNDA
ÇÖZÜMLER ÜZERİNDE BİR ÇALIŞMA**

Oğuz DEMİRTAŞ

Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik ve Bilgisayar Mühendisliği

Yüksek Lisans Tezi

ALTINBAŞ ÜNİVERSİTESİ
2020

Bu tezi okuduğumuzu; kapsam ve nitelik bakımından tezi olarak yeterli bulduğumuzu beyan ederiz.

Akademik Ünvan Adı SOYADI

Akademik Ünvan Adı SOYADI

Akademik Ünvan Adı SOYADI Fakülte / Üniversite _____
(Thesis Supervisor)

Akademik Ünvan Adı SOYADI Fakülte / Üniversite _____

Akademik Ünvan Adı SOYADI Fakülte / Üniversite _____

Akademik Ünvan Adı SOYADI Fakülte / Üniversite _____

Bu tezin tezi olarak bütün şartları sağladığını beyan ederim.

Akademik Ünvan Adı SOYADI
Ana Bilim Dalı Başkanı

Fen Bilimleri Enstitüsü kabul tarihi

__/__/__

Akademik Ünvan Name SURNAME
Enstitü Müdürü

Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik davranışlara uygun olarak edinildiğini ve sunulduğunu beyan ederim. Ayrıca, bu kuralların ve davranışların gerektirdiği şekilde, bu çalışmada, orijinal olmayan tüm materyalleri ve sonuçları tamamen alıntı yaptığımı ve referans gösterdiğimi de beyan ederim.

Oğuz DEMİRTAŞ



İTHAF

Yüksek lisans tez çalışmamın planlanması ve yürütülmesinde bana danışmanlık ederek yönlendiren değerli danışmanım Dr. Muhammed Ilyas' a, yüksek lisans eğitimim süresince sabırla yanımda olarak manevi desteklerini esirgemeyen sevgili aileme teşekkürlerimi sunarım.



ÖZET

KABLOSUZ AĞLARDA BULUT DESTEKLİ YÖNETİM SİSTEMİ İLE SAHA SORUNLARININ İNCELENMESİ VE KALİTE KONUSUNDA ÇÖZÜMLER ÜZERİNDE BİR ÇALIŞMA

Oğuz DEMİRTAŞ

Yüksek Lisans, Elektrik ve Bilgisayar Mühendisliği, Altınbaş Üniversitesi

Danışman: Asst. Prof. Dr. Muhammad Ilyas

Eş Danışman:

Tarih: 02-2020

Sayfa: 40

Kablosuz ağlarda ev tipi kullanıcıların sorunlarının analizi, kalite anlamında üretici ve servis sağlayıcılara çok yüksek maliyetlere sebep olmaktadır. Problemlerin tespiti, kablosuz cihazların çeşitliliği ve protokollerin çok olmasından dolayı oldukça zordur. Bu bağlamda bu tezin kapsamında kontrollü testler ile son kullanıcıların problemlerin tekrarlanması ve çözüm için gerekli verinin sağlanması için çalışma yapılmıştır. Çoğu zaman bu sorunlar yeni yazılım geliştirerek çözülmeye çalışılmaktadır. Fakat bu çözümler uzun süre gerektirmekte ve istenmeyen maliyetlere sebe oluşturmaktadır. Bunun yerine yerinde ve daha hızlı sorunlara müdahale edebilmek için bulut bilişim kullanılmaya başlanmıştır. Bulut bilişim bu anlamda iyi bir çözüm olabileceği düşünülse de bu tip bir verinin toplanması, analiz edilmesi ve tanımlanması oldukça zahmetlidir. Bu çalışmada, ev tipi kullanıcılara, kablosuz mesh çözümleri sağlayan bir üreticinin, bulut bilişim desteği ile saha problemlerinin tespiti ve çözümü için yapılan geliştirmelere örnekler verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kablosuz ağlar, örgü ağları, bulut bilişim, kalite.

ABSTRACT

CLOUD ASSISTED APPROACH FOR DETERMINING WIFI PROBLEMS IN FIELD DEPLOYED MESH APs- A CASE STUDY FOR QUALITY PROBLEMS

DEMIRTAS, Oguz

M.Sc., Electrical and Computer Engineering, Altinbas University,

Supervisor: Asst. Prof. Dr. Muhammad Ilyas

Co-Supervisor:

Date: 02-2020

Pages: 40

The analysis of the WiFi problems, in terms of quality, of home users causes very high costs to manufacturers and service providers. The detection of problems is very difficult due to the variety of wireless devices and protocols. In this context, within the scope of this thesis, repetition of the problems and providing the necessary data for solutions have been made with controlled tests. Often these problems are tried to be solved by developing new software. However, these solutions require a long time and cause unwanted costs. Instead, cloud computing has started to be used to respond to on-site and faster problems. Although cloud computing can be considered a good solution to these problems, collecting and analyzing such data is quite challenging. In this study, the field problems are investigated in a controllable test environment and pro-active solutions are proposed via a cloud-based approach in this manner.

Keywords: WiFi, 802.11, mesh, service quality, cloud, data mining.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
İTHAF	i
ÖZET	ii
ABSTRACT	iii
ŞEKİL LİSTESİ	vi
TABLO LİSTESİ	viii
KISALTMALAR	ix
1. GİRİŞ	1
1.1. PROBLEM TANIMI	2
1.2. LİTERATÜRÜN İNCELENMESİ	3
1.3. TEZİN AMACI	6
2. KONTROLLÜ KURULUM VE KAPSAMA ARAŞTIRMASI	7
2.1. KONUMLANDIRMA DENEMELERİ	11
2.1.1. Ölçüm Metodu Belirleme	11
2.1.2. İstemci Simülasyon İçin Otomatik Betik	12
2.1.3. Birinci Kablosuz Çoklayıcı Noktasının Belirlenmesi	14
2.1.4. İkinci Kablosuz Çoklayıcı Noktasının Belirlenmesi	20
2.1.5. Konumlandırma Denemeleri Test Sonuçları	23
2.2. KAPSAM ARAŞTIRMA DENEMELERİ	24
2.2.1. Üçüncü Kablosuz Çoklayıcı Ve Etkileri	27
2.2.2. Isı Haritası Oluşturulması	28
2.2.3. Kapsam Araştırma Denemeleri Sonuçları	30
2.3. GÜRÜLTÜ ANALİZİ	32
3. BULUT DESTEKLİ SAHA ANALİZİ	34
3.1. KABLOSUZ CİHAZLARDAN VERİ TOPLAMA	34
3.2. KURULUM KAYNAKLI PROBLEMLERİN İNCELENMESİ	36
3.3. KAPSAMA PROBLEMLERİNİN İNCELENMESİ	37
3.4. GÜRÜLTÜ KAYNAKLI PROBLEMLERİN İNCELENMESİ	38
4. SONUÇLAR	40

4.1. GELECEK ÇALIŞMALAR.....	40
REFERANSLAR	41



ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1:	5GHz kanal planı..... 10
Şekil 2.2:	Bir ev kullanıcısı için tasarlanan kurulum, kapsama ve gürültü test ortamı 11
Şekil 2.3:	İstemci otomasyon betik ağ şeması 13
Şekil 2.4:	Yaşam alanı internet servis lokasyonları..... 15
Şekil 2.5:	P_x, P_y noktalarından P^i noktaları ile Mesh bant genişliği 15
Şekil 2.6:	P_x, P_y noktalarından P^i noktaları ile RSSI karşılaştırması..... 16
Şekil 2.7:	P_x, P_y noktalarından C_i noktaları ile 1X1 anten performans ölçümleri ... 17
Şekil 2.8:	P_x, P_y noktalarından C_i noktaları ile 2X2 anten performans ölçümleri ... 17
Şekil 2.9:	P_x, P_y noktalarından C_i noktaları ile 3X3 anten performans ölçümleri ... 18
Şekil 2.10:	P^2 noktalarından P^i noktalarına performans ölçümleri..... 20
Şekil 2.11:	P^3 noktalarından P^i noktalarına performans ölçümleri..... 21
Şekil 2.12:	P^4 noktalarından P^i noktalarına performans ölçümleri..... 21
Şekil 2.13:	P^5 noktalarından P^i noktalarına performans ölçümleri..... 22
Şekil 2.14:	P^3, P^5 noktalarından P^i noktalarına göre performans ölçüm karşılaştırması 23

Şekil 2.15:	$P^1 - P^5$ noktalarından C_i noktalarına göre performans ölçüm karşılaştırması	25
Şekil 2.16:	$P^1 - P^5$ noktalarından C_i noktalarına göre RSSI ölçüm karşılaştırması ...	26
Şekil 2.17:	$P^1 - P^5 - P^7$ noktalarından C_i noktalarına göre betik ile performans ölçüm karşılaştırması	27
Şekil 2.18:	$P^1 - P^5 - P^7$ noktalarından C_i noktalarına göre mobil istemciler ile performans ölçüm	28
Şekil 2.19:	$P^1 - P^5 - P^7$ kurulumun bahçe katında ölçülen ısı haritası	29
Şekil 2.20:	$P^1 - P^5 - P^7$ kurulumun zemin katında ölçülen ısı haritası	30
Şekil 2.21:	$P^1 - P^5 - P^7$ kurulumun çatı katında ölçülen ısı haritası	31
Şekil 2.22:	$P^1 - P^3$ ilk kurulum sonrası CCA grafiği	33
Şekil 2.23:	$P^4 - P^6$ komşu kurulum üzerindeki trafik sonrası $P^1 - P^3$ CCA grafiği .	33
Şekil 3.1:	Bulut sisteminde bir servis sağlayıcıdaki kurulumlarının bağlantı dağılımı	36
Şekil 3.2:	Bulut sistem üzerinde çeşitli Kapsama alarm örnekleri	37
Şekil 3.3:	Bulut sistem üzerinde istemci bağlantı grafiği	38
Şekil 3.4:	Bulut sistem üzerinde CCA grafiği ile kanal değişikliği gösterim örneği .	38

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Tablo 2.1: 802.11a, 802.11n, 802.11ac için veri hızı oranı ve bant genişliği	7
Tablo 2.2: P_x, P_y noktasından yapılan ölçümlerde elde edilen RSSI değerleri	19
Tablo 2.3: Kablosuz çoklayıcı noktaları arasındaki RSSI ve bağlantı hızı ölçümü	24
Tablo 2.4: Kablosuz çoklayıcı sayısına göre kapsama noktaları.....	31

KISALTMALAR

ACS	:	Auto Configuration Server
AP	:	Access Point
CCA	:	Clear Channel Assessment
CWMP	:	CPE WAN Management Protocol
CPE	:	Customer Premises Equipment
CTS	:	Clear to Send
CSR	:	Cloud Service Router
dBm	:	Decibel-milliwatts
DECT	:	Digital Enhanced Cordless Telecommunication
DFS	:	Dynamic Frequency Selection
GHz	:	Gigahertz
HTTP	:	Hypertext Transfer Protocol
IoT	:	Internet of Things
LAN	:	Local Area Network
MAC	:	Medium Access Control
Mbps	:	Megabits per second
MIMO	:	Multiple Input - Multiple Output
MHz	:	Megahertz
MU-MIMO	:	Multiple Users - MIMO
OFDM	:	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
OFDMA	:	Orthogonal Frequency-Division Multiple Access
TDMA	:	Time Division Multiple Access
TCP	:	Transmission Control Protocol
PHY	:	Physical
QAM	:	Quadrature amplitude modulation
RTS	:	Request to Send
RSSI	:	Received Signal Strength Indicator
SNR	:	Signal Noise Ratio
VLAN	:	Virtual Local Area Network

WAN : Wide Area Network
WLAN : Wireless LAN
Wi-Fi : Wireless Fidelity
XMPP : Extensible Messaging and Presence Protocol



1. GİRİŞ

Günümüzde internet kullanımını tüm dünyada artmaya devam etmektedir. İnternetin yaygınlığının artması ile beraber kablosuz cihazların çeşitliliği ve gündelik hayatta kullandığımız kablosuz cihaz sayısı da artmaktadır. Bugün hemen herkesin kullandığı kişisel cep telefonları, tabletler ve bilgisayarların yanı sıra evlerde kullandığımız televizyon, elektronik aletler ve birçok IOT cihazları, IEEE 802.11 standartlarıyla belirlenmiş kablosuz teknolojiler üzerinden birbirleriyle haberleşerek kullanılmakta ve halen gelişmekte olan standartlarını desteklemeye devam etmektedirler [1]. İnternet hızlarının yükselişiyle, kablosuz cihazların hız gereksinimi de paralel şekilde gelişme göstermektedir. 802.11 standartları bu bağlamda günümüzde Wi-Fi 4'ten (2.4 GHz 802.11n) Wi-Fi 5'e (5 GHz 802.11ac) çok hızlı bir geçiş yaşamaktadır. Wi-Fi 5'i ise hızlıca Wi-Fi 6 (5 GHz 802.11ax) takip etmektedir. Cihaz ve istemci üreticileri, en güncel 802.11 standartlarını destekleyerek her geçen gün yeni nesil cihazlar geliştirmekte ve kullanıma sunmaktadır.

Değişen yaşam tarzından ve internetin hayatın vazgeçilmez bir unsuru haline gelmesinden ötürü bu cihazlar son kullanıcılar tarafından tercih sebebi olmaktadır. Akıllı cihaz sayısının ve kullanımının artması sonucunda daha fazla cihaz kablosuz ağa bağlanmaya başlamıştır. Temel yaşam alanları için internet kurulumlarında servis sağlayıcı ya da perakende satıştan temin edilebilen modemler kullanılmaktadır. Bir adet modemin sağladığı kablosuz ağa bağlanan cihaz sayısı arttıkça ağın performansında ister istemez sıkıntılar oluşmaktadır. Bu sıkıntıyı çözebilmek ve kablosuz ağı genişletebilmek amacıyla kablosuz çoklayıcılar yaygın olarak kullanılmaktadır. Mesh çözümleri ise kablosuz çoklayıcıların birbirleri ile daha verimli çalışmasını sağlayarak performanslarını artırmak ve kullanıcı kolaylığı sağlamak açısından tercih edilmektedir.

Mesh çözümleri bugün birçok üretici tarafından hem son kullanıcılara hem de servis sağlayıcılara temin edilmektedir. Bu cihazlar, temelde iki veya daha fazla kablosuz çoklayıcının aynı yaşam alanı içerisinde birbirleri ile eşgüdümlü olarak çalışmasını sağlayarak, yaşam alanı içerisinde yüksek verimliliği amaçlamaktadır. Son kullanıcılara yaşam alanı içerisinde daha geniş ve kesintisiz kablosuz çözümü sağlanmaktadır.

1.1. PROBLEM TANIMI

Düşük maliyetin yanı sıra yüksek kapasite ve hızı desteklemesi açısından son kullanıcılar tarafından tercih sebebi olsa da bu cihazların saha kurulumu ve kullanımı esnasında birçok problem ile karşılaşılmaktadır. Bu problemlerin analiz edilip çözülmesi çoğu zaman oldukça zor bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu problemler kimi zaman donanım kaynaklı çoğu zaman yazılım kaynaklı olarak oluşmaktadır. Desteklen protokollerin çeşitliliği ve istemci davranışlarının değişkenliği sorunların kaynağının tespitini oldukça zor bir hale sokmaktadır. Bu durum kullanıcıyı hizmet veya kalite problemi olarak etkilemektedir. Servis sağlayıcılar ve dolayısıyla cihaz üreticileri bu sorunları kalite sorunu olarak değerlendirmekte ve çözümler geliştirmek istemektedir.

Donanım kaynaklı sorunlar önceden yapılan testler ile en aza indirilmeye çalışılmaktadır. Buna rağmen oluşabilecek donanım sorunlarının çözümü ürünü değiştirmek ya da yenileştirme tamir çalışmaları olacaktır. Donanım kaynaklı bir problemi tespiti için cihazlar üzerinden veri toplanması ve değerlendirilmesi gerekmektedir.

Donanım kaynaklı sorunların aksine yazılım, kurulum ya da yanlış kullanım senaryosu kaynaklı sorunlar yeni yazılımlar, daha kapsamlı test veya sahada pro-aktif yöntemler ile çözülmek istenmektedir. Servis sağlayıcılar pro-aktif yöntemler geliştirmek amacıyla saha kurulum ve destek ekipleri, çağrı merkezleri ya da çeşitli uzaktan yönetim sistemleri ile bu sorunlara çözüm üretmeye çalışmaktadır. Servis sağlayıcılar açısından değerlendirildiğinde bu çözümleri üretebilmek için ciddi yatırımlar gerekmektedir. Destek ve çağrı merkezi elemanlarının eğitimi, uzaktan yönetim sistemlerinin kurulumu, sürdürülebilirliği, kullanımı ve kimi zaman yetersizliği ile sorunlara başa çıkmaya çalışılmaktadır. Ayrıca bu metotların ciddi maliyet oluşturduğu aşikardır. Burada temel sorun yaşanan problemin doğru analiz edilebilmesi ve çözümün uygulanabilirliği olarak gözükmektedir. Bu bağlamda saha sorunlarının anlaşılabilirliği ve çözümün uygulanabilirliği çok önem arz etmektedir. Sorunların analiz edilmesi için olmazsa olmaz olan şey ise cihazlardan toplanması gereken veriler olacaktır.

Kablosuz erişim cihazlarından toplanabilecek herhangi bir veri saklanması, analiz edilmesi ve çözüm üretilmesi ancak bir bulut destekli sistem aracılığıyla sağlanabilir. Cihazlardan alınabilecek her türlü sistemsel bilginin toplanması ise ancak ve ancak cihaz üreticilerinin desteği sayesinde sağlanabileceği kabul edilmelidir.

Günümüzde nesnelerin internete bağlanması aynı zamanda uzaktan izlenebilmeleri ve yönetilebilmelerini olanaklı hale getirmektedir. Çeşitli bulut sistemler kullanılarak kablosuz cihazların problemlerini pro-aktif olarak anlayabilir daha hızlı ve verimli çözümlerin servis sağlayıcılara önerilebilir olduğu görülmektedir.

1.2. LİTERATÜRÜN İNCELENMESİ

Bu tezin içeriğinde literatürün gözden geçirilmesi iki ana grup da değerlendirilmiştir. Birincisi 802.11 standartlarına uygun kablosuz cihazların iç ortam kullanımı üzerine, ikincisi kablosuz cihazlardan toplanacak verilerin aktarılacağı bulut sistem üzerine benzer problemlerin analizi ve çözümleri için bazı çalışmaların geliştirildiği görülmektedir. En uygun yöntemlerden bazıları bu bölümde kısaca bahsedilecektir.

Sarkar ve arkadaşları [2]'de, Neskovic ve arkadaşları [3]'da kablosuz sinyallerin iç ve dış ortamlarda yayıldıkları ortam özelliklerine bağlı olarak emilme, yansıma, kırınım, saçılma ve kırılarak sapma gibi sinyal gücünün zayıflamasına ve değişiklik göstermesine sebep olan temel faktörleri incelemişler. Bu etkiler kablosuz sinyallerin davranışları olarak da nitelendirilmektedir. Ayrıca kablosuz sinyallerin yayılım modelleri üzerine çalışmışlar ve bir vericiden yayılan sinyalin belirli uzaklıkta gücünün tahmin edilmesi, kablosuz çoklayıcıların yerleşimi, sinyal-gürültü oranı tahmini (signal-to-noise ratio), kapsama alanı belirlenmesi gibi bilgilerin sağlanması ile iç ve dış ortamlarda kablosuz sinyal karakteristiklerini içine alarak yayılımının modellenmesi üzerine çalışmalar yapmışlardır.

Kapalı ortam yapısı RSSI değişimlerini etkileyen en temel faktör olarak bilinmektedir. Bunun nedeni ortamda kullanılan yapı malzemelerine göre kablosuz sinyallerin yukarıda belirttiğimiz gibi değişkenlik göstermesidir [2], [3]. Özellikle kapalı ortamlarda duvar ve katların yapıldığı malzemeler kablosuz sinyalin yayılırken etkileşime girdiği yüzeyler olarak değerlendirilmek-

tedir. Farklı materyal özelliklerine göre farklı frekanslardaki kablosuz sinyaller için bu etki üzerinde çalışmalar bulunmaktadır [4], [5] ve [6].

Kablosuz sinyallerin kullanıldığı cihazlarda en önemli donanım elemanlarından biri antenlerdir. Alsmadi ve Saif [7]'de anten, iletilen sinyal gücünü ve alınan sinyal gücünü değiştirebilecek parametrelerden oluşmakta olduğunu ve bu parametrelerin RSSI tabanlı konumlandırma sistemlerinde bahsedilen cihaz çeşitliliği problemlerinin temelini oluşturmaktadır. Kablosuz cihazlarda birden fazla anten kullanılarak alınan sinyal gücü değişiminin azalmasını anlatmakta ve kablosuz konumlandırma hassasiyeti üzerine etkisini araştırmışlardır. Kjærgaard [8]'de çalışmasında kablosuz cihaz konumlandırma farklı donanım ve yazılıma sahip cihazların adaptasyonu problemini ortaya koymaktadır. Problemin çözümü olarak ise iki sistem önerilmiştir. Birincisi konumlandırma sisteminde farklı donanım ve yazılım kombinasyonlarının uygunluğunu belirleyecek bir sistem geliştirilmesidir. İkincisi ise uygun kombinasyonların RSSI tabanlı sisteme adaptasyonu olarak verilmektedir.

Ayrıca Rosa [9]' de çalışmasında insan vücudunun sinyaller üzerinde yansıma ve kırınım etkisini göstermektedir. Bu durum önceki çalışmalardan bilindiği üzere sinyalin çalışma frekansı ve dalga boyunun insan vücut boyutuna göre ve vücudun kablosuz sinyal ile olan karşılaşmasına göre değişerek sinyaller etkilenmektedir. Chen ve diğerlerinin [10] çalışmasında kablosuz ağlar kurarak gerçek ortamda test edilen erişim noktası yerleştirme algoritması üzerinde çalışmışlardır. Büyük bir alana sırası ile 4,6 vb. adet kablosuz çoklayıcı kare ve çapraz olarak değişik biçimlerde yerleştirilerek denemeler yapmışlar. Test çıktılarına göre iyi bir konumlandırma performansı için fazla sayıda erişim noktası kullanımına gerek olmadığı, kablosuz çoklayıcıların kapsama alanı yeterli ise doğru bir yerleşimin yeterli olacağı anlatılmaktadır.

Bulut Bilişim, depolama, işlemciler, bellek vb. kaynakların tüketiciden tamamen soyutlandığı özel bir dağıtılmış bilişim yöntemidir. Derrick Kondo ve arkadaşları [11]'da bulut bilişimi, web tabanlı katma değerli hizmetler sağlayan ortak bir altyapı oluşturmak için yeni veya mevcut donanım ve sanallaştırma teknolojilerinin kullanılması olarak tanımlamıştır. Bulut hizmeti modellerini anlamak, bulut hizmetlerinin veya barındırma hizmetinin uygun bir iş çözümü olup olmadığını belirlemek için önemlidir. Özellikle Bulut Hizmet İsteği

(CSR), güvenlik gereksinimlerini karşılama yeteneklerine dayanarak değerlendirme ve seçme için uygulanabilen sınırlı literatür vardır [12]. Günümüzde IBM, Microsoft, Google ve Amazon dahil olmak üzere birçok işletme farklı Bulut hizmetleri sunmaya başladı. Mevcut Bulut hizmetlerindeki geniş çeşitlilik nedeniyle, müşterinin bakış açısından, hangi hizmetleri kullanmaları gerektiğine ve seçimlerinin temelini ne olduğuna karar vermek zorlaşmıştır.

Derrick Kondo ve arkadaşları [11]'de çalışmasında performans, kaynak gereksinimleri ve parasal maliyetler, bu parasal ve performans maliyet faydaları ışığında, platform karşılaştırmalarında bulunmuştur. Bu soruları Amazon elastik hesaplama bulutunu kullanarak incelemişlerdir.

[13] çalışmasında yazarlar bir ev ağının uzaktan yönetiminin önemini anlatmış ancak üzerinde durdukları problem ev ağının teknik problemlerinden daha çok istemciler arasında ki önceliklendirme ve erişim hakları gibi konular olmuştur. Önerilen yöntemde ev ağını uzaktan yine son kullanıcı bulut üzerinden bir arayüzle erişip yönetecek şekilde tasarlanmıştır. Bu tip bir çözüm gerçek hayatta her ne kadar kişisel verilerin korunumu açısından kolaylık sağlasa da, son kullanıcıların farkındalık ve teknik yeterliliklerinden dolayı ilgilendiğimiz kablosuz çoklayıcıların karşılaştığı problemlerin çözümü açısından pek uygun gözükmemektedir.

[14]'te yazarlar bir ev ağının yönetimi için temel bir bulut sistemini tasarlamış ancak herhangi bir kurulum problemini incelememişlerdir. Bu çalışma bulut desteğiyle bir ev ağı kurulumuna yardımcı olunabileceğinin açık bir örneği olarak düşünülebilir. Diğer taraftan ev ağını oluşturan ve ev ağına katılabilecek kablosuz cihazların davranışları kullanım senaryoları ve problemleri incelenmeden bulut yönetim sistemi hali hazırda kullanılan TR-069 [15] ve benzeri sunucu bazlı yönetim sistemlerinden öteye gitmemektedir.

[16], [17] ve [18]'deki çalışmalar benzer şekilde bulut destekli ev ağı yönetimi konularında tasarım ve yöntemler önermişlerdir. Temel olarak literatüre bakıldığında ev ağı kurulumunda karşılaşılan konumlandırma, gürültü gibi problemleri inceleyen ve bu problemlere çözüm öneren bir bulut sistemi ile karşılaşılmadığı görülmüştür. Bu tez kapsamında bulut sistem tercihi konusunda yapılan araştırmalar kablosuz üretici ve geliştirici firma tarafından değerlendirilmiş olup, Amazon bulut servis olarak seçilmiş ve kullanılmıştır [19].

1.3. TEZİN AMACI

Bu tez kapsamında incelemek istediğimiz problemler, 802.11 teknolojilerini kullanan istemcilerin, ev tipi kullanım amaçlı üretilen kablosuz çoklayıcı mesh cihazlarının karşılaştıkları kurulum, gürültü ve kapsama problemlerinin kontrollü testler ile oluşturulması, bulut destekli yöntemler ile analiz edilmesi ve çözümler önerilmesi olacaktır.

Sorunların çözülmesi amacıyla sahada bulunan cihazlardan elde edilecek her türlü bilgi değerlendirilmek üzere depolanmakta, saha analizlerinde karşılaşılan problemlere çözümler üretmek için sırasıyla incelenmek istenmektedir. Tam bu noktada depolama, analiz etme ve uzaktan çözümler üretme amacıyla bulut destekli yöntemler devreye girmekte ve etkin çözümler sağlanabilmektedir [20], [21].

Bu çalışmada kontrollü bir kurulum senaryosunda yapılan testler ve sonuçları baz alınarak, bulut üzerinde toplanan gerçek bir saha verisi üzerinde karşılaşılan kurulum problemleri incelenmiş; kapsama, kopma, istemci ve kablosuz gürültü davranışlarıyla ilişkili olası problemler analiz edilmiştir.

2. KONTROLLÜ KURULUM VE KAPSAMA ARAŞTIRMASI

802.11 standartları kablosuz teknolojilerin performans sınırlarını laboratuvar ortamlarında belirlenmiş değerler olarak sunmaktadır. Bu değerlerin güncel hali [22]'den takip edilebilir. Bu performans değerleri gerçek hayat kullanımında ise kablosuz cihazların anten özelliklerine, çalıştığı frekans bandına, kablosuz kanal genişliğine, standartın desteklediği modülasyona ve çevre etkilerine göre değişmektedir. Bütün bu değişkenlerin dışında ağ düzeyinde kablosuz protokollerin ek yükü nedeniyle, uygulama seviyesindeki hızlar fiziksel (PHY) ağ seviyesinin %50 ila %70'i civarında olabilmektedir. Bunun nedenini anlamak için 802.11 MAC verimliliğini incelemek gerekmektedir [23]. Tablo 2.1'de bu değerlendirmeye göre sonuçları görebiliriz. Kısaca 802.11 MAC verimliliği, mümkün olan en yavaş modülasyonda gönderilmesi gereken 'temizlik' paketleri vardır ve bu paketler zaman alabilir ve her şeyi yavaşlatabilmektedir.

Tablo 2.1: 802.11a, 802.11n, 802.11ac için veri hızı oranı ve bant genişliği

Sembolik Yapılandırma	WiFi Band genişliği (MHz)	# Anten sayıları	Modülasyon boyut ve değeri	Guard Interval	PHY rate (Mbps)	Throughput (Mbps) ¹
802.11a						
Hepsi	20	1	64QAM _{3/4}	Uzun	54	24
802.11n						
Minimum değişiklik	20	1	64QAM _{5/6}	Uzun	65	46
Düşük seviye ürün (sadece 2.4 GHz ²)	20	1	64QAM _{5/6}	Kısa	72	51
Orta seviye ürün	40	2	64QAM _{5/6}	Kısa	300	210
Yüksek seviye ürün	40	3	64QAM _{5/6}	Kısa	450	320
Maksimum değişiklik	40	4	64QAM _{5/6}	Kısa	600	420
802.11ac 80MHz						
Minimum değişiklik	80	1	64QAM _{5/6}	Uzun	293	210
Düşük seviye ürün	80	1	256QAM _{5/6}	Kısa	433	300
Orta seviye ürün	80	2	256QAM _{5/6}	Kısa	867	610
Yüksek seviye ürün	80	3	256QAM _{5/6}	Kısa	1300	910
Maksimum değişiklik	80	8	256QAM _{5/6}	Kısa	3470	2400
802.11ac 160 MHz						
Düşük seviye ürün	160	1	256QAM _{5/6}	Kısa	867	610
Orta seviye ürün	160	2	256QAM _{5/6}	Kısa	1730	1200
Yüksek seviye ürün	160	3	256QAM _{5/6}	Kısa	2600	1800
Çok yüksek seviye ürün	160	4	256QAM _{5/6}	Kısa	3470	2400

802.11 MAC verimliliğinin etkisi ile gerçek performans değerleri düşmektedir. Örneğin, 2X2 antene sahip, 5GHz frekans da 80 MHz de çalışabilen 802.11ac bir kablosuz çoklayıcının

¹Yüzde 70 verimli MAC sayarsak, 802.11a hariç.

²Diğer AP'lerin varlığı nedeniyle 40 MHz'in mevcut olmadığını varsayarsak.

maksimum PHY veri hızı 867Mbps olmasına rağmen alınabilecek maksimum bant genişliği 610Mbps'dir. Diğer bir örnek ise 3X3 antene sahip 5GHz frekans da 80 MHz de çalışabilen 802.11ac bir kablosuz çoklayıcının maksimum PHY veri oranı 1300Mbps olmasına rağmen alınabilecek maksimum bant genişliği 910Mbps olduğu Tablo 2.1 de görülebilir.

Görüntülenen PHY hızının statik bir değer olmadığı ve aşağıda bahsi geçen nedenlere oldukça bağlı bir şekilde değiştiği görülmektedir.

- **Kablosuz kanal genişliği:** Kablosuz cihaz üreticileri 2.4GHz frekans bandı için 40MHz kanal genişliğini kullanarak PHY oran hızlarına atıfta bulunurlar. Aynı frekans bandını paylaşan ve aynı ortamda çalışan kablosuz teknolojilerin birbirleriyle etkileşerek performansta düşüşe neden olmasını, bir diğer deyişle paraziti, azaltan trafik planlama tekniklerine dayanan, ikisi bir arada bulunma mekanizmaları mevcuttur. Bu nedenle gerçekte cihazlar 40MHz yerine 20MHz kanal genişliği kullanırlar (bu durum belirtilen hızları yarıya indirir) [24].

5 GHz 802.11ac için, hızlar genellikle tüm AC istemcilerinin desteklemesi gereken 80MHz kanal genişliği için belirtilir. 802.11 a/b/g/n ile birlikte var olma; 80MHz 802.11ac kanalının kanal içinde çalışan eski 20MHz radyolarla düzgün bir şekilde bir arada var olması için, her paketleşmeden önce bir 'RTS- request to send - gönderme isteği' ve 'CTS- clear to send - göndermeyi temizle' haberleşmesi vardır ve bu tüm iletişimi yavaşlatır [1].

Ayrıca belirtilen hızlar 160 MHz kanal genişliği düşünüldüğünde (yeni Wi-Fi 6 kablosuz cihazlar ile kullanılmaya başlanılmakta), çoğu istemci bunu desteklemeyeceği için belirtilen hızları yarıya düşürerek değerlendirmeliyiz.

- **Modülasyon (QAM) kodlama (yönlendiriciden mesafe):**

AP / uzaklık: Kablosuz cihazlardan öğrenilen PHY hızı / mesafesi olarak da bilinir. Kablosuz cihaz üreticileri, [22]'de görebileceğiniz gibi PHY hız oranları kullanırlar. Fakat bu değerler kablosuz cihaza çok yakın olduğunda elde edebileceğimiz PHY hızlarıdır. Ancak kablosuz cihazdan uzaklaştıkça, istemcinin elde edebileceği hızlar yavaş yavaş azalır. Özetle [24] ve [25] de gösterildiği gibi, 'modülasyon / kodlama', aynı anda ne kadar bilgi aktarılabilirliğini gösterir ve doğrudan kablosuz cihaz ve cihaza olan mesafe ile ilgilidir.

İstemci QAM: Tablo 2.1’de görebileceğiniz maksimum QAM desteği hem kablosuz cihazda hem de istemci tarafından kullanılabilir. Kablosuz cihaz üreticileri 1024-QAM hızlarını destekleyebilirler ancak bugün hiçbir istemci aygıtı 1024-QAM’ i desteklememektedir. Ayrıca bu modülasyonlarda çalışabilmek için kablosuz cihazlara çok yakın olmamız gerekecektir. Bu durum da sahada elde edilen performansları etkilemektedir.

İstemci MIMO (Multi input and multi output): MIMO çoklu giriş ve çıkış anlamına gelen bir radyo terimidir. Verici (transmitter) ve/veya alıcı (receiver) tarafında birden fazla anten kullanılarak bağlantının performansını artırmaya yarar. Kablosuz cihazın veya istemci cihazın hangi MIMO destekliyorsa, maksimum PHY hızlarına göre erişilebilir hızları Tablo 2.1’de görülebilir. Her iki cihaz için de ortak olan minimum MIMO kullanılmalıdır, genellikle istemciye bağlıdır. Bu nedenle, 4X4 anten destekli kablosuz cihaz varsa, ancak ona bağlanmak için 2X2 anten destekli istemci kullanılıyorsa, kablosuz çoklayıcı için belirtilen maksimum hızlar anında yarıya (2/4) düşecektir. Neredeyse tüm yeni istemci cihazlar 2X2 ve daha eski cihazlar 1X1 desteklidir.

- **Gürültü (Parazitlenme, Girişim):** Günümüzde özellikle 2.4GHz frekansı kablosuz gürültü açısından ciddi problem oluşturmaktadır. Günlük hayatta kullandığımız birçok kablosuz ekipman, bu frekanstan çalışmaktadır. Evlerimizde sabit hatlar için kullandığımız kablosuz DECT telefonlar, bebekleri dinlemek/izlemek için kullanılan kablosuz alıcı vericiler, mikrodalga fırınlar, bluetooth cihazlar, bunlara ek olarak ortamda çalışan, sinyali bize kadar ulaşan ama bizim olmayan kablosuz cihazlar vb. . . örnek verilebilir. Bu cihazların tümü, eğer kullanılan kablosuz erişim cihazlarına kadar sinyallerini ulaştırabiliyorlarsa performansı olumsuz etkileyebiliyorlar, hatta tümüyle bozabiliyorlardır. [24]

5GHz bantı hava radarının yanı sıra uydu bağlantılarında, askeri ekipmanlarda ve çok çeşitli kolluk sistemlerinde kullanılır. Bu sebeple kullanılan kablosuz çoklayıcıların 5GHz bantındaki kanalları kullanması bazı düzenlemeler ile bağlanmıştır. Şekil 2.1’de göreceğiniz gibi 5GHz bantı alternatif kanallar olmamasına rağmen, bu banttaki her kanal kullanım için uygun olmayabilir. 5Ghz bandında 36, 40, 44 ve 48 (5.180-5.240GHz) no’lu kanallar (üst üste binmeyen) dünya çapında açık olarak ve 149, 153, 157, 161 ve 165 (5.745- 5.825GHz) no’lu

kanallar da Kuzey Amerika için mevcuttur. 5GHz bandının (5.260-5.700GHz) geri kalanı DFS (Dinamik Frekans Seçimi) ile uygulanmalıdır. DFS, radarı algılamak için tasarlanmıştır ve algılanırsa ve belirli bir gürültü seviyesinin üzerinde kablosuz cihazı DFS olmayan kanalda çalışmaya zorlar.

5 GHz Channel Allocations

Frequency (GHz)	5.150	5.250				5.470				5.600				5.640				5.725				5.850			
802.11 Allocations	UNII-1				UNII-2a				UNII-2c (Extended)				UNII-2c (Extended)				UNII-3								
Center Frequency	5180	5200	5220	5240	5260	5280	5300	5320	5500	5520	5540	5560	5580	5600	5620	5640	5660	5680	5700	5720	5745	5765	5785	5805	5825
20 MHz	36	40	44	48	52	56	60	64	100	104	108	112	116	120	124	128	132	136	140	144	149	153	157	161	165
40 MHz	38		46		54		62		102		110		118		126		134		142		151		159		
80 MHz	42				58				106				122				138				155				
160 MHz	50								114																
FCC	1,000 mW Tx Power Indoor & Outdoor No DFS needed				250 mw w/6dBi Indoor & Outdoor DFS Required				250mw w/6dBi Indoor & Outdoor DFS Required 144 Now Allowed				120, 124, 128 Devices Now Allowed								1,000 mW EIRP Indoor & Outdoor No DFS needed 165 was ISM, now UNII-3				
DFS Channels	DFS Channels				DFS Channels				DFS Channels				DFS Channels				DFS Channels								

Şekil 2.1: 5GHz kanal planı

Bu etkenler dolayısıyla istemciler vaat edilen hızlara erişememekte ve çok çeşitli problemler yaşamaktadırlar. Yaşanılan sorunları en aza indirebilmek için kablosuz çoklayıcıların konumlandırılması, yaşam alanı içerisindeki kapsama alanının doğru hesaplanması ve çevre faktörlerinin etkisinin en aza indirilmesi için çalışmalar yapılması gerekmektedir. Yaşam alanı içerisinde konumlandırılacak kablosuz çoklayıcı ihtiyacının analiz edilmesi ve yine kapsama problemlerinin analizi servis sağlayıcıların kurulum ekipleri tarafından yapılabilecek ölçümlerle hesaplanabilmektedir. Fakat bu hizmet için yetişmiş eleman ihtiyacı, zaman ve maliyet nedenleri ile ciddi problemler çıkarabilmektedir.

Bütün bu değerlendirmelerin yaşam alanları üzerindeki etkisini ölçebilmek, örneklendirebilmek ve bulut veri üzerinde yapılan analiz çalışmalarına sınır değerler tespit edilmesi için kontrollü bir ortamda tekrarlanan testler ile desteklenmiştir. Bu bağlamda, kablosuz çoklayıcıların konumlandırmaları ve istemci davranışlarının ölçülmesi için tasarlanan Şekil 2.2'deki gibi bir kontrollü test ortamında kablosuz çoklayıcılar için kurulum, kapsam ve gürültü senaryoları denenmiştir [26].



Şekil 2.2: Bir ev kullanıcısı için tasarlanan kurulum, kapsama ve gürültü test ortamı

Şekil 2.2’ de görülen yaşam alanı içerisinde ev kullanıcılarının kablosuz çoklayıcıları yerleştirebileceği noktalar P^i olarak ve istemcilerin kullanılabileceği noktalar C^i olarak belirlenmiştir. Kablosuz çoklayıcıların konumları P noktalarında denenmiş bunlara karşılık C noktalarında olası istemciler ile bağlantı ve hız testleri yapılmıştır.

2.1. KONUMLANDIRMA DENEMELERİ

2.1.1. Ölçüm Metodu Belirleme

Konumlandırma problemlerin analizi için PHY oranı “Alınan Sinyal Gücü Göstergesi” kullanılmasının efektif olmadığını yukarıda belirtilmişti. Bu nedenle kablosuz çoklayıcıların oluşturacağı mesh cihazları arasındaki RSSI değerleri ölçülmüştür. RSSI kablosuz sinyallerin ne kadar iyi duyulabildiğinin bir ölçümüdür. Optimum performans için istenen sinyal gücü, ortamdaki arka plan gürültüsü, ağdaki istemci sayısı göz önüne alınmaktadır. İstenen veri hızlarının ne olduğu ve hangi uygulamaların kullanılacağı gibi birçok faktöre bağlı olarak kurulum tipi değişebilir. Bu bağlamda öncelikli olarak RSSI seviyeleri ve bağlantı hızları ölçülmüştür [27]. Bağlantı hızı ölçümü için sektör standardı bir araç olan Iperf kullanılmıştır.

Iperf [27], TCP akışları kullanarak uçtan uca ulaşılabilir bant genişliğini ölçmek için kul-

lanılan, TCP pencere boyutu ve paralel akış sayısı gibi parametrelerde değişikliklere izin veren bir bant genişliği ölçüm aracıdır. Uçtan uca ulaşılabilir bant genişliği, bir uç ana bilgisayardaki bir uygulamanın diğer uç ana bilgisayardaki bir uygulamaya veri gönderebileceği bant genişliğidir.

Örnek bir Iperf testinin girdi ve çıktıları aşağıdaki gibi görülebilir.

```
Server (receiver): $ iperf -s
-----
Server listening on TCP port 5001
TCP window size: 85.3 KByte (default)
-----
[ 4] local 10.0.1.5 port 5001 connected with 10.0.1.10 port 60830
[ 4] 0.0-10.0 sec 1.09 GBytes 933 Mbits/sec
[ 4] local 10.0.1.5 port 5001 connected with 10.0.1.10 port 60831
[ 4] 0.0-10.0 sec 1.08 GBytes 931 Mbits/sec
Client (sender): $ iperf -c 10.0.1.5
-----
Client connecting to 10.0.1.5, TCP port 5001
TCP window size: 129 KByte (default)
-----
[ 3] local 10.0.1.10 port 60830 connected with 10.0.1.5 port 5001
[ ID] Interval Transfer Bandwidth
[ 3] 0.0-10.2 sec 1.09 GBytes 913 Mbits/sec
```

Buradan anlaşılacağı gibi sunucu tarafı 5001 giriş yerini (port) dinlemeye başlar ve istemci tarafı 10.0.1.5 IP'sinde bulunan sunucuya TCP trafiği gönderir. Belirlenebilecek bir süre boyunca buna devam eder ve iki bilgisayar arasındaki bant genişliğini ölçer.

2.1.2. İstemci Simülasyon İçin Otomatik Betik

Yaşam alanı içerisinde her oda da istemci noktası C_i ler belirlenmiştir. Yapılacak test maddelerinin çeşitliği ve tekrarı sebebi ile yaşam alanı içerisinde kablosuz çoklayıcılar ile istemciler arasındaki RSSI ve performans sonuçlarını ölçmek için bir betik geliştirilmiştir.

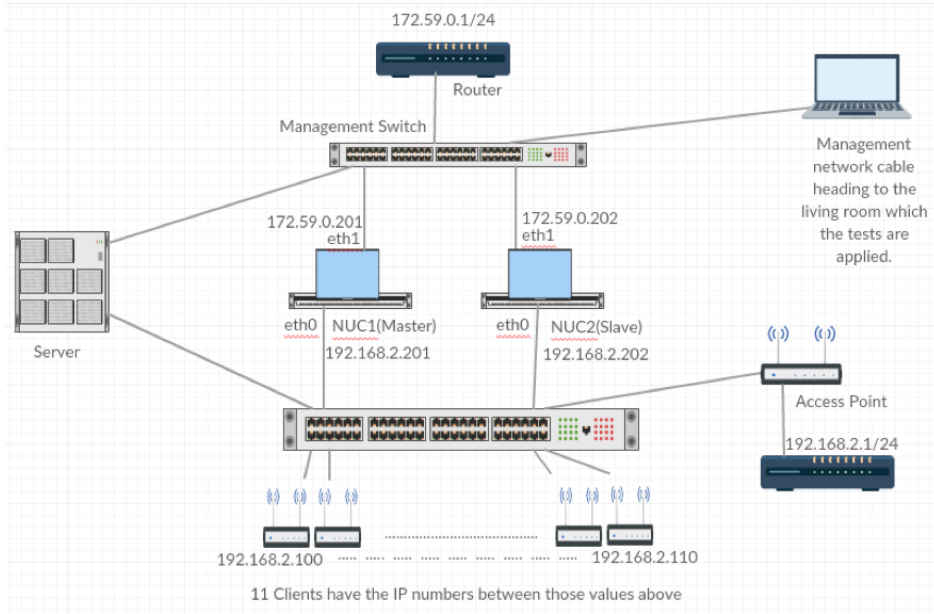
- Iperf uygulamasını çalıştırmak için 2 adet Linux bilgisayar konumlandırılmıştır. Her

bir bilgisayar üzerinde betik çalıştırılmıştır. Bu bilgisayarlar, Şekil 2.3’de görülebileceği gibi biri betiği yönetim amaçlı kullanılan yönetim ağı ve diğeri betiğin istemcileri yönetebileceği istemci ağı olmak üzere iki ağı yönetmek amaçlı olarak iki farklı ethernet arayüzüne sahiptir.

- Yönetim ve istemci ağlarını yönetebilmek için VLAN destekli yönetilebilir anahtar (switch) kullanılmıştır. Her bir ağın IP bloğu ayrı olarak belirlenmiştir.
- Betik için istemciler, yaşam alanı içerisinde belirlenen C_i noktalarına yerleştirilmiş kablosuz çoklayıcılardan oluşmaktadır. Bu cihazlar ethernet kabloları ile istemci anahtarına bağlanmıştır. Anahtar üzerindeki her bir port farklı bir VLAN ile tanımlanarak cihazların birbirine bağlanması engellenmiştir.
- İstemci kablosuz çoklayıcılar, üretici tarafından sağlanan komutlar vasıtasıyla betik aracılığıyla yapılandırılmaktadır.

Yaşam alanı içerisinde 11 adet istemci haline çevrilmiş kablosuz çoklayıcının aynı anda çalışarak birbirlerini kablosuz sinyalleri ile etkilememesi amacıyla test esnasında pasif olan cihazlar komut vasıtasıyla devre dışı bırakılacaktır.

Her bir istemci sırayla 1X1, 2X2 ve 3X3 anten destekleyecek şekilde yapılandırılarak sahada bulunan kablosuz cihazlar örneklenmiştir.



Şekil 2.3: İstemci otomasyon betik ağ şeması

Şekil 2.3’de tasarlanan betik destekli yönetim sistemi ile çok sayıda tekrarlı testler kolaylıkla yapılabilmektedir. Temelde betik çalıştığına;

- P^1 noktasına takılı olan kablosuz çoklayıcının arkasında ana (master) bilgisayara erişmektedir ve kablosuz çoklayıcıların içerisinde komut vasıtasıyla RSSI bilgilerini toplamaktadır.
- Yönetmek istediği C_i noktasındaki istemci cihazı ikincil (slave) bilgisayar ile aynı VLAN’a alarak iki bilgisayar arasında iperf ile bant genişliğini ölçmektedir ve sonucu kaydetmektedir.

Kablosuz kanal çeşitliği, mesh kurulumlarındaki kablosuz çoklayıcıların sayılarının değişikliği, son kullanıcıların kullandığı istemcilerin anten desteklerinin farklılıkları; tekrarlı ve sürdürülebilir testi zorunlu kılmaktadır. Bu bağlamda bu betik aracılığıyla tüm istekler karşılanabilmektedir. Ayrıca, gerçek istemciler temin edilerek de testler yapılmış ve betik sonuçları desteklenmiştir.

2.1.3. Birinci Kablosuz Çoklayıcı Noktasının Belirlenmesi

Servis sağlayıcılar, müşterilerine genellikle ilk etapta 2 adet kablosuz çoklayıcı kullanımını önermektedir. Bu bağlamda, bir tanesinin yaşam alanında servis sağlayıcının internet hizmetini getirdiği noktaya yerleştirilmesi gerekecektir. [28] ve [29]’e göre cihazlar arasındaki RSSI seviyesi ve buna bağlı olarak elde edilen bağlantı hızlarının göz önüne alınması uygun olduğu görülebilir. Test evinde salon içerisinde internet hizmetinin kullanılacağı iki adet nokta bulunmaktadır. Şekil 2.4’de görebileceğiniz bu noktalar P_x ve P_y olarak değerlendirilmiştir.

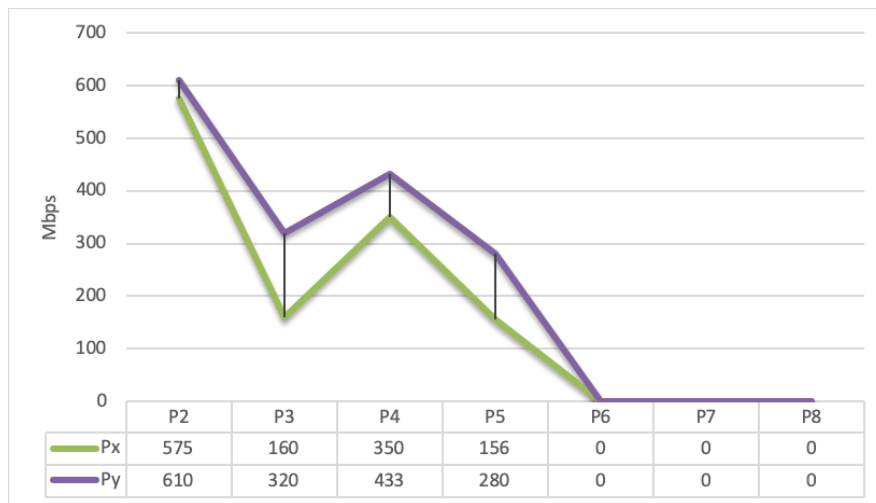
Bu iki noktadan birini birinci kablosuz çoklayıcı noktası P^1 olarak değerlendirilmesi gerekecektir. Bunu belirlemek için bu iki noktadan ayrı ayrı ölçümler yapılmıştır. P^1 (P_x ve P_y) noktasına göre yakın, orta ve uzak seviyede mesafeler belirlenerek diğer kablosuz çoklayıcının yerleştirilebileceği noktalar belirlenmiş, Şekil 2.2’de görülebilmektedir.

İlk olarak P_x ve P_y noktasından diğer kablosuz çoklayıcı noktaları arasındaki Mesh bant



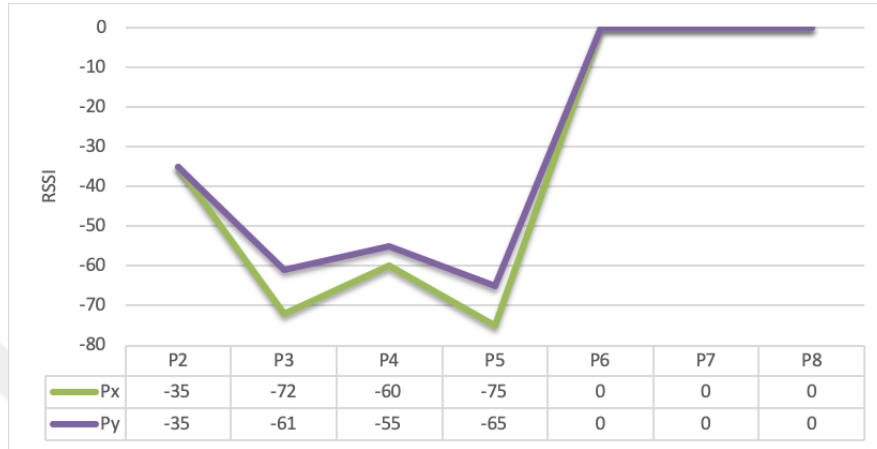
Şekil 2.4: Yaşam alanı internet servis lokasyonları

genişliği ölçülmesi yapılmıştır. Her bir nokta için 5 tekrarlı test yapılarak ortalaması değerlendirilmiş ve Şekil 2.5'deki grafik ile gösterilmiştir. Hem P_x hemde P_y ile P^6 , P^7 ve P^8 noktalarına konumlandırılabilir bir kablosuz çoklayıcı ile haberleşme sağlanamamıştır. Bu bilgi kapsama testleri için bize ipuçları vermektedir. P_x ile P^3 ve P^5 noktaları ile tekrarlı testlerde zaman zaman düşük sonuçlar görülmesi ortalama değerlerini aşağıya çekmiştir ve bize P_x noktasının P_y 'ye göre bu noktalarda zayıf olduğunu göstermektedir. Sonuç olarak Şekil 2.5'de görüleceği gibi P_y noktası mesh bant genişliği değerlendirmesinde P_x 'e göre daha iyi sonuçlar vermiştir.



Şekil 2.5: P_x , P_y noktalarından P^i noktaları ile Mesh bant genişliği

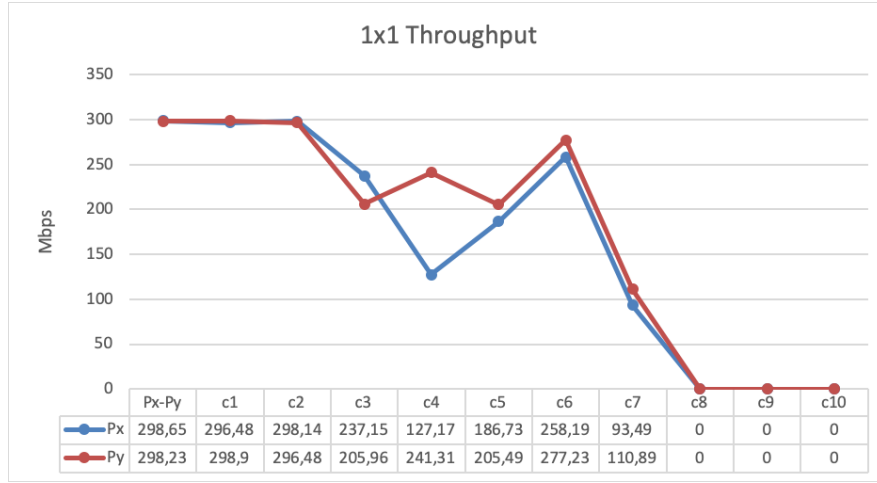
Ayrıca, Şekil 2.6’da bu ölçüm RSSI karşılaştırmasını görebiliriz. Bant genişliğinde olduğu gibi RSSI değerlerinde kablosuz çoklayıcılar arasında P_y noktası P_x ’e göre daha iyi sonuçlar vermektedir. Ayrıca şekil 2.5’de P_x ile P^3 ve P^5 noktalarının bant genişliği testlerinde görülen soruna göre şekil 2.6’dan -65dBm altı RSSI ölçümleri için sorun oluşabileceği izlenimi vermektedir.



Şekil 2.6: P_x , P_y noktalarından P^i noktaları ile RSSI karşılaştırması

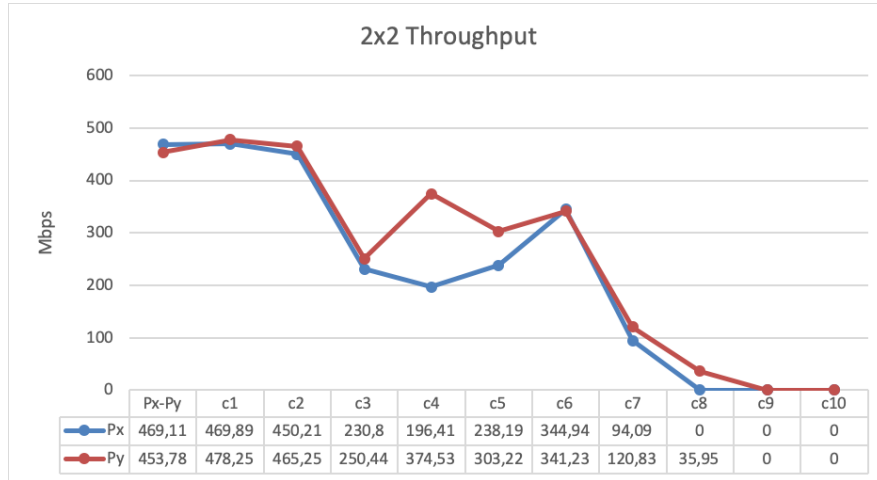
Kablosuz çoklayıcıların arasındaki performans ölçümü P_y noktasının kullanımının daha verimli olduğunu göstermektedir. Bu değerlendirmeye C_i noktalarını otomasyon betik ile yapılan test ölçümleri ile pekiştirmek gerekmektedir. Otomasyon betiği istemci noktalarındaki cihazların yapılandırılmalarını değiştirerek anten yapılarını sırası ile 1X1, 2X2 ve 3X3 olarak ayarlayabilmektedir. Buda bize farklı istemci tipleri davranışlarını örneklendirebilme imkanı sağlamaktadır. Bu bağlamda betiği kullanılarak yapılan bant genişliği sonuçları Şekil 2.7, 2.8, ve 2.9’da görülebilir. Bu testler esnasında, P_x noktası kullanılırken P_y noktasına, P_y test edilirken P_x noktasına birer tane kablosuz istemci yerleştirilmiştir.

Şekil 2.7’de 1X1 anten yapılandırması ile elde edilmiş bant genişliği ölçüm sonuçlarıdır. P_x ve P_y noktalarına yakın mesafe olarak değerlendirilecek P_x - P_y , C_1 ve C_2 noktalarındaki ölçümlerde fark görülmemektedir. Aynı kattaki diğer istemci noktası C_3 de P_x noktasının az da olsa daha iyi değer verdiği görülebilmektedir.



Şekil 2.7: P_x , P_y noktalarından C_i noktaları ile 1X1 anten performans ölçümleri

Ayrıca, Şekil 2.7’de P^1 e göre üste katta bulunan C_4 , C_5 , C_6 ve C_7 noktalarının P_y noktası ile yapılan testlerinde performans arttığı görülebilir. Özellikle C_4 noktasında ciddi bir farklılık görülmektedir. Diğer C_8 , C_9 ve C_{10} noktasında bulunan istemciler ile bağlantı kuramamıştır. Sonuç olarak Şekil 2.7’de görüleceği gibi 1X1 bir istemci ile P_x ve P_y noktalarını karşılaştırdığımızda, istemci kablosuz çoklayıcıdan daha uzak noktalarda bulunduğu P_y noktasından daha iyi performans elde edilebilmektedir.

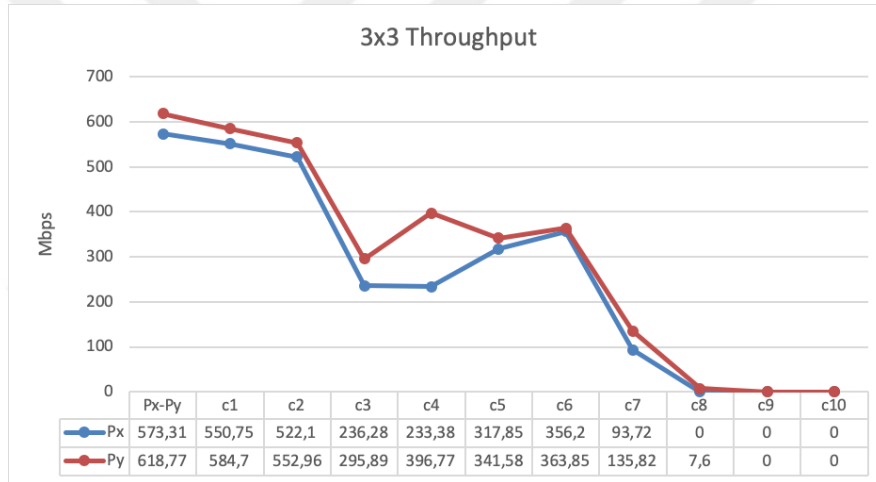


Şekil 2.8: P_x , P_y noktalarından C_i noktaları ile 2X2 anten performans ölçümleri

Otomasyon betiği teste 2X2 anten yapılandırılarak devam etmektedir. Şekil 2.8’de 2X2 yapı-

landırmasına göre bant genişliği sonuçlarını görmekteyiz. 2X2 test sonuçlarında da P_x - P_y , C_1 ve C_2 sonuçlarında benzerlik görmekteyiz. Yine üst katta bulunan C_4 , C_5 , C_6 ve C_7 noktalarında P_y noktasının üstünlük kurmaya başladığı görülmektedir. C_4 noktasındaki P_y noktasının bariz üstünlüğü burada görülmektedir.

Şekil 2.8'de, P_y noktası ile C_8 noktasında düşük de olsa performans ölçümü yapılabildiği görülmüştür. Buda P_y noktasının kapsama alanı için daha uzak mesafelere gidebileceğini bize gösterdiği olarak yorumlanabilecektir. C_9 ve C_{10} noktalarında P_x ve P_y noktalarındaki kablosuz çoklayıcılar için bir bağlantı elde edilememiştir. Sonuç olarak Şekil 2.8'de görüleceği gibi 2X2 bir istemci ile P_x ve P_y noktalarını karşılaştırdığımızda, istemciler kablosuz çoklayıcıdan daha uzak noktalarda bulunduğu P_y noktasından daha iyi performans elde edilebilmektedir.



Şekil 2.9: P_x , P_y noktalarından C_i noktaları ile 3X3 anten performans ölçümleri

Otomasyon betiği teste 3X3 anten yapılandırması ile devam etmektedir. Şekil 2.9'da 3X3 anten yapılandırmasına göre ölçülen bant genişliği değerleri mevcuttur. Bu sefer P_y noktasının ölçümlerinde yakın noktalarda gelişme gözükmemektedir. 3X3 testlerinin sonucunda hemen her noktada P_y sonuçları daha iyi performans göstermiştir. C_4 noktasındaki farklılık burada göze çarpmaktadır. C_8 noktasında P_y ile düşük de olsa bir sonuç elde edilmiştir. C_9 ve C_{10} noktasında hiç bağlantı elde edilememiştir.

Şekil 2.7, 2.8 ve 2.9 sonuçları değerlendirildiğinde P_y noktasının istemciler ile performansının daha iyi olduğunu görmekteyiz. Şekil 2.5 ve 2.6’ da elde ettiğimiz Mesh bant genişliği sonucunu destekleyerek P^1 noktası olarak P_y lokasyonunu değerlendirmemiz gerektiği görülmektedir.

Tablo 2.2: P_x, P_y noktasından yapılan ölçümlerde elde edilen RSSI değerleri

	1X1 RSSI (dBm)		2X2 RSSI (dBm)		3X3 RSSI (dBm)	
	P_x	P_y	P_x	P_y	P_x	P_y
P_x, P_y	-38	-38	-38	-36	-36	-36
C_1	-43	-37	-45	-36	-43	-36
C_2	-51	-55	-48	-55	-50	-53
C_3	-62	-59	-65	-62	-63	-63
C_4	-67	-64	-65	-53	-66	-53
C_5	-68	-61	-63	-61	-61	-61
C_6	-59	-60	-58	-57	-57	-58
C_7	-75	-73	-75	-71	-73	-70
C_8	0	0	0	-81	0	-81
C_9, C_{10}	0	0	0	0	0	0

Tablo 2.2’de yapılan bant genişliği testlerinde elde edilen RSSI ölçümleri görülebilir. P_x ve P_y noktalarının kullanımı ile elde edilen RSSI ölçümlerinin kendi arasında bazı farklılıklar göstermektedir. Bunun sebebi [7]’ de belirtildiği gibi anten kaynaklıdır. Kablosuz cihazlarda kullanılan anten yapısı, antenler kablosuz sinyalleri yayma biçimleri çevresel etkenler ile birleştiğinde farklı RSSI ve bant genişliği sonuçları elde edilebildiği görülmektedir. Kablosuz cihazların P^i noktalarındaki konumlandırmalarına etki edebileceği öngörüldüğünde anten davranışlarının test edilmesi için ayrı bir çalışma yapılması gerektiği değerlendirilebilir. Sonuç olarak bant genişliği değerlerinin aksine RSSI verilerinde antenin 1X1, 2X2 ve 3X3 olarak değişikliğinin daha az fark oluştuğunu söyleyebiliriz. Bu test sonucu bulut sistemde konumlandırma için RSSI değerlerinin kullanımı kararımızı desteklemektedir.

2.1.4. İkinci Kablosuz Çoklayıcı Noktasının Belirlenmesi

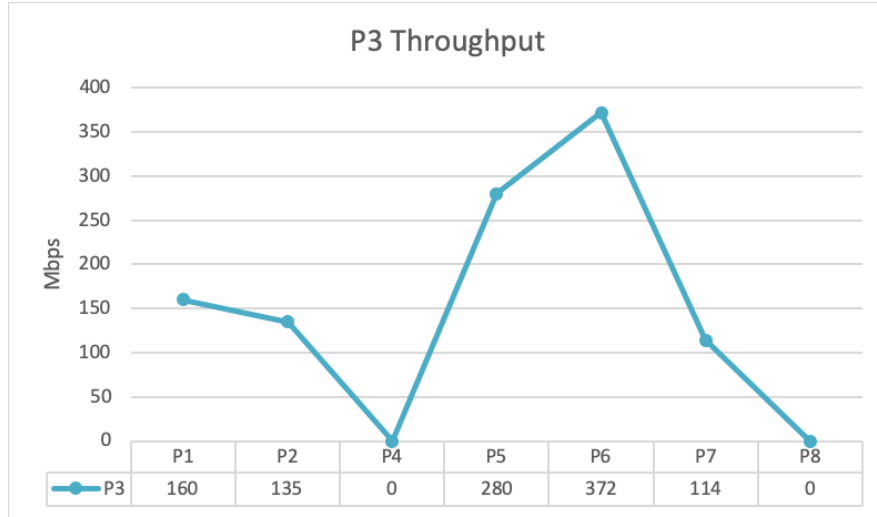
P^1 noktasını belirledik ve Şekil 2.5’de görebileceğimiz gibi evin için belirlediğimiz diğer olası kablosuz çoklayıcı yerleştirebileceğimiz noktalar arasında mesh bant genişliği ölçümlerini gerçekleştirdik. Şekil 2.5’e göre P^1 noktasından P^2 , P^3 , P^4 ve P^5 noktalarından mesh bağlantısı kurulabilmiş ve bant genişliği ölçülebilmisti. P^6 , P^7 ve P^8 noktalarından bağlantı sağlanamamıştır. O halde P^2 , P^3 , P^4 ya da P^5 ’e yerleştirilecek ikinci kablosuz çoklayıcı cihaz ile P^1 in kapsayamadığı P^6 , P^7 ve P^8 noktalarını kapsayabilir hale gelmesi öngörülmelidir. Bu bağlamda P^2 , P^3 , P^4 ve P^5 noktasından mesh bant genişliği ve RSSI ölçümleri yapılmıştır.



Şekil 2.10: P^2 noktalarından P^i noktalarına performans ölçümleri

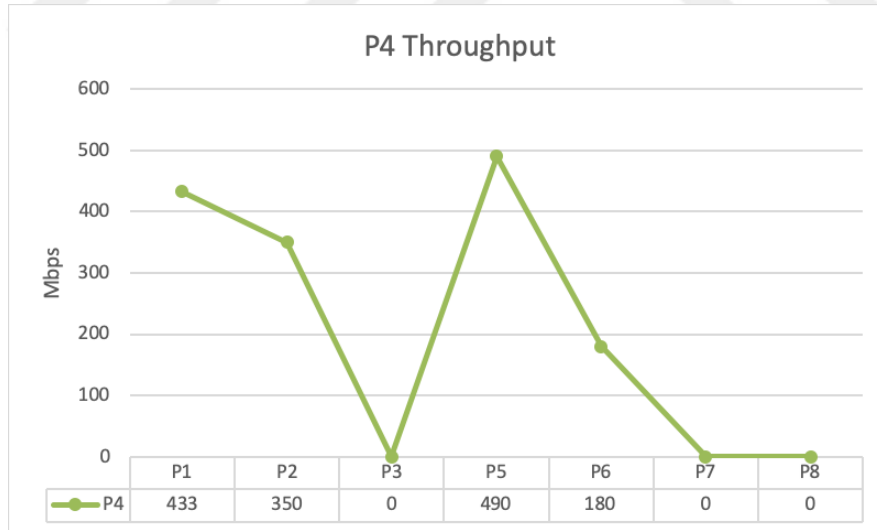
Şekil 2.10’da P^2 noktasından kablosuz çoklayıcılar arasındaki bant genişliği sonuçlarını görüyoruz. P^2 noktası P^1 ’ e yakın bir nokta olduğu için beklendiği gibi P^1 sonuçlarına paralel değerler vermektedir. P^2 üzerinden de P^6 , P^7 ve P^8 noktalarına erişim sağlanamadığı görülmektedir. Bu sebeplerden dolayı ikinci kablosuz çoklayıcıyı P^2 ye yerleştirmemiz uygun gözükmemektedir.

Şekil 2.11’de P^3 noktasından kablosuz çoklayıcılar arasındaki bant genişliği sonuçlarını görüyoruz. P^3 noktasından P^6 , P^7 ile bağlantı sağlanabilmiş, P^8 ve P^4 noktaları ile eri-



Şekil 2.11: P^3 noktalarından P^i noktalarına performans ölçümleri

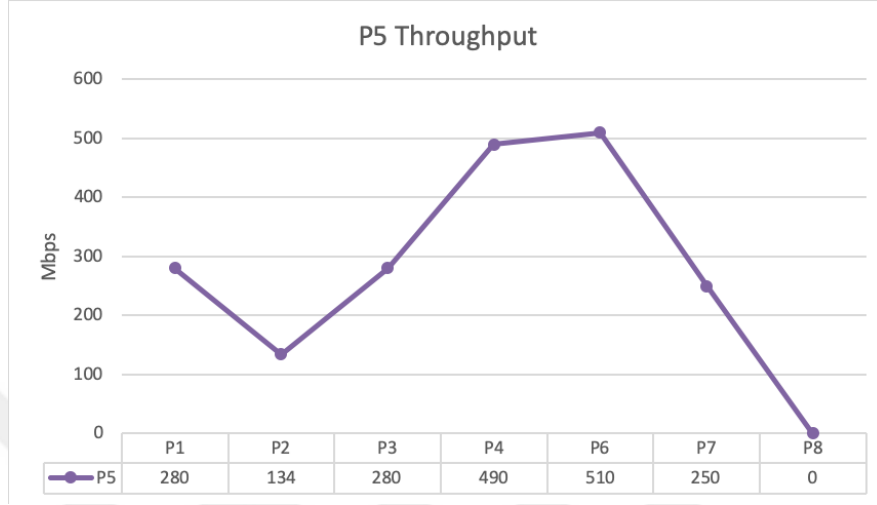
şim sağlanamadığı görülmektedir. P^4 noktası, P^1 ile kapsama alanı içerisine dahil olduğu bilinmektedir. Bu sonuçlara göre P^3 noktası ikinci kablosuz çoklayıcı yerleştirmek için değerlendirilebilir gözükmektedir. Diğer noktaların test sonuçları sonrası değerlendirilmesi gerekmektedir.



Şekil 2.12: P^4 noktalarından P^i noktalarına performans ölçümleri

Şekil 2.12'de P^4 noktasından kablosuz çoklayıcılar arasındaki bant genişliği sonuçlarını görüyoruz. P^4 'den yapılan ölçümlerde P^2 , P^7 ve P^8 noktalarında erişim sağlanmamıştır.

P^1 ile bahçe katı, P^4 ile giriş katı kapsam içerisine alınabilmektedir. Fakat, giriş katta P^6 ile erişim sağlanmış olmasına rağmen çatı katı kapsama alanına almak için yetersiz bir nokta olduğu görülmektedir. Bu bağlamda P^1 den sonra ikinci kablosuz çoklayıcı olarak değerlendirilmesi doğru olmadığı görülmektedir.

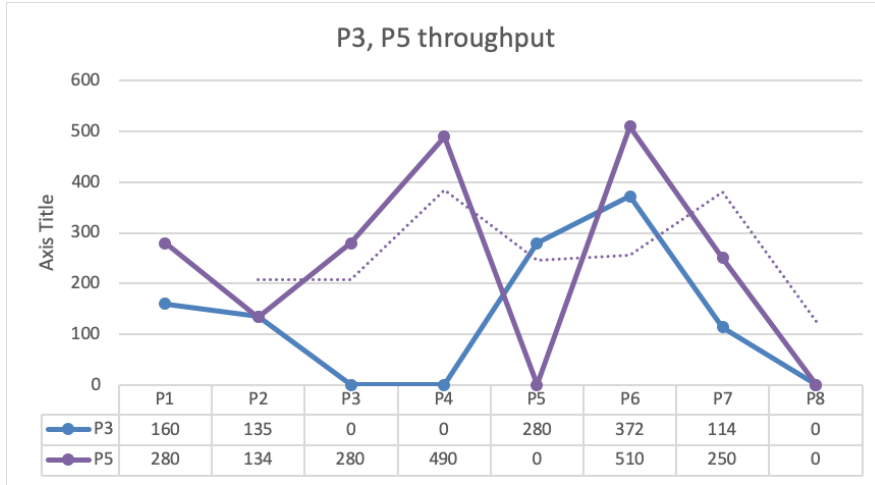


Şekil 2.13: P^5 noktalarından P^i noktalarına performans ölçümleri

Şekil 2.13'de P^5 noktasından kablosuz çoklayıcılar arasındaki bant genişliği sonuçlarını görüyoruz. P^5 noktasından yapılan ölçümlerde P^1 ile kapsama alanı dışında kalan P^6 ve P^7 noktalarına erişim sağlanmış fakat P^8 noktası ile bağlantı sağlanamamıştır. P^5 noktası bu sonuçlara göre P^3 sonuçlarına benzerlikler göstermektedir ve P^5 noktası ikinci kablosuz çoklayıcı için değerlendirilebilir gözükmektedir.

Bu testler sonucunda P^8 ile herhangi bir nokta üzerinden bağlantı sağlayamadığımızı görmekteyiz. Bu durumu iki kablosuz çoklayıcı ile bu yaşam alanı içerisinde yaşanılacak kapsama problemini adreslemektedir. Bu konu kapsam genişletme testlerinde değerlendirilecektir.

İkinci kablosuz çoklayıcıyı konumlandırmak için P^2 ve P^4 noktasını kullanmayacağımızı görebiliyoruz. P^3 ve P^5 noktalarını kullanabileceğimiz görülmektedir. Şekil 2.14'de P^3 ve P^5 noktalarının karşılaştırılması görülmektedir. Buna göre P^5 noktasının özellikle ulaşmaya çalıştığımız P^6 ve P^7 noktalarındaki üstünlüğü görülmektedir. Sonuç olarak P^5 noktası



Şekil 2.14: P^3, P^5 noktalarından P^i noktalarına göre performans ölçüm karşılaştırması

ikinci kablosuz çoklayıcı noktası olarak değerlendirilmiştir.

2.1.5. Konumlandırma Denemeleri Test Sonuçları

2.1.3’de yapılan testler ve değerlendirmeler sonucunda ilk kablosuz çoklayıcı için P^1 noktasına karar verilmiştir. 2.1.4’de yapılan testler ve sonuçların değerlendirilmesinde P^5 noktasının ikinci kablosuz çoklayıcı noktası olarak kullanılmasına karar verilmiştir. Ayrıca bu testler bize yaşam alanı içerisinde kapsama problemleri olabileceği bilgisini vermiştir.

Tablo 2.3’de P^1 ve P^5 noktalarından iki kablosuz çoklayıcı testlerinden elde edilen RSSI ve bağlantı hızları gösterilmiştir. Tablo 2.3’e göre, aşağıdaki çıkarımlarda bulunulabilir [26].

- 1, 3 ve 7 no’ lu testlerde kablosuz çoklayıcıların birbirine çok yakın olduğu görülmektedir. Bu noktalarda yeni bir cihaz ihtiyacı olmayacak kadar yakın olmaları dolayısıyla, bulut veri sisteminde -45dBm ve üstü çok yakın çoklayıcılar olarak değerlendirilmiştir.
- 2, 4, 6 ve 8 no’ lu testlerde, mesh bağlantısı sağlıklı bir şekilde kurulmuş ve ölçümler tamamlanmıştır. Bulut veride bu noktalar -45dBm ve -72dBm aralığında olup sağlıklı mesh olarak değerlendirilmiştir.
- 5 ve 9 no’ lu testlerde mesh bağlantısı kurulmamış ya da koptuğu görülmüştür. Bu durum bulut veride iki kategori olarak değerlendirilmiştir.

Tablo 2.3: Kablosuz çoklayıcı noktaları arasındaki RSSI ve bağlantı hızı ölçümü

	Kablosuz Çoklayıcı		
	Noktalar	RSSI (dBm)	Bağlantı Hızı (Mbps)
1	P^1-P^2	-35	580
2	P^1-P^3	-61	160
3	P^1-P^4	-55	433
4	P^1-P^5	-65	280
5	P^1-P^6, P^7, P^8	>-75	NA
6	P^5-P^3	-65	280
7	P^5-P^6	-45	510
8	P^5-P^7	-67	250
9	P^5-P^8	>-75	NA

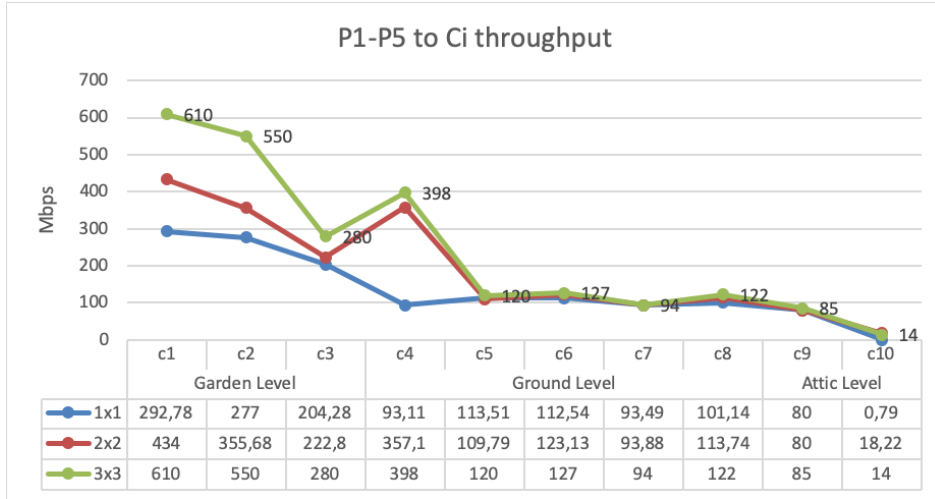
-72dBm ile -75dBm arasını zayıf link,

-75dBm altı değerleri kötü link

2.2. KAPSAM ARAŞTIRMA DENEMELERİ

Minimum sayıda kablosuz çoklayıcı kullanarak yaşam alanı içerisinde yeterli kapsama alanı hesaplaması, kapsamı ve büyük masrafları kontrol etmesi gereken servis sağlayıcılar için kritik öneme sahiptir. Konumlandırma testleri esnasında iki kablosuz çoklayıcı için en ideal P^1 ve P^5 noktalarını bulduk ve yerleştirdik. Mesh bant genişliği testleri sonucunda ev içinde P^8 noktasında erişim sağlayamadığımız gözlemledik. Bu sonuçları desteklemek için yaşam alanında belirlenen C_i noktalarından, kablosuz çoklayıcılara olan RSSI seviyeleri ve performansları ölçümlenmiştir.

Şekil 2.15’de P^1-P^5 noktalarına yerleştirilmiş iki kablosuz çoklayıcının C_i noktalarındaki istemci cihazların betik yardımı ile bant genişliği ölçüm sonuçlarını görülmektedir. Yaşam alanı içerisinde neredeyse tüm C_i noktalarında bağlantı sağlanılabildiği anlaşılmaktadır. C_1 , C_2 ve C_4 noktasının tercih edilen yaşam alanı olması dolayısıyla P^1 ’e yakın olması ile yük-

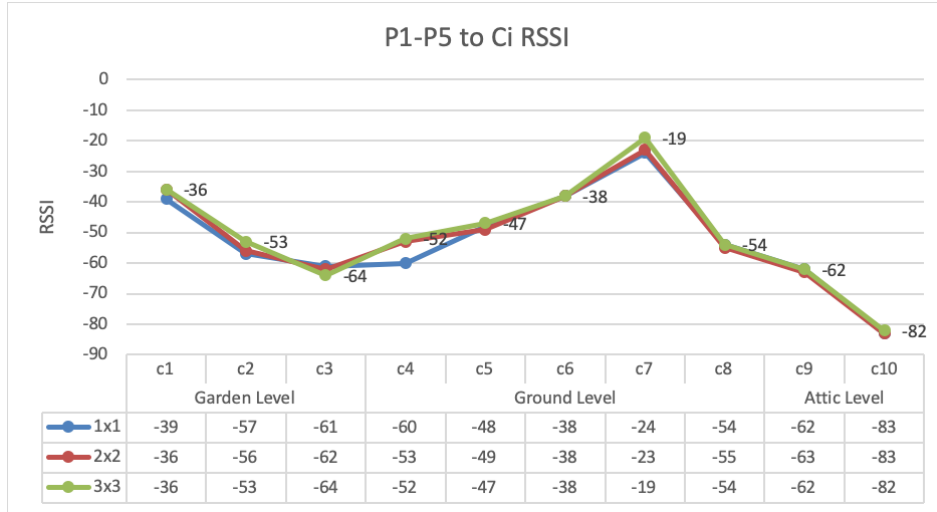


Şekil 2.15: $P^1 - P^5$ noktalarından C_i noktalarına göre performans ölçüm karşılaştırması

sek performans gerektiren kullanımların destekleneceği öngörüldüğünde yeterli hızlara erişilebileceği düşünülmektedir. C_3 noktasında P^1 'e -65dBm RSSI ile bağlı olmasına rağmen Şekil 2.16'da görebileceğimiz gibi performansın orta seviyede olduğu ortaya çıkmıştır. Ayrıca yakın noktalara göre ciddi bir düşüş olduğu görülmektedir. İstemcilerin C_3 noktasından bağlantı tercihi için P^1 tercih ediyor olması incelenmesi gereken bir nokta olarak karşımıza çıkmaktadır. C_3 istemci noktasının, P^3 kablosuz çoklayıcı noktasına yakın olduğu düşünülürse, Tablo 2.3'te 2. test sonucuna göre $P^1 - P^3$ bağlantısı -61dBm ile 160 Mbps sonuç verirken, 6. test sonucuna göre $P^3 - P^5$ bağlantısı -65dBm ile 280 Mbps gibi bir sonuç vermektedir. Bu durum aklımıza RSSI değeri daha iyi olmasına rağmen elde edilen bant genişliğinin neden düşük olabileceği sorusunu getirmektedir.

Bunun sebebi [2] ve [3] çalışmalarına göre kablosuz sinyallerin iç ve dış ortamlarda dalga boyu ve yayıldıkları ortam özelliklerine bağlı olarak emilme, yansıma, kırınım, saçılma ve kırılarak sapma olmak üzere sinyal gücünün zayıflaması ve değişiklik göstermesi olarak açıklanmaktadır. Bu durumun farklı bir çalışma ile incelenmesi ve ayrıca çalışılması gereken bir konu olduğu görülmektedir. Bant genişliğinin RSSI dan bağımsız olarak ortam özelliklerinden etkilenmesi sahada karşımıza çıkabileceği düşünüldüğünde, bulut sistemde referans olarak RSSI kullanımının daha az değişkenlik arz edeceği için uygun olacağı düşünülmektedir. Sonuç olarak C_3 noktasındaki istemci tercihini RSSI değeri yakın olan P^1 den yana

kullandığı anlaşılmaktadır.



Şekil 2.16: P^1 - P^5 noktalarından C_i noktalarına göre RSSI ölçüm karşılaştırması

Şekil 2.16'da P^1 - P^5 noktalarına yerleştirilmiş iki kablosuz çoklayıcının C_i noktalarındaki istemci cihazların betik yardımı ile RSSI ölçüm sonuçlarını görülmektedir. C_5 , C_6 , C_7 , C_8 ve C_9 noktalarından istemciler ile son derece yakın olduğu anlaşılan RSSI değerleri görüyoruz. Buna rağmen Şekil 2.15'de bu noktalarda çok yüksek hızlara erişemediğimizi görüyoruz. Bu RSSI değerleri bize bu noktaların P^5 noktasındaki kablosuz çoklayıcı ile bağlantı olduğunu göstermektedir. İkinci kablosuz çoklayıcı üzerinden alınan her sonuç P^1 - P^5 arasındaki bant genişliğine bağlı olacaktır [1], [30].

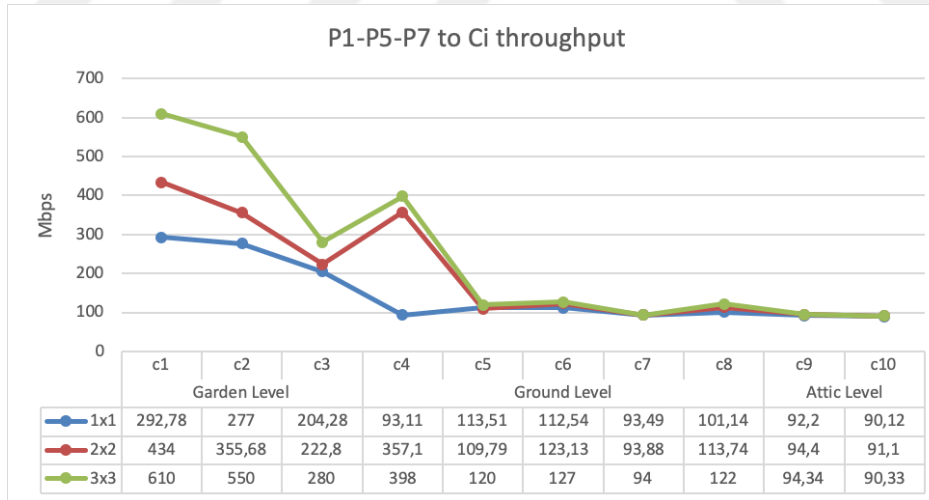
C_7 istemci noktası, P^5 noktasına en yakın konum olmasına rağmen, C_5 , C_6 , C_8 noktalarından daha düşük bir sonuç görülmesi dikkat çekici bir durumdur. Bu da bahsettiğimiz gibi kablosuz sinyallerin ulaşım esnasında yaşanan problemler sebebiyle olduğu aşikardır [2], [3]. Bu engeller, yaşam alanında kullanılan beton, demir, tuğla vb. etkenlerden kaynaklanmaktadır.

Ayrıca C_{10} noktasında neredeyse hiç bağlantı sağlanamadığı görülmektedir. C_{10} ve çevresini erişilebilir hale getirmek için yeni bir AP'ye ihtiyaç olduğu açıktır.

2.2.1. Üçüncü Kablosuz Çoklayıcı Ve Etkileri

C_{10} noktasına değerlendirilebilecek en yakın kablosuz çoklayıcı yerleştirilebilecek nokta P^7 olarak gözükmektedir. P^7 noktasına yerleştirilecek bir kablosuz çoklayıcının ikinci kablosuz çoklayıcı noktası P^5 ile P^7 arasındaki RSSI ve bant genişliği Tablo 2.3'ten görülebilir. P^7 noktasına yerleştireceğimiz üçüncü bir kablosuz çoklayıcı ile yaşam alanı içerisinde tren diye tabir edebileceğimiz, P^1 - P^5 - P^7 noktalarında üç adet kablosuz çoklayıcı kurulumu oluşmaktadır. Tren kurulum mesh çözümlerinde tercih edilmesede özellikle büyük ya da çok katlı yapılarda karşılaşılan kurulumlardır. Bu tarz kurulumlar kablosuz yayın atlama sayısını arttıracığı için performansı düşüreceği bilinmektedir [19].

Son durumu istemciler üzerindeki etkisini görmek için üç adet kablosuz çoklayıcıdan kurulan mesh çözümünün yaşam alanındaki C_i noktalarıyla betik çözümü ile bant genişliklerinin ölçülmüştür ve sonuçları Şekil 2.17'de görülebilir. 2.17'de ikinci ve üçüncü kablosuz çoklayıcıdan sonra elde edilen bant genişliğinde düşüş dikkate çekmektedir. Bunun sebebi yukarıda bahsettiğimiz gibi kablosuz sinyalin birden fazla çoklayıcı sonrası düşüş göstermesidir.



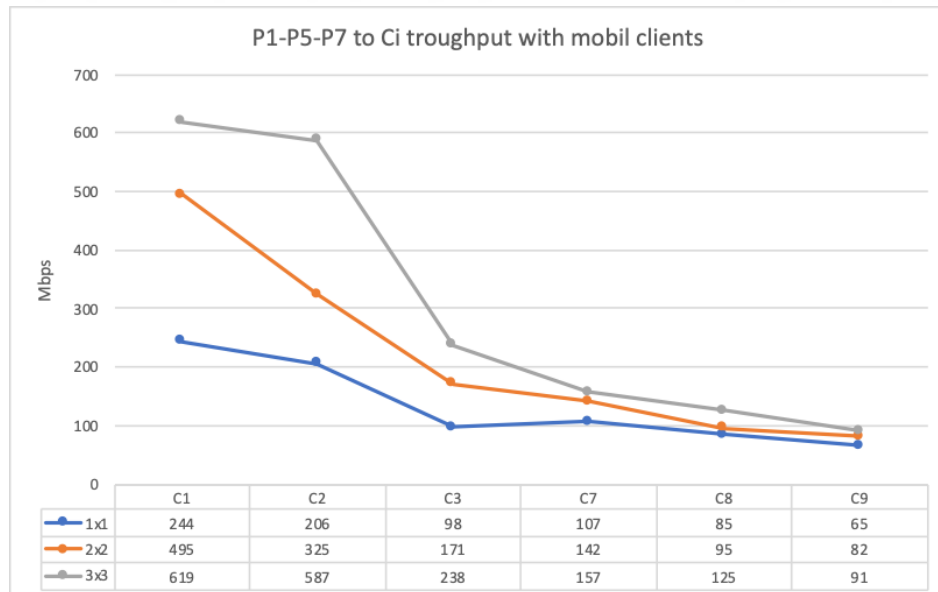
Şekil 2.17: P^1 - P^5 - P^7 noktalarından C_i noktalarına göre betik ile performans ölçüm karşılaştırması

2.17'de görüleceği gibi P^7 noktasının mesh kurulumuna dahil edilmesi ile C_{10} noktasında

erişim sağlanabilmiştir. Üçüncü kablosuz çoklayıcının arkasından C_{10} noktasında 90Mbps erişim sağlanabildiği anlaşılmaktadır. Sonuç olarak yaşam alanının hemen hemen her noktasında 100Mbps' a yaklaşan bir bant genişliği elde edilmiştir.

2.2.2. Isı Haritası Oluşturulması

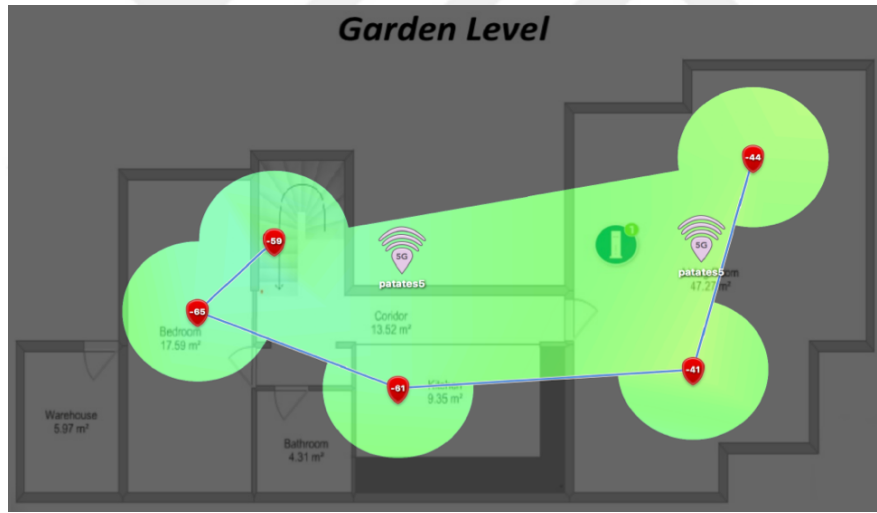
$P^1-P^5-P^7$ noktalarının C_i noktalarındaki istemciler ile olan bant genişlikleri betik yardımı ile tekrarlı olarak ölçülmektedir. Kablosuz çoklayıcıların kablosuz kanalları değiştirilerek bu testler tekrarlanmış ve benzer sonuçlar elde edilmiştir. Burada dikkat etmemiz gereken bir husus betik içinde kullandığımız istemciler aslında birer ayarlanabilir kablosuz çoklayıcıdır. Gerçek hayatta kullanılan istemciler ile testler yapılması ve sonuçların karşılaştırılması son derece önemli bir detay olarak düşünülmektedir. Bu bağlamda 3X3 antenli bir istemci bilgisayar, 2X2 antenli birer mobil istemci (gerçek hayatta kullanılan istemcileri büyük çoğunluğu olduğu öngörülürse) ve 1X1 antenli farklı mobil istemciler temin edilmiş ve aynı C_i noktalarından bazıları seçilerek testler yapılmıştır. Şekil 2.18'de $P^1-P^5-P^7$ noktalarına kurulan mesh çözümünün gerçek istemciler ile yapılan bant genişliği testlerinin sonuçlarını görebiliriz. Elde edilen sonuçlar, betik ile elde ettiğimiz sonuçlar ile benzer çıkmaktadır.



Şekil 2.18: $P^1 - P^5 - P^7$ noktalarından C_i noktalarına göre mobil istemciler ile performans ölçüm

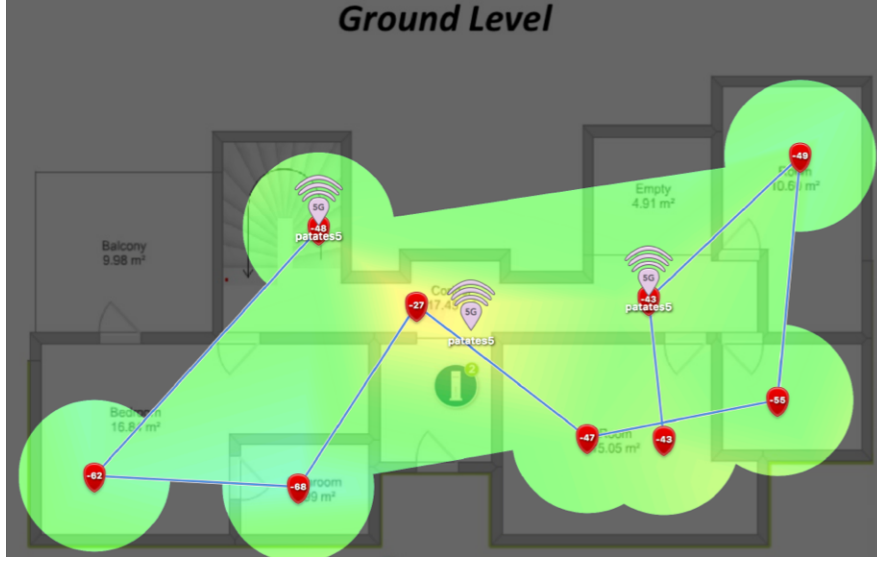
Bir diğerk değerlendirmemiz gereken konu C_i noktalarının sabit noktalar olmasıdır. Gerçek yaşam içerisinde istemciler yaşam alanında sabit kalmadığı gibi çok çeşitli noktalardan kablosuz çoklayıcılara bağlantı sağlaması gerekmektedir. Gerçek istemciler ile bu testi gerçekleştirmeye çalıştığımızda yaşam alanının bazı noktalarında kablosuz çoklayıcılar ile olan bağlantılar ve bant genişliklerinde sorunlar görülmeye başlamıştır. Yaşam alanının her bir metre karesinde gerçek istemciler ile testler yapılabilmesi mümkün gözükmemektedir ve sahada pratik olarak da uygulanabilir değildir. Bu amaçla farklı bir yöntem düşünülmüştür.

Kablosuz saha araştırmasının temel amacı, belirli bir alanda kablosuz bir ağın uygulanmasının fizibilitesini belirlemek ve erişim noktaları ile kablolar ve antenler gibi diğer ekipmanlar için en iyi noktaları bulmaktır. Bu bağlamda ısı haritası kullanılabilir. Isı haritası bir matristeki bağımsız değerlerin renk olarak gösterildiği verilerin grafiksel bir temsidir [31]. P^1 - P^5 - P^7 noktalarındaki kablosuz çoklayıcılardan oluşan mesh ağında Şekil 2.19'deki gibi bir ısı haritası çıkartılmıştır.



Şekil 2.19: P^1 - P^5 - P^7 kurulumunun bahçe katında ölçülen ısı haritası

Şekil 2.19'de bahçe katının P^1 noktasındaki kablosuz çoklayıcı ile bağlanan istemcilerin oluşturabileceği bir patikanın ısı haritasını görmekteyiz. Şekil 2.19, daha önce yapılan testler ile örtüşmekte ve ayrıca istemci patikasındaki noktaların artırılması ile olası problemleri noktaların belirlenmesine katkı sağlamaktadır.



Şekil 2.20: P^1 - P^5 - P^7 kurulumun zemin katında ölçülen ısı haritası

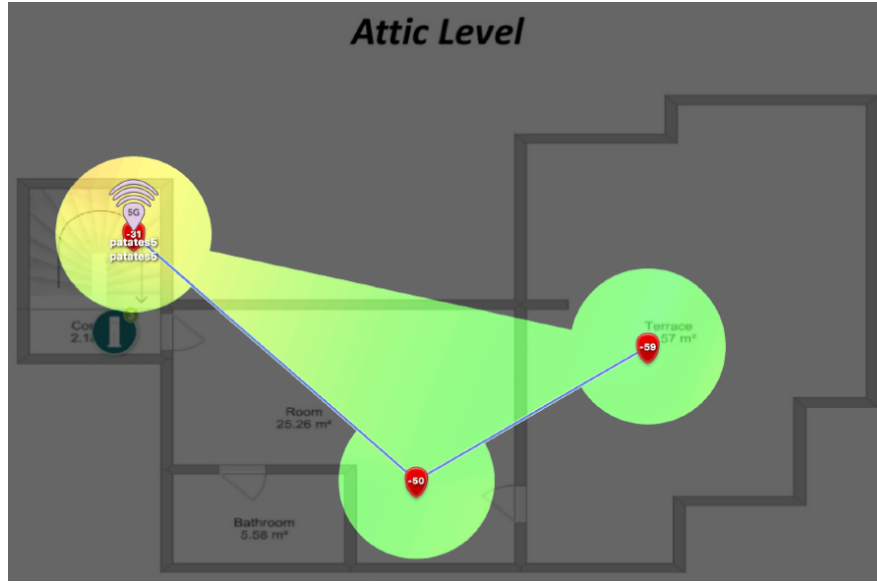
Şekil 2.20’de bahçe katından devam ederek zemin katta yapılan ölçümler sonucu oluşan ısı haritası görülmektedir. C_i noktalarının yakınından istemciler için patikaya devam ettiğimizde iki kablosuz çoklayıcının yaşam alanının neredeyse tamamını kapsadığını görebiliriz.

Şekil 2.21 ile istemci patikasının zemin kattan çatı katına devamı verilmektedir. P^7 noktasına konumladığımız üçüncü kablosuz çoklayıcının çatı katının tamamına erişim sağlayabildiği anlaşılmaktadır. Daha önce hiç değerlendirilmeyen teras bölümünün bile P^7 noktasına koyulan kablosuz çoklayıcı sayesinde erişilebilir noktalar arasına dahil olduğu ortaya çıkmaktadır.

Isı haritası yaptığımız tüm testlere destek olmaktadır. Ayrıca elde edilen diğer testler ve sonuçlar ile ev içinde oluşabilecek diğer kablosuz çoklayıcı kombinasyonlarını değerlendirebilmesine imkan sağlamaktadır.

2.2.3. Kapsam Araştırma Denemeleri Sonuçları

Yapılan testler sonucunda 2 adet kablosuz çoklayıcılı kurulum ile bu yaşam alanında bazı noktalarda hiç bağlantı sağlanamadığı, bazı noktalarda ise problemlili bağlantı sağlandığı



Şekil 2.21: P^1 - P^5 - P^7 kurulumun çatı katında ölçülen ısı haritası

görülmüştür. P^1 noktası referans alınarak hangi noktalarda istemcilerin sorun yaşadığı ya da bağlantı kuramadığı Tablo 2.4'e eklenmiştir.

Tablo 2.4: Kablosuz çoklayıcı sayısına göre kapsama noktaları

Kablosuz Çoklayıcı	İstemci bağlantı noktaları		
	Sorunsuz	Sorunlu	Bağlantı yok
Noktalar	<-70dBm	>-70dBm,<-76dBm	>-77dBm
P^1 - P^2	$C_1, C_2, C_4, C_5, C_6, C_7$	C_3, C_8	C_9, C_{10}
P^1 - P^3	$C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6, C_7, C_8$	C_9	C_{10}
P^1 - P^4	$C_1, C_2, C_4, C_5, C_6, C_7, C_8$	C_3	C_9, C_{10}
P^1 - P^5	$C_1, C_2, C_4, C_5, C_6, C_7, C_8$	C_3, C_9	C_{10}

Tablo 2.4'e göre P^1 ve P^5 noktalarına konulan cihazlara rağmen, C_3 ve C_9 ' un sorunlu olduğu, C_{10} da ise hiç erişim olmadığı görülmüştür. Yaşanan kapsama probleminde, tüm alanların kapsam içerisine alınabilmesi için P^3 ve P^7 noktalarında kablosuz çoklayıcı ihtiyacı olduğu ortaya çıkmıştır. Sadece P^3 e eklenen yeni kablosuz çoklayıcıya rağmen C_9

ve C_{10} noktalarında istemci erişimlerinde problemler devam ettiği görülmüştür. Aynı şekilde sadece P^7 ye eklenen cihaz ile C_3 noktasındaki problemin çözülemeyeceği görülmüştür. Bağlantının sağlanamadığı durumlar bulut sistemine raporlanmadığı için bir işlem yapılamamaktadır. Yapılan testlerde istemcilerin -70dBm ve -76dBm arasındaki RSSI değerlerinde kablosuz frekans değiştirme, bant genişliklerinde düşüş ve zaman zaman bağlantılarını kopararak tekrar bağlanma gibi girişimler yaptıkları görülmektedir. -77dBm ve altı değerlerde bağlantı sağlanamaktadır. Bu bağlamda bulut sisteme istemcilerin bağlantı RSSI, PHY hızları, bağlantı ve kopma anında kablosuz çoklayıcıya gönderdikleri 802.11 standart uyumlu olay bilgilerinin gönderilmesi sağlanmıştır. Bulut sistemde bu veriler kullanılarak kapsama alarmı eklenmiştir.

2.3. GÜRÜLTÜ ANALİZİ

RSSI ve istemci problemlerinin analizi sonrası yaşanan diğer bir sorun, arka plan gürültüsü problemleridir. Bu gürültüyü ölçmek için "Kanal Temizliği Değerlendirmesi"- "Clear Channel Assessment" (CCA) kullanmıştır. CCA, ortamın boşta olup olmadığını belirleyen bir mekanizmadır. Belli bir seviyenin üzerinde ise, ortam meşgul olarak kabul edilir [1], [32]. Kablosuz çoklayıcıların yakın konumlandırılmasının birbirlerine gürültü oluşturabileceğini deneysel testler de gözlemlenmiştir. Cihazların yakın konumlandırılması RSSI ile incelenmiş olsa da komşu cihazların ya da mikrodalga gibi aynı frekanslarda çalışan cihazların kablosuz çoklayıcıların çalıştığı kanallarda gürültü seviyesinin artmasına sebep olduğu bilinmektedir [33].

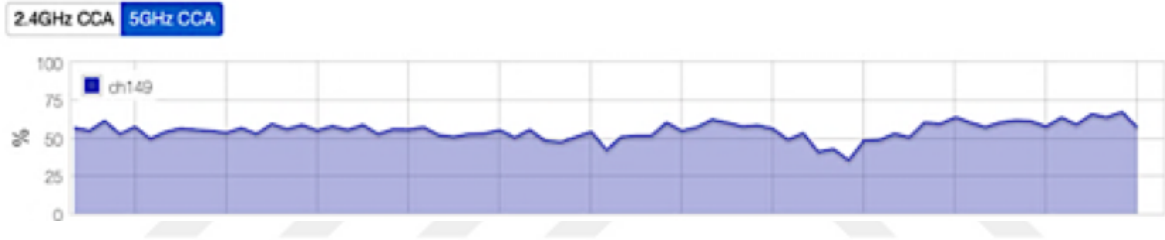
Örnek çalışma olarak, yaşam alanı içerisinde P^1 ve P^3 noktalarına kablosuz çoklayıcılar yerleştirilmiştir. P^1 - P^3 noktalarındaki cihazların üzerinden herhangi bir trafik oluşturmadan kanal ve gürültü bilgisinin CCA grafiği alınmış, Şekil 2.22'de gösterilmiştir. Şekil 2.22'de görülen düşük yoğunluk iki kablosuz çoklayıcının arasındaki 802.11 haberleşme nedeni ile oluşmaktadır. Ayrıca oluşturulacak gürültünün istemcilere olan etkisini değerlendirmek için C_1 noktasına 3x3 bir istemci yerleştirilmiştir ve P^1 ile olan bant genişliği 610Mbps olarak ölçülmüştür.

Komşu cihazlar kurulum senaryosu testi için P^4 ve P^6 noktalarına diğer bir kablosuz çok-



Şekil 2.22: $P^1 - P^3$ ilk kurulum sonrası CCA grafiği

layıcı kurulumu yapılmış, aynı kablosuz kanal üzerinde çalışması sağlanmıştır. $P^4 - P^6$ komşu kablosuz kurulum üzerinde istemciler ile bağlantı sağlanmış ve internet üzerinden video izlenerek trafik oluşturulmuştur. Bu trafiğin yaşam alanı içindeki $P^1 - P^3$ kurulumundaki etkisi CCA grafiğinden takip edilmiştir. Şekil 2.23'de $P^1 - P^3$ ile $P^4 - P^6$ kurulumlarının birbirleri arasındaki etkileşmesi sonucu oluşan $P^1 - P^3$ kurulumun CCA grafiği görülmektedir.



Şekil 2.23: $P^4 - P^6$ komşu kurulum üzerindeki trafik sonrası $P^1 - P^3$ CCA grafiği

Şekil 2.23'de görüleceği üzere komşu $P^4 - P^6$ 'daki kurulumdaki trafik diğer yaşam alanı $P^1 - P^3$ için gürültü oluşturmaktadır. Yaşam alanı $P^1 - P^3$ içindeki kablosuz gürültü üzerinde herhangi bir trafik bulunmamasına rağmen %20 seviyelerinden %60'a çıkmaktadır. C_1 noktasındaki istemci ile bu esnada tekrar ölçüm yapıldığında P^1 ile olan bant genişliği 565Mbps olarak ölçülmüştür. Bu değer komşu kurulumları arttırarak ya da istemci trafiğini arttırarak yaşam alanındaki kablosuz kullanımını daha kötü duruma gelebileceği aşikârdır.

Bu soruna temel çözüm kanal değişikliği yapılmasıdır. Uygun kanal tavsiyesi için üretici yazılımların çeşitli çalışmaları olmasına rağmen halen gelişmekte ve yeni algoritmalar denenmektedir. Bu çalışmada sadece bulut sisteminde CCA grafiği ile sorunu raporlanması ve kanal değişikliği tavsiyesi önerilmiştir.

3. BULUT DESTEKLİ SAHA ANALİZİ

NIST' in yani Amerikan Ulusal Teknoloji ve Standartlar Enstitüsünün Bulut Bilişim tanımını “Bulut bilişim istek üzerine rahat ulaşılabilir, kullanılmaya hazır, yapılandırılabilen bilgisayar kaynaklarının paylaşıldığı havuza ağ bağlantısı sağlama modelidir”. Bu tez kapsamında bulut sistem tercihi kablosuz üretici ve geliştirici firma tarafından Amazon bulut servis olarak seçilmiş ve kullanılmıştır [19]. Bulut bilişimin bu alanda kullanımı ve geliştirilen yöntemlerle sorunların çözümlerini sağlamak, üretici ve servis sağlayıcılara uygun maliyetli çözümler sunmasına imkan vermektedir [11]. Cihazlardan toplanan tüm veriler KVKK [34] ve GDPR [35] yönetmelikleri göz önüne alınarak toplanıp saklanmaktadır. Bu verilerin çeşitlendirilmesi, problem analizlerinin yapılması ve daha fazla katma değerli hizmetlerin oluşturulması sağlanmaktadır.

3.1. KABLOSUZ CİHAZLARDAN VERİ TOPLAMA

Broadband Forum kâr amacı gütmeyen, 1994 yılında telekomünikasyon ve bilgi teknolojisi sektörünün farklı bölümlerindeki yaklaşık 200 üye şirketle kurulmuş konsorsiyumdur. Broadband Forum, telekomünikasyon ağları ve servis sağlayıcı şirketler için, kablolu ve kablosuz erişim ve omurga ağlarını kapsayan ev, iş ve birleşik geniş bant hizmetleri için son 26 yılda tüm endüstrinin kullanımına sunulan 200'den fazla küresel olarak kabul edilmiş standart yayınlamıştır. Bu bağlamda 2006 yılında CPE Wan Management Protocol- TR069 standartının ilk sürümünü yayınlamıştır [15]. TR-069, bir CPE ve Otomatik Yapılandırma Sunucusu (ACS) arasındaki iletişim için tasarlanan CPE WAN Yönetim Protokolünü açıklar. CPE WAN Yönetim Protokolü, bir CPE'nin güvenli otomatik yapılandırmasını kapsayan bir mekanizma tanımlar ve ayrıca diğer CPE yönetimi işlevlerini ortak bir çerçeveye dahil eder. CPE WAN Yönetim Protokolü, aşağıdaki birincil yetenekler de dahil olmak üzere bir CPE koleksiyonunu yönetmek için çeşitli işlevleri desteklemeyi amaçlamaktadır:

- Otomatik yapılandırma ve dinamik hizmet sağlama
- Yazılım / bellek görüntü yönetimi
- Yazılım modülü yönetimi

- Durum ve performans izleme

TR-069 bu özellikleri ile günümüzde hemen hemen her kablolu ve kablosuz internet yönlendirici cihazlarda çalışmaktadır. Temelde Otomatik Yapılandırma Sunucusu tarafından metodlar kullanılarak o andaki veriyi cihazlardan almak üzere çalışmaktadır. Bu durum da sorunlara teşhis koyma konusunda yeterli olmamaktadır. Bizim bulut veri içerisinde kablosuz cihazlarda yaşanan olayları sürekli olarak takip etmemiz gerekmektedir.

Broandband Forum, TR-069 metodlarını desteklemek ve cihaz yönetimini standart hale getirebilmek adına TR-181 veri modeli yapısı geliştirmiştir [36]. TR-181 veri modeli yapısı ile kablosuz cihazlardaki opsiyonları yönetebilir duruma gelebilmekteyiz. Bu veri modelini bulut sistemde cihazları yönetebilme özelliği olarak kullanılmaktadır.

TR-069, bir Ağ Geçidi yoluyla LAN üzerinden bağlanan CPE'yi uzaktan yönetmek için kullanılabilir. ACS, bir NAT Ağ Geçidi veya güvenlik duvarı etkin Ağ Geçidi (Cihaz ile doğrudan ACS tarafından iletişim kurulmadığında) arkasında çalışan bir CPE ile ACS tarafından bir oturum başlatmasına izin verilmeyebilir. AnnexG, F ve K desteği ile tanımlanan prosedürlerde, bir ACS' in, ACS tarafından doğrudan temas kurulamayan cihazlar dahil, herhangi bir cihazla oturum başlatmasına yöntemleri tanımlanmıştır. AnnexK senaryosu için Extensible Messaging and Presence Protocol-Genişletilebilir Mesajlaşma ve İletişim Protokolü'ne (XMPP) dayalı farklı bir mekanizma kullanır. Bir ACS' in bir CPE'ye Bağlantı İsteğinin eşdeğerini verebilmesi için aşağıdakiler gereklidir:

- CPE, XMPP Sunucusuna güvenli ve kimliği doğrulanmış bir bağlantı kurabilmelidir ZORUNLU.
- CPE, XMPP Sunucusunun ACS tanımlı bir izin verilen adresler kümesinden istenmeyen mesajlar gönderebileceği bir XMPP Sunucusu ile bağlantı kurabilmelidir.

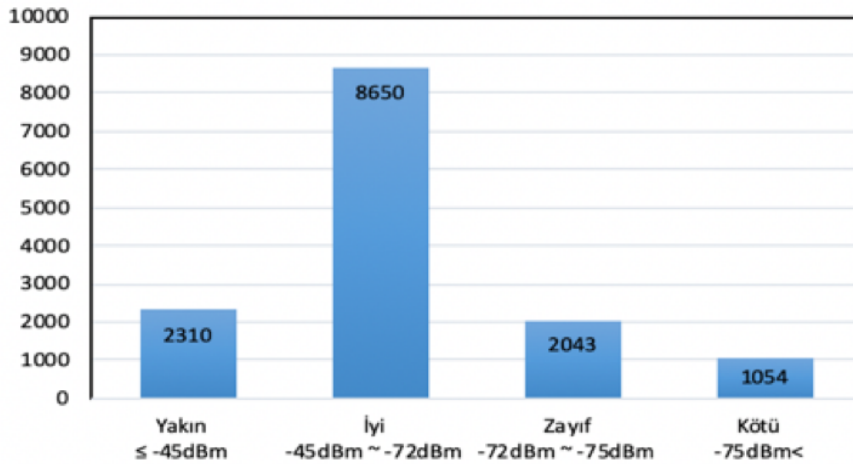
Yukarıdaki maddeleri gerçekleştirmek için, bu Ek standart bir XMPP (RFC 6120 [37] 'da tanımlandığı gibi) ağı üzerinden gönderilecek belirli bir mesaj setini tanımlar. XMPP tabanlı Bağlantı İsteği mekanizması var olan HTTP tabanlı Bağlantı İsteğini artırır. Bulut sistem bir ACS çözümü olmaması sebebi ile sahada cihazları gerektiğinde yönetebilmek için TR-

181 veri model ile çalışarak ve XMPP metodu ile cihazlarla bağlantı sağlayabilir bir sistem olarak tasarlanmıştır.

TR181 veri modeli çok geniş bir parametre grubu sunmasına rağmen, bizim testlerde incelediğimiz verileri ve daha fazlasının belirli aralıklarda cihazlarda biriktirilip bulut veritabanına gönderilmesi için daha hızlı bir yöntem ihtiyacımız bulunmaktadır. Bunun için cihaz üreticisi ile birlikte cihaz yazılımı içerisinde çalışan betik uygulaması geliştirilmiştir. Mesh ağındaki kablosuz çoklayıcıların her biri 10 dakika aralıklarla topladıkları istatistikleri bulut sistemindeki sunuculara bu betik aracılığıyla göndermektedirler [38]. Bulut üzerindeki veri işlenerek anlamlı hale getirilmektedir. Burada anlamlı halden kastedilen ham verilerin zaman, cihaz, radyo, topoloji, sıcaklık, istemci ve vb. gerçekleşen olay ya da durum bilgilerinin okunabilecek şekilde işlenmesidir.

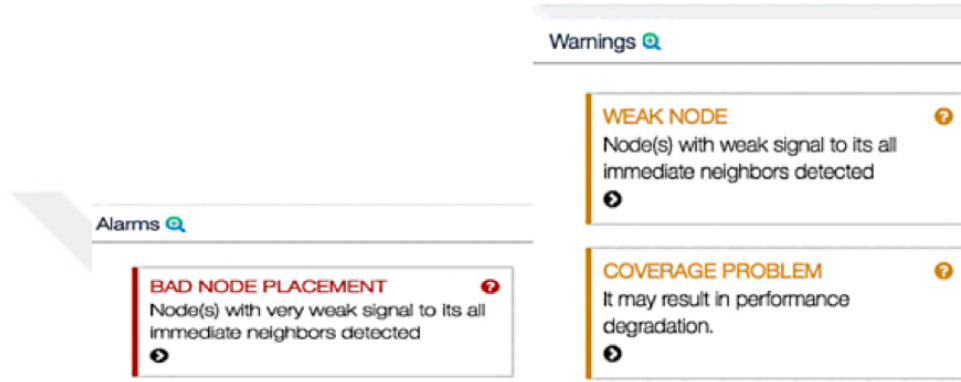
3.2. KURULUM KAYNAKLI PROBLEMLERİN İNCELENMESİ

Yaşam alanında yapılan kontrollü testlerden ve müşteri şikayetlerinden, ilk kurulum anından itibaren cihazların aralarındaki bağlantı kalitesinde yaşanan kurulum kaynaklı bir sorun olabileceği görülmektedir. Bulut üzerinde ilk kurulum anından itibaren toplanan veride, bu bağlamda öncelikli olarak RSSI seviyeleri kontrol edilmektedir.



Şekil 3.1: Bulut sisteminde bir servis sağlayıcıdaki kurulumlarının bağlantı dağılımı

Bölüm 2.1.5’de mesh ağındaki kablosuz çoklayıcılar arasındaki istenen RSSI seviyeleri belirlenmiş, bu değerlere göre bulut üzerindeki kurulumlar kategorize edilmiştir. Şekil 3.1’de bu değerlere göre bulut verisinden alınmış bir servis sağlayıcının dağılımı görülmektedir. Buradan anlaşılacağı gibi saha problemlerinin önemli bir kısmı kurulum kaynaklı problemden kaynaklanmaktadır. Bulut sistemi üzerinde belirlenen değerlere bağlı olarak oluşturulan raporlar sayesinde sorun oluşturabilecek kurulumların servis sağlayıcılara anlık olarak raporlanması sağlanmıştır. Şekil 3.2’de zayıf link ve kötü link alarmı veren bir örnek görülmek-

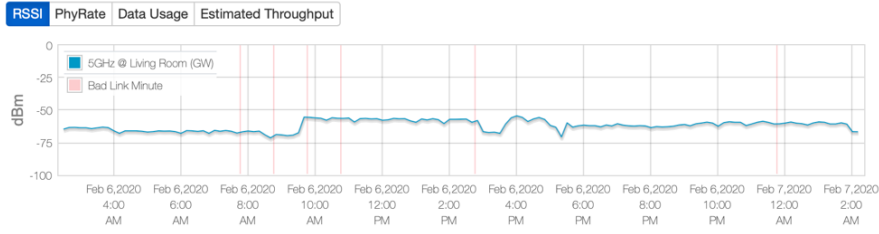


Şekil 3.2: Bulut sistem üzerinde çeşitli Kapsama alarm örnekleri

tedir. Kurulum bazında bu alarmlar takip edilerek özellikle sorunlu müşteri aramalarında çağrı merkezleri veya kurulum ekipleri tarafından müdahale edilmesi sağlanabilmektedir. Oluşturulan günlük raporlar ile tüm kurulumlar arasındaki problemlili kurulumlar tesbit edilebilmekte ve servis sağlayıcı tarafından pro-aktif olarak çözüm üretilebilmektedir.

3.3. KAPSAMA PROBLEMLERİNİN İNCELENMESİ

Kurulum kaynaklı problemlerin, istemciler için kapsama problemleri oluşturduğunu kapsam araştırma testlerinde gözlemlemiştik. Bulut sisteminde istemci durumları baz alınarak kapsama alarmları oluşturulmuştur. Yapılan kapsam araştırma testlerinde istemcilerin kablosuz çoklayıcılar ile -70dBm ve altı RSSI seviyelerinde bağlantı problemleri yaşadığını Tablo 2.4’de gözlemlenmektedir. Bulut veride istemci bağlantı RSSI, PHY hızları sürekli olarak takip edilmekte ve şekil 3.3’ deki gibi raporlanmaktadır. Bu bağlamda bütün istemcilerin bağlantı istatistikleri takip edilip değerlendirilebilmektedir.



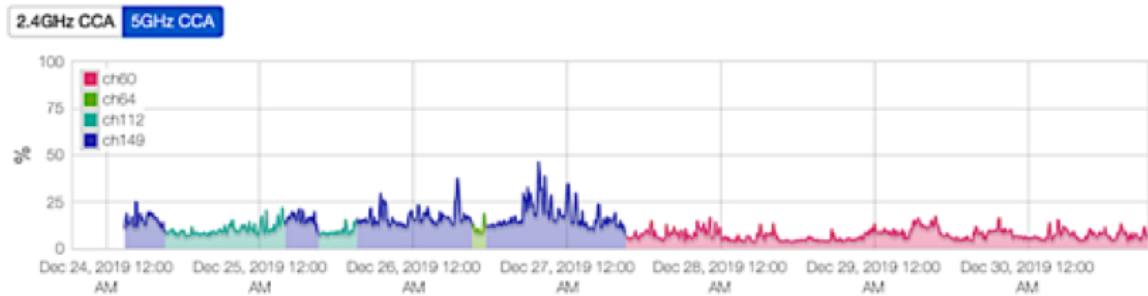
Şekil 3.3: Bulut sistem üzerinde istemci bağlantı grafiği

Bulut veri üzerinde istemcilerin RSSI seviyeleri değerlendirilerek kapsama alarım eklenmiştir, örnek olarak Şekil 3.2 verilebilir.

3.4. GÜRÜLTÜ KAYNAKLI PROBLEMLERİN İNCELENMESİ

Mesh ağındaki kablosuz çoklayıcıların her biri hem 5GHz hem de 2.4GHz frekanslarında çalışmakta ve birbirleri arasındaki mesh bağlantısını 5GHz üzerinden kurmaktadır. Bu sebepten dolayı aynı mesh içindeki kablosuz cihazların 5GHz kanalları aynı olması gerekmektedir. 2’de bahsettiğimiz 5GHz bandındaki düzenlemeler nedeni ile cihazlar otomatik olarak kanal değiştirmek zorunda kalabilirler. Bu bağlamda kanal bilgisi ve değişiklikleri takip etmek önem kazanmaktadır.

2.3’de yaşam alanı testlerinde elde ettiğimiz gürültü analizi için bulut veriden aldığımız ham CCA verisi grafiksel gösterim olarak , Şekil 3.4’teki gibi servis sağlayıcıya paylaşılmaktadır.



Şekil 3.4: Bulut sistem üzerinde CCA grafiği ile kanal değişikliği gösterim örneği

Şekil 3.4’de görüleceği üzere bulut sistemi üzerinden toplanan CCA verisinin yanında kanal verileri grafiksel gösterim haline getirilerek anlık olarak izlenebilir hale getirilmiştir. CCA grafiğinde görülen anlık değişiklikler takip edilebilir hale gelmiştir. Kablosuz kanalda gürültü daha temiz bir CCA’ e sahip bir kanala geçirilerek çözüm üretilebilir [39]. Servis sağlayıcılar bu tür durumlarda cihazların, çağrı merkezleri, kurulum ekipleri ya da uzaktan yönetim sistemleri ile (TR- 069 gibi) aktif olarak kullanılan kanalı değiştirebilir ya da bulut sistem üzerinde kullanılan XMPP bağlantısı vasıtası ile değiştirerek gürültü problemlerine çözüm getirilmesi amaçlamıştır. Örnek olarak Şekil 2.6’da görüldüğü gibi 149. kanalda sorun yaşayan bir kurulum 60. kanala geçirilmesi sağlanarak çözüm üretilmiştir [40], [41].



4. SONUÇLAR

Bu tez çalışmasında 802.11 kablosuz sinyalinin özellikleri incelenerek, teorik olarak belirlenmiş bilgilerinin gerçek hayat ortamında kontrollü olarak ölçülmesi sağlanmıştır. Yapılan literatür araştırmasında, kablosuz sinyallerin yayılımında maruz kaldığı etkiler ve bu etkilerin modellenmesinde kullanılan modeller değerlendirilerek kontrollü test ortamında çalışmalar yapılmıştır. Kontrollü test ortamında yapılan testler vasıtasıyla gerçek hayatta son kullanıcıların şikayet ettiği bir çok sorun gözlemlenmiş ve incelenmesi sağlanmıştır. Bu incelemeler sonucu elde ettiğimiz verilerin bazıları referans olarak büyük bir çoğunlukta gerektiğinde kullanılmak üzere bulut veri üzerinde servis sağlayıcıların erişimine açılmıştır.

Bulut veri ve gösterimi sayesinde kurulum sırasında yaşanan veya yaşanabilecek problemlerin azaltılması hedeflenmiştir. Kurulum sonrası yaşanan sorunlar için ise otomatik çözümler sağlayan raporlar, alarmlar ve öneriler oluşturulmuştur. Bulut aracılığıyla kullanıcıların yaşadıkları sorunların çözümlenmesi, servis sağlayıcılar açısından maliyet fayda endeksine göre oldukça önemli bir fayda getirmiştir. Sonuç olarak kontrollü testler ile gerçek hayat problemlerinin tekrarlanması kadar bu testlerden elde edilen verilerin bulut sistem vasıtasıyla son kullanıcılara yaşadığı sorunlar için hızlı ve etkin çözümler üretilmesi sağlanmıştır. Bu hizmetler ile servis sağlayıcıların toplam kalite değerlendirmelerinde artış görülmüştür.

4.1. GELECEK ÇALIŞMALAR

Bulut sistem den elde edilen çözümler son derece verimli ve heyecan vericidir. Yaşam alanında yapılan testlerin çeşitliği devam edilmeli ve yeni gelecek yazılımlar ile belirlenen değerlerin sürekli takip edilmesi gerekecektir. Ayrıca bu çalışma ile elde ettiğimiz bilgilere göre bulut sistemi kullanarak ileride daha fazla saha sorun analiz edilebileceği görülmektedir. Özellikle istemcilerin yaşadığı kurulum ve kapsama kaynaklı olmayan sorunlara odaklanarak çeşitli analizler çalıştırabilir. Bulut sistem üzerinde entegre kullanılabilecek uzaktan yönetim sistemleri ile hem saha kurulumları hem de anlık yapılandırma çözümleri üretilebileceği görülmektedir.

REFERANSLAR

1. Committee, I. C. S. L. S., “IEEE Standard for Information technology- Telecommunications and information exchange between systems-Local and metropolitan area networks-Specific requirements Part 11 : Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications”, *IEEE Std 802.11TM* , 2007, <https://ci.nii.ac.jp/naid/10030068811/en/>.
2. Sarkar, T. K., Zhong Ji, Kyungjung Kim, A. Medouri and M. Salazar-Palma, “A survey of various propagation models for mobile communication”, *IEEE Antennas and Propagation Magazine*, Vol. 45, No. 3, pp. 51–82, June 2003.
3. Neskovic, A., N. Neskovic and G. Paunovic, “Modern approaches in modeling of mobile radio systems propagation environment”, *IEEE Communications Surveys Tutorials*, Vol. 3, No. 3, pp. 2–12, Third 2000.
4. Sohail, A., Z. Ahmad and I. Ali, “ANALYSIS AND MEASUREMENT OF WI-FI SIGNALS IN INDOOR ENVIRONMENT 1”, .
5. Ji, Y., “Dynamic 3-D Indoor Radio Propagation Model and Applications with Radios from 433 MHZ to 2.4 GHz”, *International Journal of Communications, Network and System Sciences*, Vol. 05, pp. 753–766, 01 2012.
6. Yang, H., Giwan Yoon and D. Han, “Floor accuracy improvement of wireless LAN based large scale indoor positioning”, *2011 IEEE MTT-S International Microwave Workshop Series on Intelligent Radio for Future Personal Terminals*, pp. 1–2, Aug 2011.
7. Saif, K. and N. Alsmadi, “Mobile Phone Antenna Design”, , 2015.
8. Kjærgaard, M. B., “Automatic Mitigation of Sensor Variations for Signal Strength Based Location Systems”, M. Hazas and T. Krumm, Johnand Strang (Editors), *Location- and Context-Awareness*, pp. 30–47, Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2006.

9. Della Rosa, F., M. Pelosi and J. Nurmi, “Human-Induced Effects on RSS Ranging Measurements for Cooperative Positioning”, *International Journal of Navigation and Observation*, Vol. 2012, 11 2012.
10. Chen, Y., J. Francisco, W. Trappe and R. P. Martin, “A Practical Approach to Landmark Deployment for Indoor Localization”, *2006 3rd Annual IEEE Communications Society on Sensor and Ad Hoc Communications and Networks*, Vol. 1, pp. 365–373, Sep. 2006.
11. Kondo, D., B. Javadi, P. Malecot, F. Cappello and D. P. Anderson, “Cost-benefit analysis of Cloud Computing versus desktop grids”, *2009 IEEE International Symposium on Parallel Distributed Processing*, pp. 1–12, May 2009.
12. Alabool, H., “Trust -Based Service Selection in Public Cloud Computing Using Fuzzy Modified VIKOR Method”, *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, Vol. 7, pp. 211–220, 11 2013.
13. Gharakheili, H. H., J. Bass, L. Exton and V. Sivaraman, “Personalizing the Home Network Experience using Cloud-Based SDN”, *2014 IEEE 15TH INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON A WORLD OF WIRELESS, MOBILE AND MULTIMEDIA NETWORKS (WOWMOM)*, IEEE, IEEE, 345 E 47TH ST, NEW YORK, NY 10017 USA, 2014, 15th IEEE International Symposium on a World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks (WoWMoM), Sydney, AUSTRALIA, DEC 19, 2014.
14. Silverajan, B., J.-P. Luoma, M. Vajaranta and R. Itapuro, “Collaborative Cloud-based Management of Home Networks”, Badonnel, R and Xiao, J and Ata, S and De Turck, F and Groza, V and dos Santos, CRP (Editor), *PROCEEDINGS OF THE 2015 IFIP/IEEE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON INTEGRATED NETWORK MANAGEMENT (IM)*, pp. 786–789, IEEE; IEEE Commun Soc; IFIP, IEEE, 345 E 47TH ST, NEW YORK, NY 10017 USA, 2015, IFIP/IEEE International Symposium on Integrated Network Management (IM), Ottawa, CANADA, MAY 11-15, 2015.
15. Forum, B., “TR-069 Amendment 6, CPE WAN Management Protocol”, [https :
//www.broadband-forum.org/technical/download/TR-069_Amendment-6.pdf](https://www.broadband-forum.org/technical/download/TR-069_Amendment-6.pdf).

16. Lee, M., Y. Kim and Y. Lee, “A Home Cloud-based Home Network Auto-Configuration using SDN”, *2015 IEEE 12TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON NETWORKING, SENSING AND CONTROL (ICNSC)*, IEEE International Conference on Networking Sensing and Control, pp. 444–449, IEEE; Systems, Man, and Cybematic Soc; TFSA; Ministry of Sci and Techn, IEEE, 345 E 47TH ST, NEW YORK, NY 10017 USA, 2015, IEEE 12th International Conference on Networking, Sensing and Control, Taipei, TAIWAN, APR 09-11, 2015.
17. Leng, X., K. Hou, Y. Chen, K. Bu, L. Song and Y. Li, “A lightweight policy enforcement system for resource protection and management in the SDN-based cloud”, *COMPUTER NETWORKS*, Vol. 161, pp. 68–81, OCT 9 2019.
18. Younus, M. U., S. ul Islam, I. Ali, S. Khan and M. K. Khan, “A survey on software defined networking enabled smart buildings: Architecture, challenges and use cases”, *JOURNAL OF NETWORK AND COMPUTER APPLICATIONS*, Vol. 137, pp. 62–77, JUL 1 2019.
19. Amazon, A. E., “RFC 6120”, <http://aws.amazon.com/ec2/>, <http://aws.amazon.com/ec2/>.
20. HAYES, B., “Cloud computing”, *Communications of the ACM*, Vol. 7, p. 9.11, 2008, <https://ci.nii.ac.jp/naid/10026774219/en/>.
21. Gibson, J., R. Rondeau, D. Eveleigh and Q. Tan, “Benefits and challenges of three cloud computing service models”, *2012 Fourth International Conference on Computational Aspects of Social Networks (CASoN)*, pp. 198–205, Nov 2012.
22. “Modulation and Coding Index 11n and 11ac”, www.mcsindex.com.
23. Karmakar, R., S. Chattopadhyay and S. Chakraborty, “Impact of IEEE 802.11n/ac PHY/MAC High Throughput Enhancements on Transport and Application Protocols—A Survey”, *IEEE Communications Surveys Tutorials*, Vol. 19, No. 4, pp. 2050–2091, Fourthquarter 2017.

24. Chiasserini, C. F. and R. R. Rao, "Coexistence mechanisms for interference mitigation in the 2.4-GHz ISM band", *IEEE Transactions on Wireless Communications*, Vol. 2, No. 5, pp. 964–975, Sep. 2003.
25. Peng, F., J. Zhang and W. E. Ryan, "Adaptive Modulation and Coding for IEEE 802.11n", *2007 IEEE Wireless Communications and Networking Conference*, pp. 656–661, March 2007.
26. et al, P., "Cloud based wifi network setup for multiple access points", US20180331828A1, 11 2018.
27. J., D., *Iperf Tutorial.*, Report, Lawrence Berkeley National Laboratory, 2010.
28. Kolar, V., S. Razak, P. Mähönen and N. B. Abu-Ghazaleh, "Link quality analysis and measurement in wireless mesh networks", *Ad Hoc Networks*, Vol. 9, No. 8, pp. 1430 – 1447, 2011, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1570870511000679>, recent advances on practical aspects of Wireless Mesh Networks.
29. Farkas, K., T. Hossmann, F. Legendre, B. Plattner and S. K. Das, "Link quality prediction in mesh networks", *Computer Communications*, Vol. 31, No. 8, pp. 1497 – 1512, 2008, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140366408000522>, special Issue: Modeling, Testbeds, and Applications in Wireless Mesh Networks.
30. Akyildiz, I. F., X. Wang and W. Wang, "Wireless mesh networks: a survey", *Computer Networks*, Vol. 47, No. 4, pp. 445 – 487, 2005, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1389128604003457>.
31. Wilkinson, L. and M. Friendly, "The History of the Cluster Heat Map", *The American Statistician*, Vol. 63, pp. 179–184, 05 2009.
32. Zhu, H. J. and J. Sydor, "Throughput performance of a busy-tone protocol in CCA modified, long range IEEE 802.11 networks", *2010 IEEE Radio and Wireless Symposium*

- (RWS), pp. 617–620, Jan 2010.
33. Kamerman, A. and N. Erkocevic, “Microwave oven interference on wireless LANs operating in the 2.4 GHz ISM band”, *Proceedings of 8th International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications - PIMRC '97*, Vol. 3, pp. 1221–1227 vol.3, Sep. 1997.
 34. T.C., “Kişisel Verileri Koruma Kanunu”, , 4 2016, <https://www.kvkk.gov.tr/>, sayı 29677.
 35. Council, E., “General Data Protection Regulation”, , 5 2016, <https://gdpr-info.eu/>, g.D.P.R.
 36. Forum, B., “TR-181 Issue 2, Device Data Model for TR-069”, https://www.broadband-forum.org/technical/download/TR-181_Issue-2_Amendment-13.pdf.
 37. 6120, R., “Extensible Messaging and Presence Protocol (XMPP): Core”, <http://www.ietf.org/rfc/rfc6120.txt>, <http://www.ietf.org/rfc/rfc6120.txt>.
 38. et al, G., “Cloud controlled mesh networking”, US20180212827A1, 7 2018.
 39. Wang, W., F. Zhang and Q. Zhang, “Managing channel bonding with clear channel assessment in 802.11 networks”, *2016 IEEE International Conference on Communications (ICC)*, pp. 1–6, May 2016.
 40. et al, K., “Wireless Mesh Network and Method of Frequency Optimization”, US20120195220A1, 8 2012.
 41. et al, G., “Interference aware channel selection schemes”, US10244541B2, 3 2019.