



T. C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ASANSÖR SİSTEMLERİNDE VERİ İLETİMİ İÇİN ÇOK ATLAMALI
KABLOSUZ AĞ TASARIMI VE PERFORMANS ANALİZİ**

Muhammed Macit LAJİN
<https://orcid.org/0000-0001-5223-0105>

Doç. Dr. Sait Eser KARLIK
<https://orcid.org/0000-0001-5985-210X>
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2019

Her Hakkı Saklıdır

TEZ ONAYI

Muhammed Macit LAJİN tarafından hazırlanan “Asansör Sistemlerinde Veri İletimi için Çok Atlamalı Kablosuz Ağ Tasarımı ve Performans Analizi” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından ~~oy çokluğu~~/ oy birliği ile Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSAN TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Doç. Dr. Sait Eser KARLIK
Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0001-5985-210X>

Başkan : Prof. Dr. Güneş YILMAZ
Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0001-8972-1952>
Bursa Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi,
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü

Üye : Doç. Dr. Sait Eser KARLIK
Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0001-5985-210X>
Bursa Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi,
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü

Üye : Doç. Dr. Cemal HANİLÇİ
Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0002-9174-0367>
Bursa Teknik Üniversitesi
Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi,
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü

İmza

İmza

İmza

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Hüseyin Akşel EREN
Enstitü Müdürü

Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0003-3908-5139>

22.10.2019

B.U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

24.12.2019


Muhammed Macit LAJİN

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ASANSÖR SİSTEMLERİNDE VERİ İLETİMİ İÇİN ÇOK ATLAMALI KABLOSUZ AĞ TASARIMI VE PERFORMANS ANALİZİ

Muhammed Macit LAJİN

Bursa Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Sait Eser KARLIK

Kablosuz teknolojiyi kullanarak asansörün kat bileşenlerini sürmek için yapılan araştırmalar devam etmektedir. Asansör şirketleri, geleneksel yaklaşımlarla ilgili sorunlardan kaçınmak için yeni yollar bulma peşindedir. Ana hedefler kullanılan kabloların sayısını, asansör kurulum süresini ve sorun giderme süresini azaltmak ve kullanıcılara verilen servis kalitesini arttırmaktır.

Bu tez çalışmasında, kontrol paneli ile kat bileşenlerinin arasındaki mevcut en yaygın kablolu ve kablosuz veri iletim teknikleri karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiş, hepsinin olumlu ve olumsuz yönleri belirlenmiştir. Bu değerlendirme ışığında, enerji hasadı teknolojisinin ve Wireless Short Packet (WSP) protokolünün kat bileşenlerini sürmekte uygulanabilirliği analiz edilmiş ve bu analizden yola çıkarak iki ağ tasarlanmıştır. Birincisi alçak ve orta yükseklikteki binalar için geri bildirimsiz çok atlamalı kablosuz bir ağdır. İkincisi yüksek binalara uygun hibrit kablolu-kablosuz bir ağdır. Önerilen iki ağ mimarisi için ihtiyaç duyulacak cihazlar satın alınarak deney düzeneği kurulmuş ve bu düzenek üzerinde performans testleri gerçekleştirilmiştir.

WSP protokolünü kullanan TCM320 modülünün testinde, modülün hatasız çalışabildiği maksimum telegram yoğunluğu 75 telegram/s olarak bulunmuştur. Bu da 13,33 ms'lik telegram penceresine karşı gelmektedir. Modülün gönderdiği işaretin, testin yapıldığı binada, 6 kata kadar nüfuz edebildiği ispatlanmıştır. Birinci ağda, 13 baytlık telegramlarla ağın atlama süresinin (t_a) en iyi durumda 16,1 ms ve en kötü durumda 56,1 ms olduğu tespit edilmiştir. Çağrı butonunun tepki süresine (c_t) göre en iyi ve en kötü durumda hizmet edilebilecek maksimum kat sayısı (N) da belirlenmiştir. Sırayla c_t 50, 100, 200, 300, 400, 500, 1000 ms olduğunda N en iyi durumda 6, 12, 24, 37, 49, 62, 124 ve en kötü durumda 1, 3, 7, 10, 14, 17, 35'tir. İkinci ağda CANbus teknolojisiyle TCM320 kullanılmıştır. Bu ağda mesaj iletiminin süresinin az ve sabit olması ağın yüksek binalarda uygulanmasına imkân sağlamaktadır. N değeri, CANbus'ın normal modundayken 325 ve TJA1055T kontrolörüyle CANbus hata-tolerans modundayken 295 olarak hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Asansör, veri iletimi, çok atlamalı ağ, WSP, CANbus, enerji hasadı, kablosuz iletişim, iletişim sistemi

2019, x + 83 sayfa.

ABSTRACT

MSc Thesis

DESIGN AND PERFORMANCE ANALYSIS OF A WIRELESS MULTI-HOP NETWORK FOR DATA TRANSMISSION IN ELEVATOR SYSTEMS

Muhammed Macit LAJİN

Bursa Uludağ University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Electronics Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Sait Eser KARLIK

Many researches have been conducted to utilize wireless technology in order to control the floor fixtures of elevators. Elevator companies are trying to discover new ways to avoid the problems related to the traditional approaches. The main goals essentially are decreasing the number of cables used, the elevator installation period, the time of troubleshooting and increasing the service quality provided to users.

In this thesis, the most common wired and wireless data transmission techniques between the control panel and the floor fixtures have been evaluated, and their positive and negative effects have been determined. In the light of this evaluation, the feasibility of using energy harvesting technology and Wireless Short Packet (WSP) protocol to control the floor fixtures has been analyzed and, as a result, two networks have been designed. The first one is a multi-hop wireless network for low-rise and medium-rise buildings. The second one is a hybrid wired-wireless network designed for high-rise buildings. For the performance test of the two networks, the required equipment has been purchased and 3 experimental setups have been built.

While testing the TCM320 module, which uses the WSP protocol, the maximum telegram intensity the module can operate in without errors has been found to be 75 telegram/s. This corresponds to a 13.33 ms telegram window. The signal of the module has been proven to penetrate up to 6 floors in the building where the test has been conducted. In the first network, when using telegrams with 13-byte lengths, in the best case, hop time (t_a) has been determined as 16.1 ms, while in the worst case it has been found as 56.1 ms. The maximum number of floors (N) that can be served in both cases has been determined according to the call button response time (c_t). For c_t values of 50, 100, 200, 300, 400, 500, 1000 ms, in the best case, N has been computed as 6, 12, 24, 37, 49, 62, 124, and in the worst case, N has been found as 1, 3, 7, 10, 14, 17, 35, respectively. In the second network, CANbus has been used with TCM320 modules. In this network, short and constant data transmission period allows the network to be implemented in high-rise buildings. N value has been computed as 325 when CANbus is in normal mode, and it has been computed as 295 when the TJA1055T controller is in CANbus fault-tolerance mode.

Keywords: Elevator, data transmission, multi-hop network, WSP, CANbus, energy harvesting, wireless communication, communication system

2019, x + 83 pages.

TEŞEKKÜR

Bu tezin hazırlanmasında sahip olduğu bilgi birikimiyle, bilimsel eleştiri ve yönlendirmeleriyle en büyük katkıyı sağlayan değerli hocam Sayın **Doç. Dr. Sait Eser KARLIK**'a en içten dileklerle teşekkür ederim.

Maddi ve manevi desteklerini hiç esirgemeyen bana hep destek olan annem **İman ZİWAR** ve babam **Salim LAJİN**'e ve ailemin tüm fertlerine teşekkür ederim.

Muhammed Macit LAJİN

24.9.2019

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	x
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	4
2.1. İlgili Çalışmalar.....	4
2.2. Elektrikli Asansörün Genel Yapısı.....	5
2.3. Asansör Kuyu Tesisatı Ekipmanları.....	6
2.3.1. Dış göstergeler.....	6
2.3.2. Dış çağrı butonları.....	7
2.3.3. Emniyet devresi.....	8
2.3.4. Kuyu aydınlatması.....	11
2.3.5. Alarm butonu.....	11
2.4. Asansör Kuyu Tesisatındaki Veri İletim Sistemleri.....	13
2.4.1. Paralel veri iletim sistemi.....	13
2.4.2. Seri veri iletim sistemi.....	18
2.4.3. Kablosuz veri iletim sistemleri.....	21
2.5. Enerji Hasadı Teknolojisi.....	26
2.5.1. WSP protokolü.....	27
2.5.2. Kablosuz ünite çeşitleri.....	32
2.5.3. Enerji hasadı gereksinimleri.....	33
2.5.4. Kullanılmış telegram çeşitleri.....	33
2.6. Donanım İntegrasyonu.....	34
2.6.1. TCM320 kablosuz modülü.....	34
2.6.2. PTM210 kablosuz buton ünitesi.....	35
2.6.3. EOP350.....	35
2.6.4. USB300.....	35
2.6.5. CANbus modülü.....	35

2.6.6. ATMEGA328 mikrodenetleyici	36
2.6.7. Yönlendirme ünitesi	36
3. MATERYAL VE YÖNTEM	37
3.1. Yaklaşım 1: Çok Atlamalı Kablosuz Ağ Tasarımı	37
3.1.1. Ağ topolojisi.....	37
3.1.2. Yönlendirme algoritması.....	37
3.1.3. Acil durum algoritması	41
3.2. Yaklaşım 2: Hibrit Kablolu-Kablosuz Ağ Tasarımı	45
3.2.1. Ağ topolojisi.....	45
3.2.2. Yönlendirme algoritması.....	46
3.2.3. Acil durum algoritması	50
3.3. Testler.....	54
3.3.1. TCM320 modüllerinin darboğaz noktası testi	55
3.3.2. Atlama süresi testi	59
3.3.3. İşaret gücü testi	60
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	63
4.1. Tasarlanmış Çok Atlamalı Kablosuz Ağın Değerlendirilmesi.....	64
4.2. Tasarlanmış Hibrit Kablolu-Kablosuz Ağın Değerlendirilmesi	69
4.3. Teknolojik Değerlendirmeler	71
4.3.1. Sistem montaj bilgileri	71
4.3.2. Avantajlar	72
4.3.3. Dezavantajlar.....	77
5. SONUÇ	79
KAYNAKLAR.....	81
ÖZGEÇMİŞ.....	83

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

Simgeler	Açıklama
n_A	Atlama sayısı
t_A	Atlama süresi
d	İki kat arasındaki mesafe
v	Asansör hızı (m/s)
N	Kat sayısı
c_i	Çağrı butonunun tepki süresi

Kısaltmalar

Kısaltmalar	Açıklama
ASK	Amplitude Shift Keying (Genlik Kaydırmalı Anahtarlama)
CAN	Controller Area Network (Denetleyici Alan Ağı)
CPU	Central Processing Unit (Merkezi İşlem Birimi)
CRC	Cyclic Redundancy Check (Döngüsel Artıklık Denetimi)
DESTID	Destination ID (Hedef ID)
DSSS	Direct Sequence Spread Spectrum (Düz Sıralı Dağınık Spektrum)
EMF	Electromagnetic Force (Elektromanyetik kuvvet)
EOF	End of Frame (Çerçeve bitişi)
FHSS	Frequency Hopping Spread Spectrum (Frekans Atlamalı Dağınık Spektrum)
FSK	Frequency Shift Keying (Frekans Kaydırmalı Anahtarlama)
IoT	Internet of Things (Nesnelerin İnterneti)
LBT	Listen Before Talk (Konuşmadan Önce Dinle)
LED	Light Emitting Diode (Işık Yayan Diyot)
MSB	Most Significant Bit (En Anlamlı Bit)
NRZ	Non-Return-to-Zero (Sıfır Seviyesine Dönmemeye)
OSI	Open Systems Interconnections (Açık Sistem Arabağlantıları)
PRE	Preamble (Öntakı)
PVC	Polyvinyl Chloride (Polivinil klorür)
SOF	Start of Frame (Çerçeve başlangıcı)
UART	Universal Asynchronous Receiver-Transmitter (Genelgeçer Eşzamansız Alıcı-verici)
WSP	Wireless Short Packet (Kablosuz Kısa Paket)

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1.	Elektrikli asansörün genel yapısı..... 6
Şekil 2.2.	a) 7 segmentli gösterge b) Grey kodlu gösterge c) CANbus'lı gösterge... 7
Şekil 2.3.	a) Tek butonun bağlantısı b) Çift butonun bağlantısı..... 8
Şekil 2.4.	a) Emniyet devresinin kuyudaki dağılımı b) Emniyet devresinin şeması c) Emniyet devresinin ek bağlantılarının şeması 10
Şekil 2.5.	a) Kuyu aydınlatmasının bağlantısı b) Kuyu alarm bağlantısı..... 12
Şekil 2.6.	Asansör kuyu tesisatı veri iletiminin en yaygın sistemleri..... 13
Şekil 2.7.	Asansör kuyu dış tesisatı paralel veri iletim sistemi 14
Şekil 2.8.	Çift buton ve 7 segmentli göstergeler kullanıldığında kat sayısı ile (x) kablo sayısının y(x) arasındaki ilişki..... 15
Şekil 2.9.	Çift buton ve 7 segmentli göstergeler kullanıldığında toplam kablo uzunluğu z(x)..... 15
Şekil 2.10.	Çift buton ve Grey kodlu göstergeler kullanıldığında kat sayısı ile (x) kablo sayısının y(x) arasındaki ilişki..... 16
Şekil 2.11.	Çift buton ve Grey kodlu göstergeler kullanıldığında toplam kablo uzunluğu z(x)..... 16
Şekil 2.12.	Mikrolift asansör şirketi tarafından ML65X sisteminde uygulanan paralel veri iletiminin şeması..... 17
Şekil 2.13.	Asansör kuyu dış tesisatı seri veri iletim sistemi..... 18
Şekil 2.14.	Birer atlama yapan çok atlamalı kablosuz ağı yapısı 21
Şekil 2.15.	İkişer atlama yapan ikinci noktadan kumanda panosuna işaret gönderen çok atlamalı kablosuz ağı yapısı..... 22
Şekil 2.16.	İkişer atlama yapan birinci noktadan kumanda panosuna işaret gönderen çok atlamalı kablosuz ağı yapısı..... 22
Şekil 2.17.	Düşük güçlü çok atlamalı ağı noktalarının menzili 23
Şekil 2.18.	Geri bildirimli sistemin işaretlerinin kuyu izdüşümündeki sırası..... 24
Şekil 2.19.	Motoyama ve ark. 2002 sunduğu geri bildirim sisteminin çalışma mantığı..... 25
Şekil 2.20.	Yüksek güçlü doğrudan bağlantı ağı noktalarının menzili..... 26
Şekil 2.21.	868,3 MHz WSP protokolünün tam çerçeve yapısı 28
Şekil 2.22.	Kodlanmış alt çerçevenin yapısı..... 29

Şekil 2.23.	Dört adet 10 ms'lik aralıklara bölünmüş maksimum TX süresi.....	30
Şekil 2.24.	RORG ve STATUS alanlarının dönüşümünün gösterimi	31
Şekil 2.25.	Enerji hasadı butonunun yapısı	32
Şekil 2.26.	Yönlendirme ünitesinin blokları.....	36
Şekil 3.1.	Tasarlanmış çok atlamalı kablosuz ağın topolojisi.....	37
Şekil 3.2.	Tasarlanmış çok atlamalı kablosuz ağda farklı senaryolar için telegramların güzergahı	39
Şekil 3.3.	Tasarlanmış çok atlamalı ağda kumanda panosundan gelen yayın telegramının yayılımı.....	40
Şekil 3.4.	Tasarlanmış çok atlamalı kablosuz ağın yönlendirme algoritması.....	41
Şekil 3.5.	Tasarlanmış çok atlamalı kablosuz ağın acil durum algoritması.....	43
Şekil 3.6.	Beş katlı bina için tasarlanmış hibrit kablolu-kablosuz ağın topolojisi...	45
Şekil 3.7.	On katlı bina için tasarlanmış hibrit kablolu-kablosuz ağın topolojisi....	45
Şekil 3.8.	Tasarlanmış hibrit kablolu-kablosuz ağda farklı senaryolar için telegramların güzergahı	47
Şekil 3.9.	Tasarlanmış hibrit kablolu-kablosuz ağda kumanda panosundan gelen yayın telegramının yayılımı	47
Şekil 3.10.	a) 3 numaralı seri haberleşmeli nokta arızalandığında kendi grubunun çok atlamalı ağa dönüşmesi b) 8 numaralı seri haberleşmeli nokta arızalandığında kendi grubunun çok atlamalı ağa dönüşmesi c) 3 ile 8 numaralı seri haberleşmeli noktalar arızalandığında ağın tamamen çok atlamalı ağa dönüşmesi	50
Şekil 3.11.	Tasarlanmış hibrit kablolu-kablosuz ağın acil durum algoritması	51
Şekil 3.12.	Darboğaz noktası bulma test düzeneği.....	55
Şekil 3.13.	Telegram gönderme hızı 1 telegram/s olduğunda ağın telegram başarı oranı ve telegram penceresi	56
Şekil 3.14.	Telegram gönderme hızı 2 telegram/s olduğunda ağın telegram başarı oranı ve telegram penceresi	56
Şekil 3.15.	Telegram gönderme hızı 3 telegram/s olduğunda ağın telegram başarı oranı ve telegram penceresi	57
Şekil 3.16.	Telegram gönderme hızı 4 telegram/s olduğunda ağın telegram başarı oranı ve telegram penceresi	57
Şekil 3.17.	Telegram gönderme hızı 5 telegram/s olduğunda ağın telegram başarı oranı ve telegram penceresi	57

Şekil 3.18.	Telegram gönderme hızı 10 telegram/s olduğunda ağın telegram başarı oranı ve telegram penceresi	57
Şekil 3.19.	Telegram gönderme hızı 15 telegram/s olduğunda ağın telegram başarı oranı ve telegram penceresi	58
Şekil 3.20.	Telegram gönderme hızı 20 telegram/s olduğunda ağın telegram başarı oranı ve telegram penceresi	58
Şekil 3.21.	Telegram gönderme hızı 25 telegram/s olduğunda ağın telegram başarı oranı ve telegram penceresi	58
Şekil 3.22.	Telegram gönderme hızı 30 telegram/s olduğunda ağın telegram başarı oranı ve telegram penceresi	58
Şekil 3.23.	Atlama süresi test düzeneği	59
Şekil 3.24.	Atlama 1 süresinin telegram numarasıyla değişimi.....	60
Şekil 3.25.	Atlama 2 süresinin telegram numarasıyla değişimi.....	60
Şekil 3.26.	İşaret gücü testinin yapıldığı binanın kat planı.....	61
Şekil 3.27.	İşaret gücü test düzeneği	62
Şekil 3.28.	Telegramın gücünün katlardaki değişimi	62
Şekil 4.1.	PTM 200 butonunun alttelegram dağılımı	63
Şekil 4.2.	Maksimum kat sayısına (N) göre buton tepki süresi (C _t).....	67
Şekil 4.3.	Üçer atlama yapan çok atlamalı kablosuz ağın yapısı.....	68
Şekil 4.4.	Tasarlanmış hibrit kablolu-kablosuz ağın süreleri	69
Şekil 4.5.	CANbus noktasının kablosuz olarak 6 noktayla haberleşmesi.....	71
Şekil 4.6.	Dış çağrı butonuyla dış ekran aynı ünite de	71
Şekil 4.7.	Dış çağrı butonuyla dış ekran ayrı ünite de	71
Şekil 4.8.	Enerji hasadı butonunun sabitletmesi	72
Şekil 4.9.	Kuyu aydınlatmasının 2 vavyen vasıtasıyla çalışma standart bağlantısı. 74	
Şekil 4.10.	Kuyu aydınlatmasının enerji hasadı butonlarıyla çalışma bağlantısı	74
Şekil 4.11.	Standart alarm bağlantısı	75
Şekil 4.12.	Enerji hasadı butonlarıyla alarm bağlantısı	75
Şekil 4.13.	Asansör çağrı verme senaryoları	76
Şekil 4.14.	Teknik servisin kablosuz olarak müdahale etmesi	77

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 2.1. WSP protokolünün OSI modeli.....	27
Çizelge 2.2. 868,3 MHz WSP protokolünün çerçeve tanımı.....	29
Çizelge 2.3. Maksimum TX, RX süreleri.....	29
Çizelge 2.4. Buton telegramı.....	33
Çizelge 2.5. VLD telegramı.....	34
Çizelge 2.6. TCM320 modülünün özellikleri.....	34
Çizelge 2.7. PTM210 modülünün özellikleri.....	35
Çizelge 3.1. Mesajın yapısı.....	37
Çizelge 3.2. Ağ için kullanılan mesajların çeşitleri.....	38
Çizelge 3.3. Ağın yönlendirme tablosu.....	39
Çizelge 3.4. Kat ünitelerinin yönlendirme tabloları.....	40
Çizelge 3.5. Durum makinesinin olayları ve tetiklenme zamanı.....	42
Çizelge 3.6. Bir nokta arızalandığında ilgili noktalarda yukarıdaki adreslerde olması gereken değişiklikler.....	44
Çizelge 3.7. Bir nokta arızalandığında ilgili noktalarda aşağıdaki adreslerde ve atlama imkanı alanında (AI) olması gereken değişiklikler.....	44
Çizelge 3.8. Ağın yönlendirme tablosu.....	46
Çizelge 3.9. Kat ünitelerinin yönlendirme tabloları.....	48
Çizelge 3.10. Ağ için kullanılan mesajların çeşitleri.....	49
Çizelge 4.1. Buton tepki süresine göre maksimum kat sayısı (N).....	67
Çizelge 4.2. Texas Instruments tarafından yayınlanmış ve tavsiye edilmiş belli CANbus veri iletim hızlarıyla CANbus kablosunun uzunluğu.....	70

1. GİRİŞ

Dünya nüfusu arttıkça çok katlı binalarda asansörün önemi de artmıştır. Dünya nüfusu, 20. yüzyılın son 70 senesinde tarihteki en fazla yükselişini göstererek 7,44 milyarı geçmiştir.¹ Türkiye'nin nüfusunun ise 2016'da 79,622,062 iken 2050'de 95,819,428 olacağı beklenmektedir.² İnsan nüfusunun artması ile inşaat sektörünün ve onunla birlikte asansör sektörünün büyümesi ve gelişmesi gerekmektedir. Asansör ilk icat edildiğinde kuyu dış tesisatı veri iletimi paralel bağlantı üzerinden gerçekleştirilmiştir. Paralel sistemde çok kablo gerektiği ve zaman geçtikçe kronik arızalara maruz kaldığı için; asansör firmaları başka bir çözüm bulma amacıyla seri haberleşmeyi kullanmaya başlamıştır. Seri haberleşme başarılı olmasına rağmen, asansör firmaları yüksek performansla birlikte hizmet kalitesi, esneklik ve ağır kurulum süresinin önemi arttığında kablosuz çözümler uygulamaya başlamıştır.

Asansör firmalarının kablosuz teknolojiye odaklanma nedenlerini belirlemek için diğer yaklaşımların dezavantajlarına göz atmak gerekmektedir. Paralel sistem çok kablo gerektirmekte ve zamanla bir kablonun zarar görmesi kronik arızalara yol açmaktadır. Bu durum bazen paralel veri iletim sisteminin tamamen değişmesine sebebiyet vermektedir. Paralel sistemin sıkıntılarında kurtulmak için asansör firmaları seri haberleşmeli sistemlere başvurmaktadır. Asansörlerde seri haberleşme protokolü olarak genellikle CANbus protokolü kullanılmaktadır. CANbus protokolünün kurallarının ihlal edilmesi durumunda sistem istenilen performansı gösteremez ve sistemde hatalar oluşur. Seri haberleşmeli veri iletim sisteminin performansının protokol kuralları iyi bir şekilde uygulanmadığında istikrarsız olması, zaman geçtikçe seri haberleşme kablosunun hava şartları (sıcaklık, nem vb.) yüzünden bozulması, ve bazı durumlarda kablonun zarar görüp kopması gibi olaylarla karşılaşılabilir. Kablosuz teknolojinin kullanım amacı, diğer sistemlerdeki sıkıntıları yok ederek kablo sayısını en aza indirmek, kullanıcılara daha iyi hizmet vermek, esneklik sağlamak, arıza giderme süresini azaltmak ve asansör montaj süresini en aza indirmektir. Kablosuz sistemin önemi grup asansörlerde daha da artmaktadır. Kablosuz sistemin kullanımıyla birlikte kuyu tesisatı bağlantısı

¹ https://tr.wikipedia.org/wiki/Dünya_nüfusu (Erişim tarihi: 14/07/2017)

² <http://www.worldometers.info/world-population/turkey-population> (Erişim tarihi: 14/07/2017)

kolaylaşacak, kat çağrı butonları asansör dış kapısından uzak noktalara konumlandırılabilir, kat sakinleri evden asansör çağrısı verebilecek, asansör bakım elemanları, kablosuz keypad üzerinden asansörü kontrol edebilecek ve parametreleri okuyabilecektir.

Bu tezde karşılaşılan en büyük engel, asansör kuyu dış tesisatı veri iletim sistemleri ile ilgili yapılan araştırmaların sayısının az olmasıdır. Bu alanda mevcut olan ve özel şirketlere ait araştırmaların çoğu patent olarak derin detaylara girmeden ana hatlarıyla yayınlanmıştır.

Kablosuz ağların güvenilirlik ve yüksek performans ile çalışabilmesi için belli bir yönlendirme algoritmasının olması gerekmektedir. Ayrıca, bir kablosuz noktanın servis dışı kalması durumunda sistemin kendini toparlaması gerekmektedir. Sistem, bir kablosuz noktanın arızalı olup olmadığını tespit edebilmeli ve ağın güvenilir çalışmaya devam etmesini sağlamalıdır.

Asansör sektöründe kuyu dış tesisatı veri iletim ağının hızı ve güvenilirliğinin yanında yüksek hizmet kalitesi, esneklik ve kurulum süresi gayet önemlidir. Uygulamaya bağlı uygun donanım ve yazılım kullanılması gerekmektedir.

Bu tezde asansör kuyu tesisatı için en yaygın kablolu ve kablosuz veri iletim sistemleri karşılaştırılmalı olarak değerlendirilmiş, asansör kuyu dış tesisatı veri iletimi için deney düzeneği yoluyla enerji hasadı teknolojisinin ve WSP protokolünün uygulanabilirliğinin araştırılması, ve buradan yola çıkılarak iki farklı yaklaşımla uygun ağ tasarımı amaçlanmıştır. Birinci yaklaşım, asansör kuyu dış tesisatı veri iletimi için enerji hasadı teknolojisinin yardımıyla geri bildirimsiz çok atlamalı kablosuz bir ağın kullanıldığı alçak ve orta yükseklikteki binalara uygun bir ağ tasarımıdır. İkinci yaklaşım ise yüksek binalara uygun kablolu ve kablosuz ağları birleştirerek iki ağın avantajlarını bir araya getirmeyi amaçlayan hibrit kablolu-kablosuz bir ağdır.

İki ağın tasarımında da olması gereken yönlendirme ve acil durum algoritmaları tasarlanmıştır. Acil durum algoritması, ağın bir ya da birden fazla noktası arızalandığında,

ağın sorunsuz çalışmaya devam etmesini sağlamaktadır. İki ağın analizini yapmak için yurt dışından getirilmiş donanım yardımıyla bir prototip tasarlanıp atlama suresi, paket hata oranı, işaret zayıflaması ve iki ağın uygulanabileceği maksimum kat sayısı gibi önemli parametreler bulunmuştur.

2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI

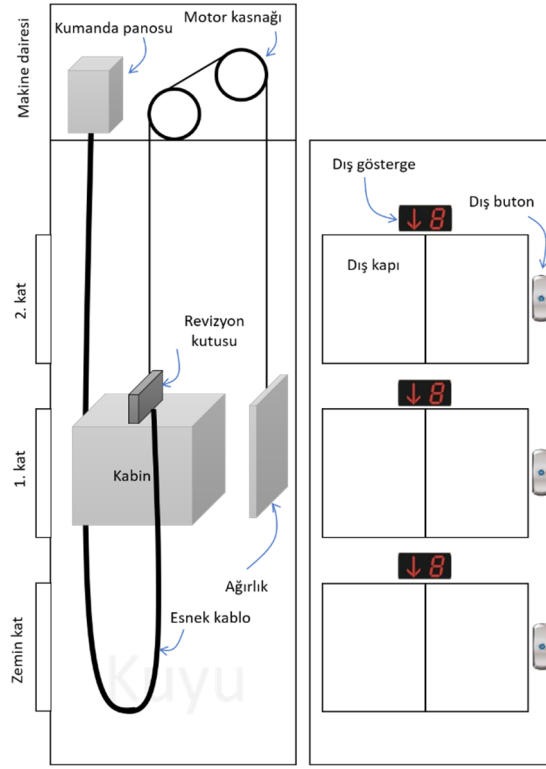
2.1. İlgili Çalışmalar

Kablosuz çok atlamalı ağların kullanımı farklı alanlarda (Trafik (Ansari 2009), askeri uygulamalar (Đurišić ve ark. 2012), tıp (Furtado ve Trobec 2011), çiftçilik (Wark ve ark. 2007) ve çevresel izleme (Shibata ve ark. 2009)) artış göstermektedir. Kablosuz veri iletim sistemleri, bu alanda yapılan araştırmalara göre üç gruba ayrılır. Birinci grupta (Motoyama ve ark. 2002), katlardaki ekipmanlar ile kumanda panosunun arasındaki iletişim düşük güçlü çok atlamalı ağ üzerinden gerçekleşir. İkinci grupta (Crenella ve ark. 2003) ise katlardaki ekipmanlar ile kumanda panosunun arasındaki iletişim noktadan noktaya şeklinde yüksek güçlü alıcı-vericilerle gerçekleşir. Düşük güçlü çok atlamalı ağ yaklaşımında her katta birer alıcı-verici mevcuttur. Radyo işaretlerinin hedefe ulaşabilmesi için her katta atlama yapılır. İletişimi hızlandırmak için her bir kat yerine ikişer katta bir atlama yapılması da önerilmiştir. Kabine yakın bir kattan çağrı işareti alındığında; işaret, kumanda panosuna çok atlamalı ağ üzerinden çıkmayıp doğrudan kabinden esnek (flexible) kablo üzerinden kumanda panosuna iletilir. Çok atlamalı ağın orta yükseklikteki ve yüksek binalarda kullanılması uygun olmadığı için ikinci yaklaşımda yüksek güçlü ağın tasarımı sunulmuştur. Bu yaklaşım grup asansörler için önerilmesine rağmen tek asansörlerde de kullanılabilir. Her katta, kabinin altında, kabinin üstünde ve kumanda panosunda birer yüksek güçlü alıcı-verici mevcuttur. Grup asansörlerin kattaki bütün ekipmanlarının düşük güçlü bir ağa bağlanıp kumanda panosuna işaretleri iletilmesi için radyo işaretleri yüksek güçlü alıcı-verici üzerinden, ya kabinin alt ve üstündeki antenler vasıtasıyla ya da doğrudan kumanda panosuna iletilir. Yüksek güçlü alıcı-vericilerin kullanılması sistemin maliyetini arttırır. Kullanılan devrelerin ve sistemin karmaşıklığı daha yüksektir. Alıcı-vericilerin menzili yetmeyince tekrarlayıcı ya da Yagi antenlerin kullanılması önerilmiştir. Alıcı-vericilerin en yoğun frekansta (2.4 GHz) çalışması durumunda sistemin hata oranını en aza indirmek için yoğun olmayan bir kanal seçilmelidir. 2.4 GHz ile çalışan yüksek güçlü ağın çevredeki ağlara da etkisi vardır. Üçüncü grup çalışmada (Oh ve Hootsmans 2009) işaret çok atlamalı ağ üzerinden aktarılır. Dış çağrı butonları için duvara delikler açmamak amacıyla enerji hasadı teknolojisini kullanan butonların tercih edilmesi önerilmiştir. Böylece asansör montaj süresi ve zaman etkinliği açısından daha iyi bir çözüm sunulmuştur. Bu

patentlerde sistemin gereksinimleri, analizi, parametreleri ve hizmet edebileceği maksimum kat sayısı konusunda yorum yapılmamıştır.

2.2. Elektrikli Asansörün Genel Yapısı

Bu tip asansörler, Şekil 2.1’de görüldüğü gibi makine dairesinde bulunan tahrik motorunun, kumanda panosundan aldığı komut vasıtasıyla harekete geçip kabini istenilen yönde hareket ettirmesi yoluyla çalışır. Kuyu içindeki kabin, karşı ağırlıkla müşterek çalışır. Aralarındaki çelik halatın tahrik kasnağı ile sürtünmesinden kaynaklanan bir hareket vasıtasıyla yukarı aşağı hareket eder (Kavlak 2006). Kılavuz raylar asansör tesisinde kabini ve karşı ağırlığı düşey hareketlerde ayrı ayrı kılavuzlamak ve yatay hareketlerini en aza indirmek maksadıyla kullanılır (Anonim 2011). Esnek kablo, makine dairesindeki kumanda panosu ile kabinin üstündeki revizyon kutusunun arasına bağlanır. Kabinin bütün elektrik bağlantısı bu kablo üzerinden sağlanmaktadır. Makine dairesi ile kuyudaki ekipmanların (dış göstergeler, dış butonlar, emniyet devresi, kuyu aydınlatması ve kuyu dibi alarm butonu) arasındaki bağlantılara asansör kuyu tesisatı denir. Asansör kuyu tesisatı genelde plastik (PVC) kanallar içerisinde taşınır. Bu kanallar zarar görmeyecek şekilde kuyu yüzeyine uygun şekilde yerleştirilir. Kuyu dış tesisatının mevcut bağlanma şekilleri asansör montaj süresini, arıza giderme süresini ve bakım süresini belirgin derecede uzatabilmektedir.



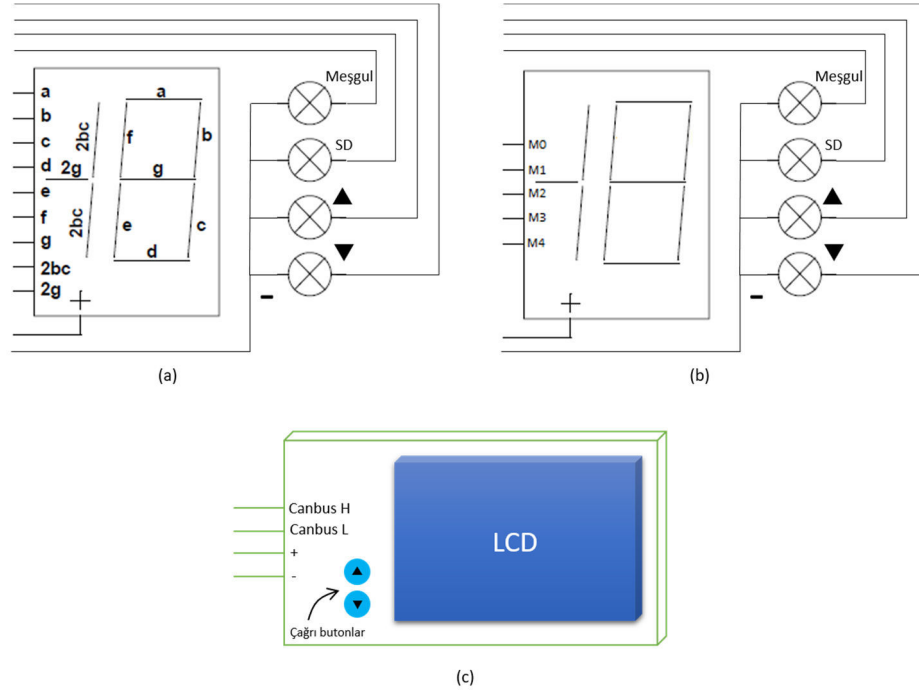
Şekil 2.1. Elektrikli asansörün genel yapısı

2.3. Asansör Kuyu Tesisatı Ekipmanları

Bu bölümde kuyu tesisatına bağlanan dış göstergelerin ve dış çağrı butonlarının çeşitleri ve bağlanma şekli, emniyet devresinin bağlantısı, kuyu aydınlatması ve alarm bağlantısı anlatılmıştır.

2.3.1. Dış göstergeler

Her katta birer dış gösterge bulunur. Dış göstergeler, meşgul işaretini, servis dışı işaretini, asansörün hareket yönünü ve asansörün kaçınca katta olduğunu gösterir. Mevcut olan en yaygın dış göstergeler 7 segmentli, grey kodlu ve seri haberleşmeli (ör. CANbus) göstergelerdir (Şekil 2.2). 7 segmentli göstergeler bir ya da iki haneli 7 segmentten oluşur ve genelde 15 pini mevcuttur. Grey kodla çalışan göstergelerin genelde 11 pini mevcuttur. Seri haberleşmeli göstergeler genelde dış çağrı butonuyla aynı kasada bulunur. Sadece 4 pini mevcut olup 2 pin besleme ve 2 pin seri haberleşme için kullanılır. Dış göstergeler isteğe bağlı olarak dış kapının üstüne takılabildiği gibi dış kapının yanına takıldığında dış buton kaseti ile birlikte tek parça olarak kullanılabilir. Kuyu tesisatının dış göstergelere ulaşabilmesi için duvara her katta birer delik açılması gerekmektedir.



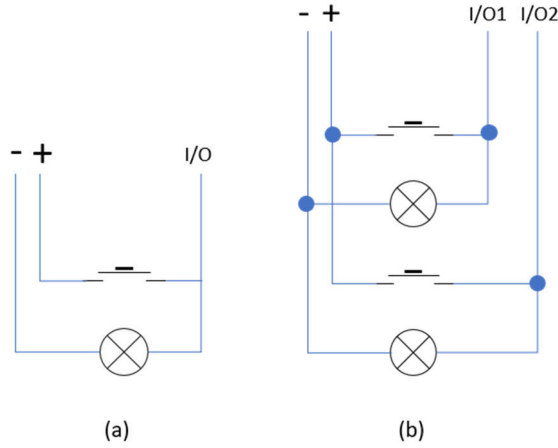
Şekil 2.2. a) 7 segmentli gösterge b) Grey kodlu gösterge c) CANbus'lı gösterge

2.3.2. Dış çağrı butonları

Her katta birer tek butonlu ya da iki butonlu dış buton kaseti bulunur. Dış butonların en yaygın çalıştığı modlar aşağı toplamalı, yukarı toplamalı, karışık toplamalı ve 2 buton toplamalıdır. İlk 3 mod tek butonlu dış buton kasetlerinde, son mod ise çift butonlu dış buton kasetlerinde kullanılır. Aşağı toplamada, kat çağrıları aşağı yönde toplanır. Kabinin hareketine göre aşağı trafikte hareket ederken sadece alt katlara giden yolcular katlardan toplanır. Yukarı toplamada, kat çağrıları yukarı yönde toplanır. Yukarı trafikte hareket ederken sadece üst katlara giden yolcular katlardan toplanır. Karışık toplamada çağrılar iki yönde toplanır. 2 buton toplamada ise aşağı çağrılar aşağı yönde, yukarı çağrılar yukarı yönde toplanır.

Çağırma butonları ışıklı olarak kullanılır. Bir kere basıldığında kumanda panosu tarafından lambası yakılır. Kabin çağırma butonunun basıldığı kata gelince kumanda panosu lambayı söndürür. Tek butonlu kasetleri bağlamak için kumanda panosundan 2 kablo beslemeye, butonun durumunu okumak ve lambayı yakmak için bir kablo I/O girişine bağlanır (Şekil 2.3a). Çift butonlu kasetlerde kumanda panosundan 2 kablo beslemeye bağlanır ve her buton için birer kablo olması gerekir (Şekil 2.3b). Çift butonlu

kasetlerin uygulanması uygun görülürse en alt katta ve en üst katta trafik tek yönde olduğu için tek butonlu kasetler takılır. Seri haberleşmeli kasetlerde dış gösterge, dış çağrı butonuyla aynı üniteye olduğu için fazla kablo çekilmesine gerek kalmaz. Dış buton dış göstergeden ayrı ise buton bağlantısı için her katta birer delik açılması gerekmektedir.



Şekil 2.3. a) Tek butonun bağlantısı b) Çift butonun bağlantısı

2.3.3. Emniyet devresi

Asansörde olası kazaları önlemek amacıyla kurulmuş bir sistemdir. Bütün ulaşım araçlarında olduğu gibi asansörlerde de kazaları olabildiğince aza indirmek gerektiğinden emniyet devreleri bulunur. Emniyet devresi, kullanılan dış kapı tipine göre değişebilir. Bu bölümde dış kapısı tam otomatik asansörler söz konusudur. Şekil 2.4b’de gösterildiği gibi asansör emniyet devresi genellikle üç seri devreden oluşur;

- Stop (acil durdurma) devresi
- Fiş devresi
- Kilit devresi

Her devre bir ya da birden fazla, normal kapalı, seri bağlı kontaklıdır. Şekil 2.4a’da gösterildiği gibi kumanda panosunda emniyet devresinin genelde 4 klemensi, sırayla 110, 120, 130 ve 140 mevcuttur. Emniyet devresinin başlangıcı olan 110’a 220 V beslenir.

Stop (acil durdurma) devresi:

Stop devresi, asansör tehlikeli durumla karşılaştığı zaman, asansörü ve kullanıcıları korumak için, arıza çözülene kadar asansörü servis dışına alan emniyet devresidir. Stop devresi 110’dan başlayıp asansördeki emniyet noktalarını (kapalı kontaklar) seri bir

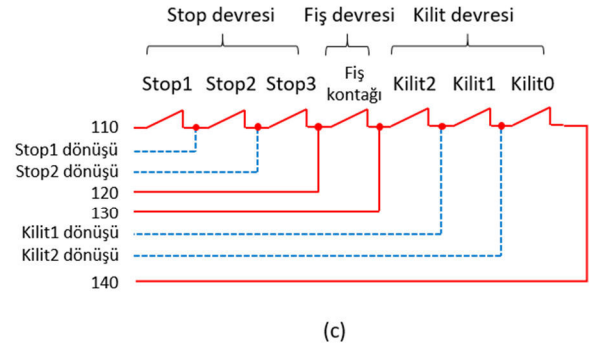
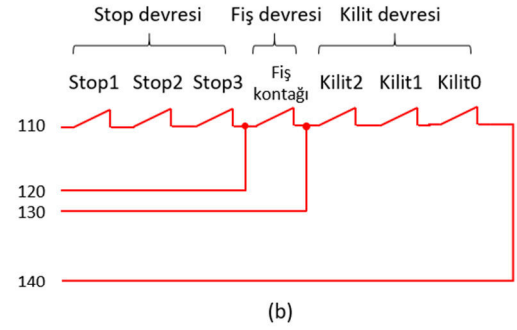
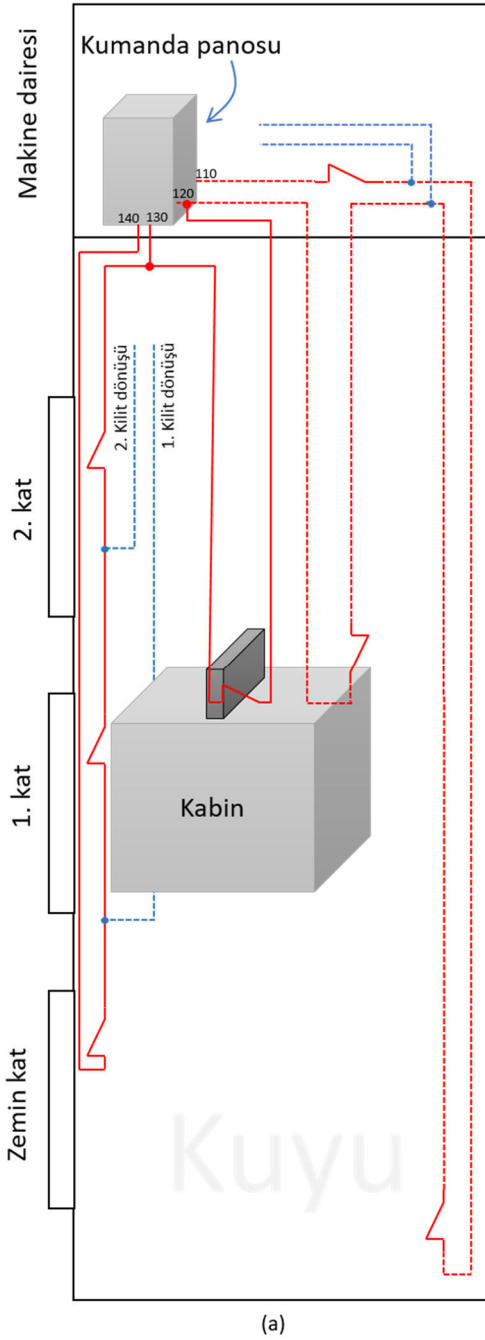
şekilde dolaşarak 120'ye döner. Asansör stop devresinin kapalı olduğu işaretini ana karta bildiren sistemdir. Stop devresi asansörün en uzun devresidir.

Fiş devresi:

Asansör kabin kapısının kapalı olduğu işaretini ana karta bildiren sistemdir. Stop devresinin sonundan beslenir. 120'den asansördeki fiş devrelerine seri olarak bağlanıp 130'a döner. Ana kart, fiş devresinin çıkışını kontrol ederek kabin kapısının kapalı olup olmadığını ya da stop devresinde bir sıkıntı olup olmadığını kontrol eder.

Kilit devresi:

Asansör tüm dış kapılarının kapalı olduğu işaretini ana karta bildiren sistemdir. Fiş devresinin sonundan beslenir. 130'dan asansördeki kilit devresine seri olarak bağlanıp 140'a döner. 140'a işaret gelmediği takdirde bir ya da birden fazla dış kapı açık, fiş devresi açık veya stop devresi açık durumda anlamına gelmektedir (Anonim 2017a).



Şekil 2.4. a) Emniyet devresinin kuyudaki dağılımı b) Emniyet devresinin şeması c) Emniyet devresinin ek bağlantılarının şeması

Kumanda panosu, 120, 130, 140'ı kontrol ederek emniyet devresinin sağlam olup olmadığını algılar. Örneğin, 120'de ve 130'da 220 V varsa ve 140'da 220 V yoksa bir ya da birden fazla dış kapı açık, ya da kilit devresinde bir sıkıntı var demektir. Hangi kilidin arızalı olduğunu belirlemek için her kilidin çıkışından kumanda panosuna bir dönüş olması gerekir (Şekil 2.4 c). 25 katlı binalarda kilitler için 24 kablo fazla çekilmesi

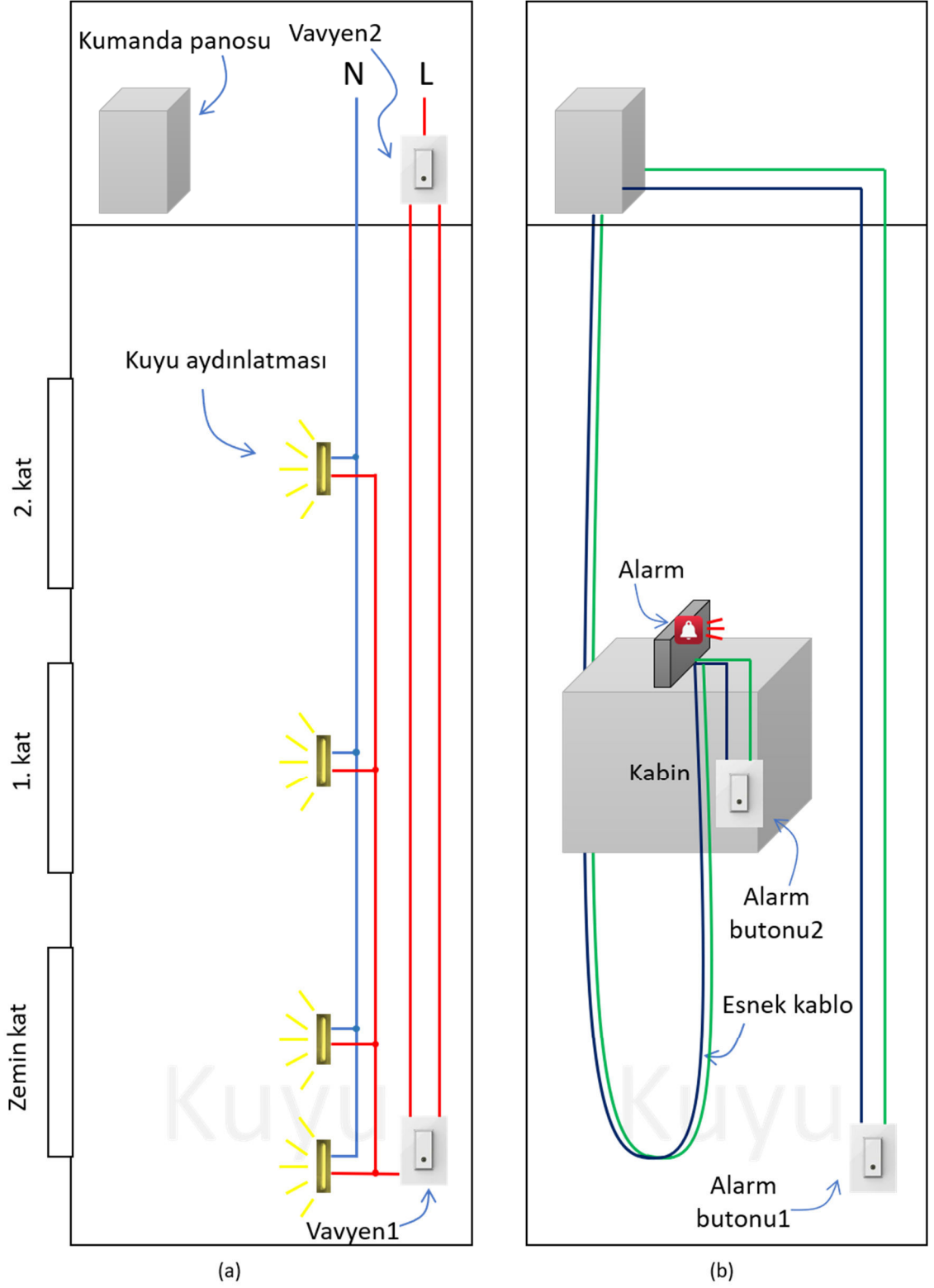
gerekir. Bu nedenle montaj süresi olumsuz olarak etkilenir ve bazı durumlarda şirketler zaman kaybı yaşamamak için kabloları çekmekten vazgeçer. Dolayısıyla arıza bulma süresi hafife alınmayacak şekilde uzar. Kablosuz teknoloji kullanıldığında isteye bağlı şekilde ve kablo karmaşıklığından kaçınmak amacıyla her kilidin durumu bir kablosuz devre vasıtasıyla kolaylıkla bir şekilde kumanda panosuna iletilebilmektedir.

2.3.4. Kuyu aydınlatması

Kuyu montaj, bakım ve arıza giderme sürecinde kullanılmak üzere ve tüm kat kapıları kapalı olduğunda kuyu boşluğunun içi rahatça görülsün diye kullanılan bir aydınlatmadır (Şekil 2.5 a). İstenilen aydınlatma gücü elde etmek için kuyunun içinde her dış kapıda ya da her iki dış kapıda bir çelik kafesli fener ya da korumalı LED'ler kullanılmaktadır. Kuyu aydınlatmasının besleme hattı asansör panosundan ayrı olmalıdır ve makine dairesindeki güç dağıtım kutusundan ayrı bir hat olarak kaçak akım rölesi eklenmeyle bağlanır. Genelde kuyu aydınlatması iki vavyen vasıtasıyla çalıştırılır. Birisi makine dairesinde ve birisi kuyunun dibindedir. Bağlantılarını yapmak için kuyudan geçen 4 kablo kullanılır (Anonim 2011).

2.3.5. Alarm butonu

Alarm genelde (Şekil 2.5 b), kabinin içinde ya da kuyunun dibinde mahsur kalanlar için ve tehlikeli durumlarda kullanılmak üzere sabitlenmektedir. Asansörde genelde iki adet alarm butonu bulunmaktadır. Birisi kabinin içinde ve birisi kuyunun dibindedir. Alarm ise kabinin üstünde bulunmaktadır. Kabinin içindeki alarm butonunun alarma bağlanması doğrudan ve kolaydır; ama kuyunun dibindeki alarm butonunu alarma bağlamak için iki kablonun kuyunun dibine çekilmesi gerekir ve esnek kablodan da iki kablo tahsis edilmektedir.

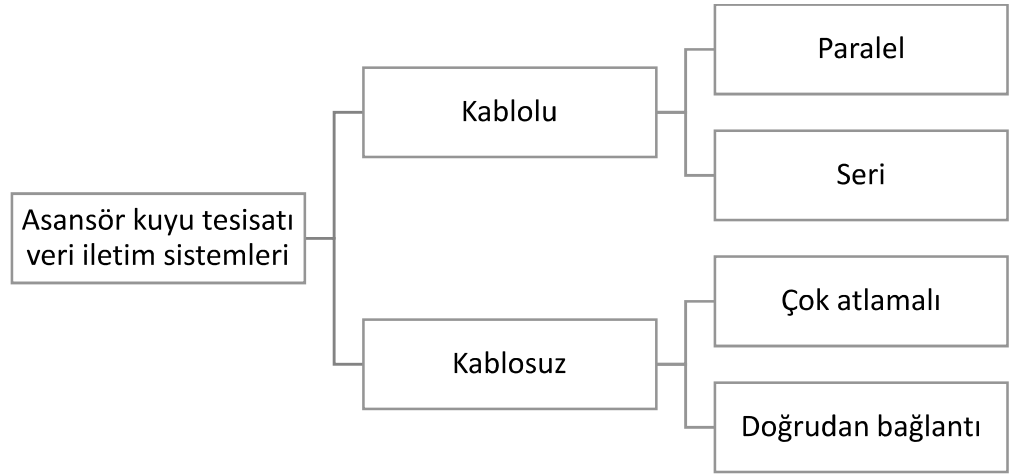


Şekil 2.5. a) Kuyu aydınlatmasının bağlantısı b) Kuyu alarm bağlantısı

2.4. Asansör Kuyu Tesisatındaki Veri İletim Sistemleri

Kuyu tesisatındaki veri iletim sistemleri dış butonlar ve dış göstergeler ile kumanda panosunun arasındaki haberleşmeyi sağlamak için kullanılır. Bu bölümde kuyu tesisatında kullanılan mevcut kablolu ve kablosuz veri iletim teknikleri karşılaştırmalı olarak sunulacak, hepsinin olumlu ve olumsuz yönleri belirlenecektir.

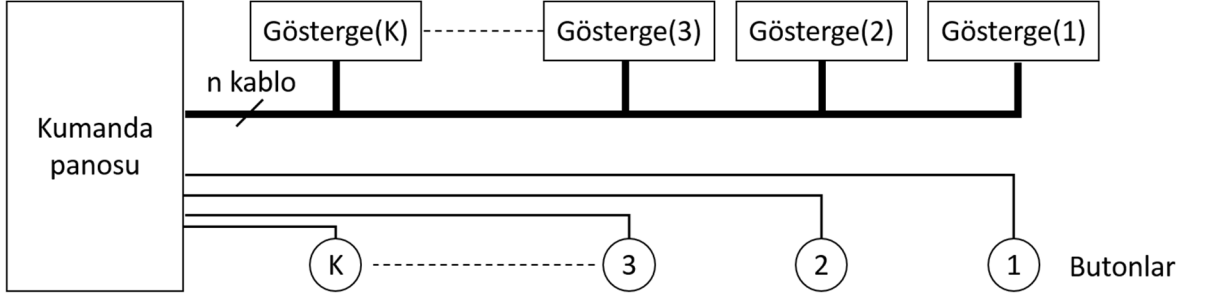
Asansör kuyu tesisatı veri iletim sistemleri kablolu ve kablosuz olmak üzere genelde iki gruba ayrılmaktadır (Şekil 2.6). Kablolu iletimin paralel ve seri olmak üzere iki bağlanma şekli vardır. Kablosuz iletim ise çok atlamalı kablosuz ağ ve doğrudan bağlantı kablosuz ağ (direct link connection) olarak ikiye ayrılmaktadır.



Şekil 2.6. Asansör kuyu tesisatı veri iletiminin en yaygın sistemleri

2.4.1. Paralel veri iletim sistemi

Paralel veri iletim sistemi en yaygın sistemdir. Bu sistemde kat göstergeleri paralel olarak bağlanıp kumanda panosu tarafından sürülmektedir. Kumanda panosunda her bir kat çağrı butonunun kendi girişi vardır (Şekil 2.7). Bu sistemin en önemli özellikleri enerji tüketiminin az, iletimin hızlı ve kuruluş maliyetinin düşük olmasıdır. Sistemin bağlantı karmaşıklığı ve asansör kurulumu üzerindeki bazı olumsuzluklara ışık tutmak için 25 katlı asansör kurulumunda kullanılan kablo sayısı ve kablo uzunluğu hesaplanmıştır. Çift buton kullanılmış ve iki kat arasının 3 metre olduğu varsayılmıştır. Kuyu uzunluğu 75 m'dir. Bu hesaplamalarda besleme kabloları dikkate alınmamıştır.



Şekil 2.7. Asansör kuyu dış tesisatı paralel veri iletim sistemi

Bu sistemde göstergeler paralel olarak bağlanır. 7 segmentli göstergeler kullanıldığında kumanda panosundan kuyuya çekilecek kabloların sayısı (2.1) denklemi yardımıyla bulunur.

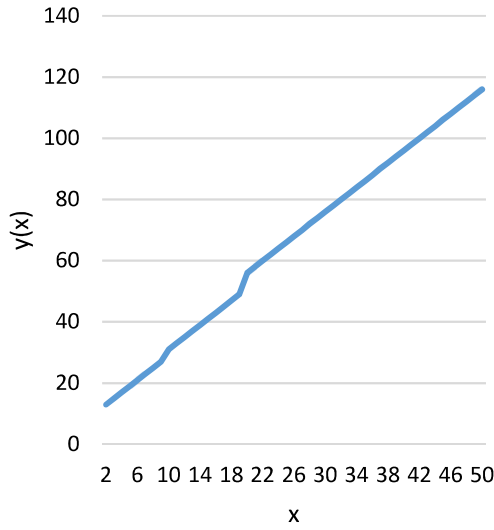
$$y(x) = \begin{cases} 11 + 2x - 2, & 2 \leq x < 10 \\ 13 + 2x - 2, & 10 \leq x < 20 \\ 18 + 2x - 2, & 20 \leq x < 100 \end{cases} \quad (2.1)$$

Burada, y kabloların sayısı, x kat sayısıdır ($x > 1$).

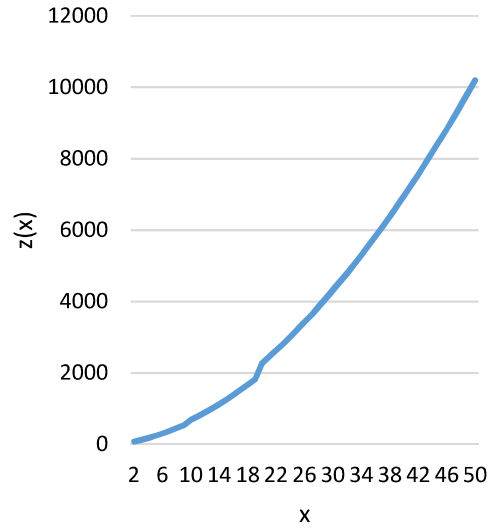
7 segmentli göstergeler için, kat sayısına göre, 11, 13 veya 18 kablo, ara katlardaki dış butonlara ikişer kablo, en üst kata ve en alt kata birer kablo çekilmesi gerekir. y ile x 'in ilişkisi Şekil 2.8'de gösterilmiştir. Toplam kablo uzunluğu ise, iki kat arası 3 metre varsayılarak (2.2) üzerinden hesaplanır.

$$z(x) = \begin{cases} 11 * 3 * x + \sum_1^x 3n, & x = 2 \\ 11 * 3 * x + \sum_1^x 3n + \sum_2^{x-1} 3n, & 2 < x < 10 \\ 13 * 3 * x + \sum_1^x 3n + \sum_2^{x-1} 3n, & 10 \leq x < 20 \\ 18 * 3 * x + \sum_1^x 3n + \sum_2^{x-1} 3n, & 20 \leq x < 100 \end{cases} \quad (2.2)$$

z toplam kablo uzunluğunu (m) temsil etmektedir. z ile x 'in ilişkisi Şekil 2.9'da gösterilmiştir.



Şekil 2.8. Çift buton ve 7 segmentli göstergeler kullanıldığında kat sayısı (x) kablo sayısının $y(x)$ arasındaki ilişki



Şekil 2.9. Çift buton ve 7 segmentli göstergeler kullanıldığında toplam kablo uzunluğu $z(x)$

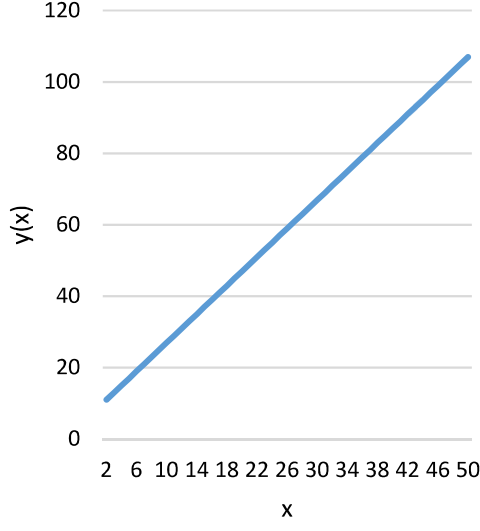
Grey kodlu göstergeler kullanılması durumunda kumanda panosundan kuyuya çekilecek kabloların sayısını bulmak için (2.3) denklemi kullanılır.

$$y(x) = 9 + 2x - 2 \quad (2.3)$$

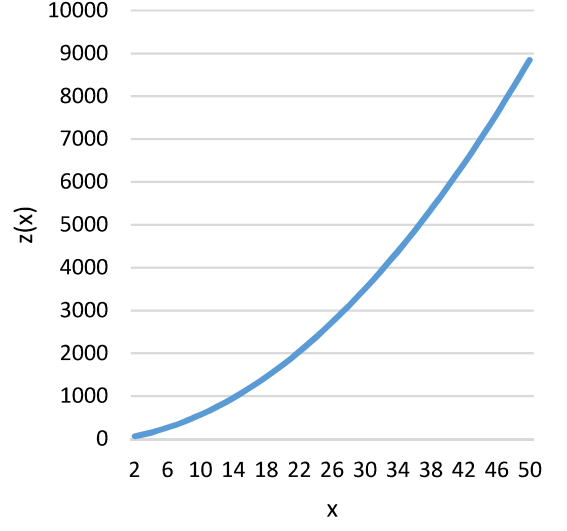
Grey kodlu göstergeler için 9 kablo, ara katlardaki dış butonlara aynı şekilde ikişer kablo, en üst kata ve en alt kata birer kablo çekilmesi gerekir. y ile x 'in ilişkisi Şekil 2.10'da gösterilmiştir. İki kat arası 3 metre varsayılarak toplam kablo uzunluğu (2.4) denklemi ile hesaplanır. z ile x 'in ilişkisi Şekil 2.11'de gösterilmiştir.

$$z(x) = \begin{cases} 9 * 3 * x + \sum_1^x 3n, & x = 2 \\ 9 * 3 * x + \sum_1^x 3n + \sum_2^{x-1} 3n, & x > 2 \end{cases} \quad (2.4)$$

Kat sayısı arttıkça kabloların sayısı ve toplam kullanılan kablo uzunluğu hızlı bir şekilde artmaktadır. Çok damarlı kablolar kullanıldığında da montaj süresi olumsuz bir şekilde etkilenmektedir. Paralel sistemde kuyu tesisatında bir sorun ortaya çıkarsa sorunun bulunması çok zor olup asansör birkaç gün kapalı kalmak zorunda kalabilir ve bazen kuyu tesisatı tamamen değiştirilir. Bağlantı karışıklığı, işçilik maliyeti ve hatalı bağlantı yapma ihtimali vb. gibi faktörler asansör firmalarını daha pratik çözümler bulmaya itmektedir.

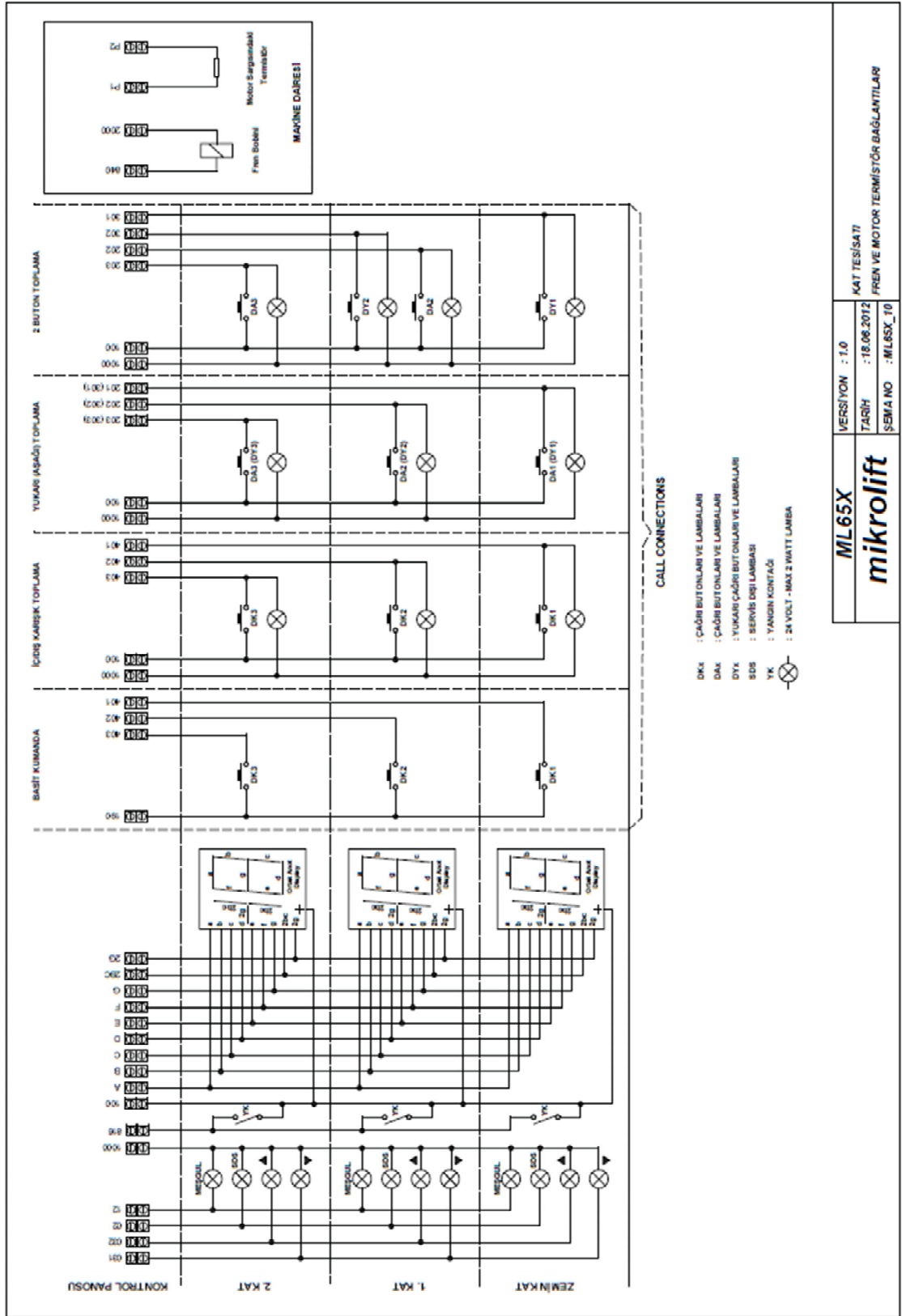


Şekil 2.10. Çift buton ve Grey kodlu göstergeler kullanıldığında kat sayısı ile (x) kablo sayısının $y(x)$ arasındaki ilişki



Şekil 2.11. Çift buton ve Grey kodlu göstergeler kullanıldığında toplam kablo uzunluğu $z(x)$

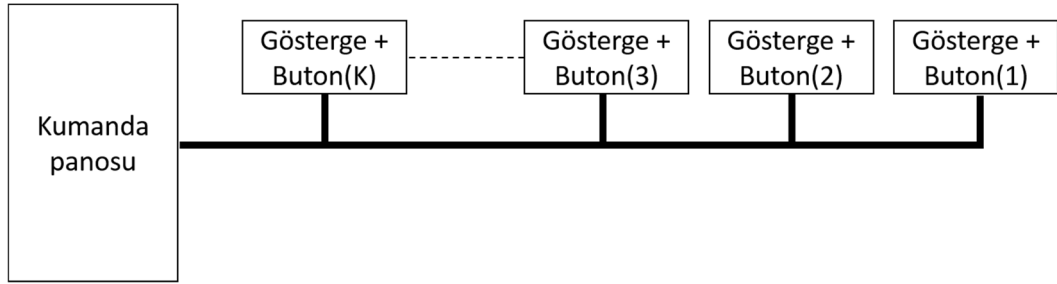
Şekil 2.12 Mikrolift asansör şirketinin kullandığı paralel bağlama sistemini göstermektedir.



Şekil 2.12. Mikrolift asansör şirketi tarafından ML65X sisteminde uygulanan paralel veri iletiminin şeması (Anonim 2012)

2.4.2. Seri veri iletim sistemi

Seri veri iletim sistemi, paralel veri iletim sistemine bir alternatif olarak ortaya çıkmıştır. Bütün kat bileşenleri bir hat üzerinden bağlanıp kumanda panosuyla haberleşmektedir (Şekil 2.13). Asansör sektöründe kuyu dış tesisatı için seri haberleşme olarak RS485 ya da CANbus protokolü kullanılmaktadır. Bu bölümde bu iki protokol ve aralarındaki farklılıklar hakkında genel bir bilgi verilecektir.



Şekil 2.13. Asansör kuyu dış tesisatı seri veri iletim sistemi

RS485:

RS485 veri hattına bağlanan herhangi bir düğüm yarı çift yönlü (half duplex) modu üzerinden diğer düğümlerle iletişim kurabilir. Yarı çift yönlü modu çift yönlü iletişim sağlamasına rağmen, aynı anda yalnızca bir düğüm iletim yaparken diğer düğümler dinlemelidir. RS485 bir protokol değildir. Yalnızca veri alışverişi için temel kurallar ve fiziksel bağlantı sağlamaktadır. Mesaj içeriği tamamen kullanıcı tanımlı olmakla birlikte çok açılı bir hat (multi-drop bus) kullanarak seri mesajların iletilmesini sağlamaktadır. Ayrıca iletişim çerçeve yapısı, düğüm adresleme, veri çarpışma önleme mekanizmaları ve diğer görevler, bir protokol yazılımı biçiminde geliştirici tarafından entegre edilmelidir.

CAN:

Denetleyici Alan Ağı (CAN) 1980'lerde Robert Bosch GmbH tarafından icat edilmiştir. CAN ilk başta otomotiv endüstrisinde kullanılmak üzere tasarlanmış ancak günümüzde endüstriyel otomasyon, tıp, ulaşım vb. gibi çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. CAN, RS485 ile karşılaştırıldığında iletişim için yalnızca fiziksel ortamı sağlamakla kalmayıp aynı zamanda paket adresleme, veri çarpışma önleme, iletilen verilerin hatalarını tespit

etme, kesilmiş paketlerin otomatik tekrarını yapma ve ağdaki tüm düğümlerde veri tutarlılığını sağlamaktadır.

RS485 gibi bir CAN düğümü yarı çift yönlü modu üzerinden diğer düğümlerle iletişim kurabilir. Bir mesaj 8 bayt kadar veri içerebilir. Her mesaj, önceliğini temsil eden bir ID'ye sahiptir ve hat üzerinden seri olarak iletilebilir. İletilen mesaj sıfıra dönüş olmayan (NRZ) (non-return-to-zero) mekanizma ile kodlanır ve tüm düğümler tarafından algılanır. Hat müsait ise herhangi bir düğüm ilettime başlayabilir. İki veya daha fazla düğüm aynı anda bir mesaj göndermeye başlarsa, önceliği daha yüksek olan mesaj diğer düğümlerin mesajlarının üzerine yazılacaktır. Bu, yüksek önceliğe sahip olan mesajların iletilmesini garantilemektedir. Bu mekanizmaya öncelik tabanlı hat tahkimi (priority-based bus arbitration) denmektedir. Daha yüksek önceliğe sahip olan mesajlar daha küçük ID'ye sahiptir.

Karşılaştırma:

RS485, normalde bir UART modülü yardımıyla çalışır. Bu nedenle iletişim, 8-bitlik bir yazmaç (register) ile yazılmış veya okunmuş bireysel karakterler temelinde yürütülmektedir. Bu nedenle, çerçevenin yapısı yazılımda oluşturulmalıdır. Bunun aksine, CAN, 0 ila 8 veri baytlarına ek olarak, adresleme ve veri tutarlılığı (CRC kontrolü) bilgilerini içeren, önceden ayarlanmış bir çerçeve formatıyla çalışmaktadır. Kullanıcı sadece mesaj ID'si ve yükünü belirlemeyi üstlenmektedir. Geri kalan kısmı ise CAN kontrolörü tarafından eklenmektedir. CAN kontrolörü, harici entegre ya da bir mikrodenetleyicinin içinde dahili bir modül olabilmektedir.

Her CAN mesajı, mesaj ID'sinden türetilen kendi önceliğine sahiptir. Daha yüksek önceliğe sahip CAN mesajları, CAN kontrolörü tarafından daha önce alınır. Bu nedenle CAN, gerçek zamanlı olarak uyumlu bir çözüm haline gelmektedir. Bir mesajın ID'sinden ötürü, önceliğine bağlı olarak, diğer düğümlerin hat yükü veya performansından bağımsız olarak, her CAN mesajı için maksimum gecikme zamanı tahmin edilebilir. Bunun tersine, RS485, mesajların çarpışmalarını algılamadığı için çarpışma önleme, uygulama yazılımında garanti edilmelidir. Tipik olarak, RS485 ağlarındaki çarpışma önleme efendi/köle (master/slave) bir sistemle

gerçekleştirilmektedir. Tüm köleler birer birer efendi tarafından sorgulanır. Gecikme süresi, tüm düğümlerin sayısına ve tepki sürelerine bağlı olduğu için daha uzundur.

Mesaj bazlı tahkim (message-wise arbitration) nedeniyle CAN, ilave tedbirler almadan çoklu efendi işlemine olanak tanımaktadır. Bu, RS485 durumunda, yazılımda uygulanması gereken token ring gibi belirli bir protokolle mümkündür.

CAN çok gelişmiş hata yönetimi özelliğine sahiptir. Bir mesaj, bir düğüm tarafından doğru bir şekilde alınmazsa (CRC veya format hatası); mesaj, bir hata çerçevesi göndermekle alıcı tarafından yok edilir ve bu nedenle tüm düğümler için geçersiz olarak işaretlenir. Bu işlem yapıldıktan sonra verici otomatik olarak gönderme işlemini tekrarlamaktadır. Bu prosedür, tüm düğümlerin yalnızca geçerli mesajları almasını sağlamaktadır. Devamlı olarak yanlış veri gönderen ya da yanlış verileri ilk algılanan düğüm, CAN hattından otomatik olarak ayrılmaktadır. Bu, arızalı CAN kontrolörlerinin veya hat bağlantılarının, veri trafiğini kalıcı olarak bozmasını garanti etmektedir.

Kısa mesajlar, diferansiyel iletim, hata tespiti ve sorun giderme, kusurlu düğümlerin geri çekilmesi, CAN'ı çok sağlam, güvenli ve güvenilir bir ağ haline getirmektedir. Bu nedenle CAN, araçlarda, gemilerde, asansörlerde, tıbbi cihazlarda, hava taşıtlarında ve endüstriyel tesislerde birçok kritik veya güvenlikle ilgili uygulamalarda kullanılmaktadır.

CAN protokolünün tam olarak donanımda uygulanması nedeniyle, mikrodenetleyici sisteminin üzerindeki yük azdır (mesaj başına sadece bir işkesme). RS485'de, protokolün yazılım yükünün yanı sıra (veri tutarlılık mekanizmaları da dahil olmak üzere) alınan her karakter başına bir işkesme vardır. Bu da önemli bir CPU yüküne neden olmaktadır. Protokol ve veri iletim hızına ve RS485 uygulamasının gereksinimlerine bağlı olarak daha güçlü ve dolayısıyla daha pahalı CPU'lar gerekmektedir. Daha düşük aktarım hızları bile CPU performansı üzerinde ve dolayısıyla maliyet üzerinde önemli bir etkiye sahiptir.

CAN kontrolörleri, mesaj ID'sına dayalı olarak alınmış mesajları süzme özelliğine de sahiptir. Mesajlar, sadece hedef düğümler tarafından alındığı için CPU yükü daha da azalmaktadır (Anonim 2010).

Sonuç olarak, CAN'ın veri çarpışma önleme, veri tutarlılığı, gerçek zamanlı olması, protokolünün donanımda entegre edilmesi ve CPU üzerine hafif yükü gibi özellikleri nedeniyle asansör sektörü ve özellikle kat bileşenlerini sürme işlemi için uygun bulunmuştur.

2.4.3. Kablosuz veri iletim sistemleri

Asansör kuyu dış tesisatı kablosuz veri iletimi için iki ağ tipi mevcuttur. Birincisi (Motoyama ve ark. 2002) çok atlamalı kablosuz bir ağ, ikincisi (Crenella ve ark. 2003) doğrudan bağlantı kablosuz bir ağıdır. Çok atlamalı ağlarda düşük güçlü kablosuz üniteler, doğrudan bağlantı ağlarında yüksek güçlü kablosuz üniteler kullanılmaktadır. Bu bölümde mevcut olan iki ağın topolojisi ve çalışma prensipleri açıklanacaktır.

Çok atlamalı kablosuz veri iletim sistemi:

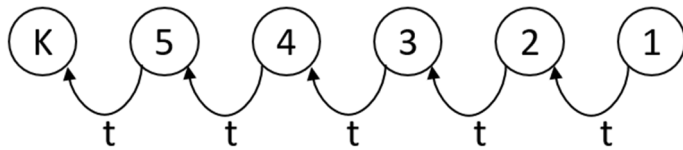
Bu sistemde kattaki düşük güçlü alıcı-vericiler ile kumanda panosunun arasındaki haberleşme çok atlamalı kablosuz ağ üzerinden gerçekleşmektedir (Şekil 2.14). Kaynaktan hedefe işaret gönderildiğinde, o işaret hedefe ulaşana kadar sırayla her kablosuz noktada bir atlama yapmaktadır. İki bitişik nokta arasında atlama için geçen süreye atlama süresi (t) denir (2.5).

$$t = t_1 + t_2 \quad (2.5)$$

Burada, t_1 : işlem süresi, t_2 : yayılma süresidir.

Bütün noktaların atlama süresi sabit varsayılarak, N kattan oluşan asansör için birinci kattan kontrol paneline (K) gönderilen mesajın toplam süresi

$$t_{toplam} = N * t \quad (2.6)$$



Şekil 2.14. Birer atlama yapan çok atlamalı kablosuz ağın yapısı

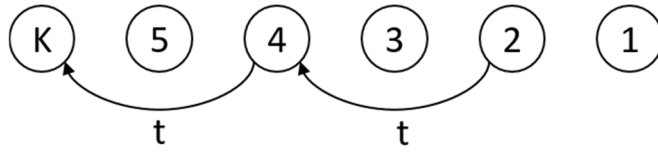
Herhangi bir kaynaktan (S) kontrol paneline gönderilmiş bir mesajın toplam süresi

$$t_{toplam} = (N - S + 1) * t \quad (2.7)$$

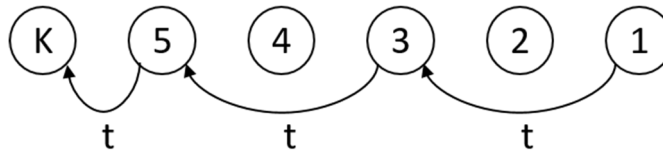
ile hesaplanır.

Çok katlı binaların kuyusu uzun olduğu için t_{toplam} da büyük olur. Bazı yaklaşımlarda işaretin daha hızlı ulaşabilmesi için her iki katta bir atlama yapılmaktadır. Böylece işaretin hızı iki katına çıkmış olur. Bu durumda t_{toplam} 'ın hesaplama formülü ($N-S$)'in tek (Şekil 2.15) veya çift (Şekil 2.16) olmasına göre değişmektedir.

$$t_{toplam} = \begin{cases} \frac{(N-S+2)*t_1}{2} + \frac{(N-S+1)*t_2}{2}, & (N - S) \text{ çift} \\ \frac{(N-S+3)*t_1}{2} + \frac{(N-S+1)*t_2}{2}, & (N - S) \text{ tek} \end{cases} \quad (2.8)$$

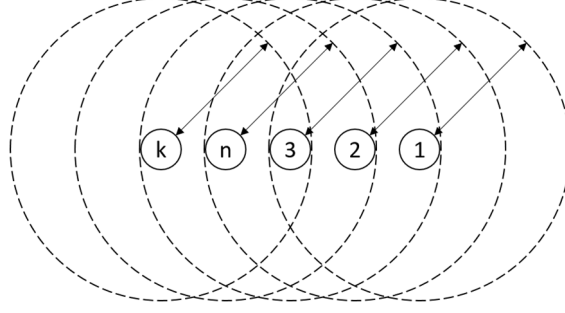


Şekil 2.15. İkişer atlama yapan ikinci noktadan kumanda panosuna işaret gönderen çok atlamalı kablosuz ağın yapısı



Şekil 2.16. İkişer atlama yapan birinci noktadan kumanda panosuna işaret gönderen çok atlamalı kablosuz ağın yapısı

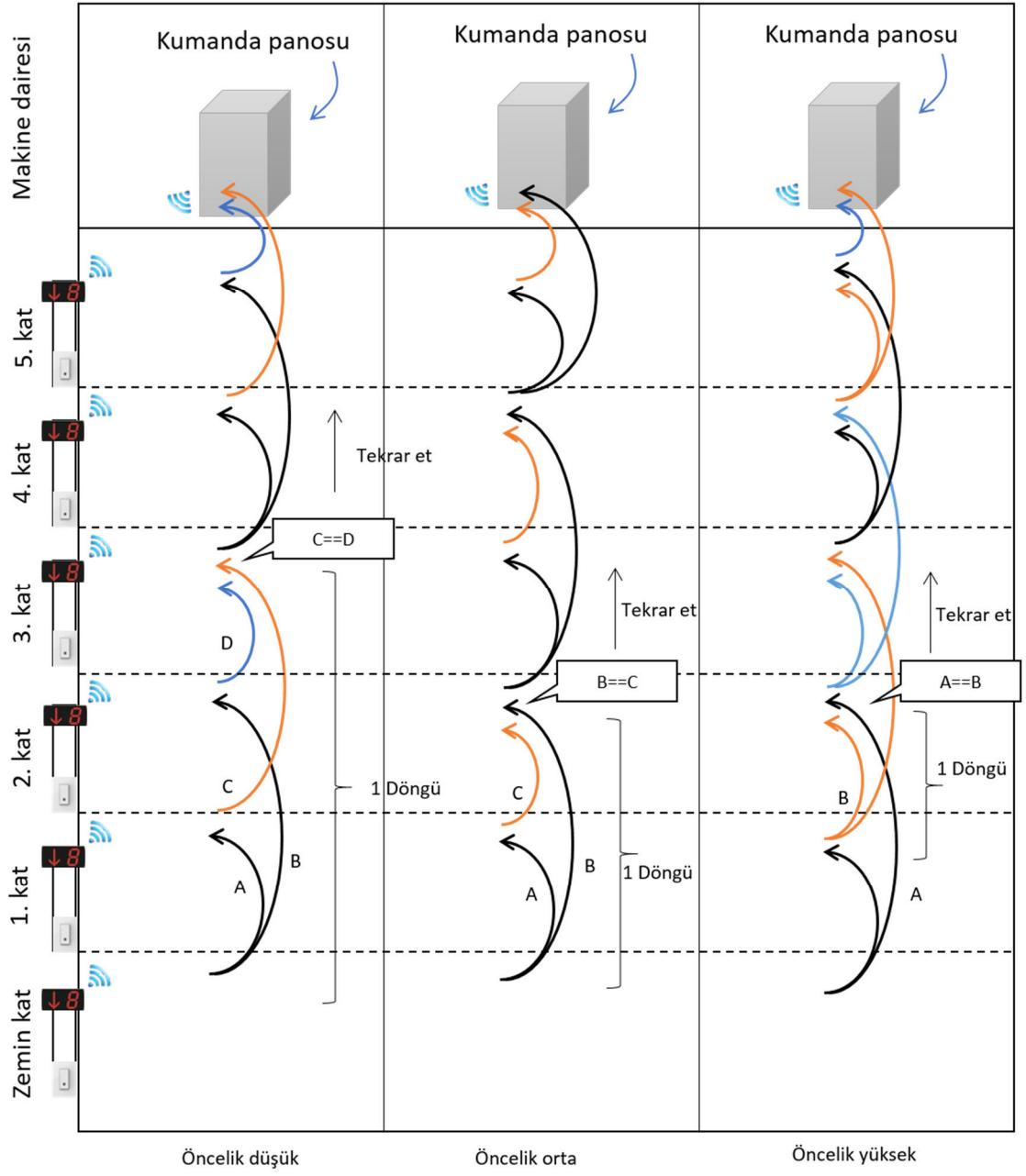
Alıcı-vericilerin birbirlerine yakın olması ve radyo frekans yansıtıcılarından uzak tutulması durumunda, işaretler zayıflamaya ve çok yollu sönmüleme etkisine daha az maruz kalır. Alıcı-vericiler düşük güçlü olduğu için çevreye etkisi de azdır. Bazı uygulamalarda her noktanın işaret gücü belli bir değer ile sınırlıdır. Şekil 2.17'de her noktanın menziline çapı, iki noktaya işaret gönderebilecek kadar geniştir.



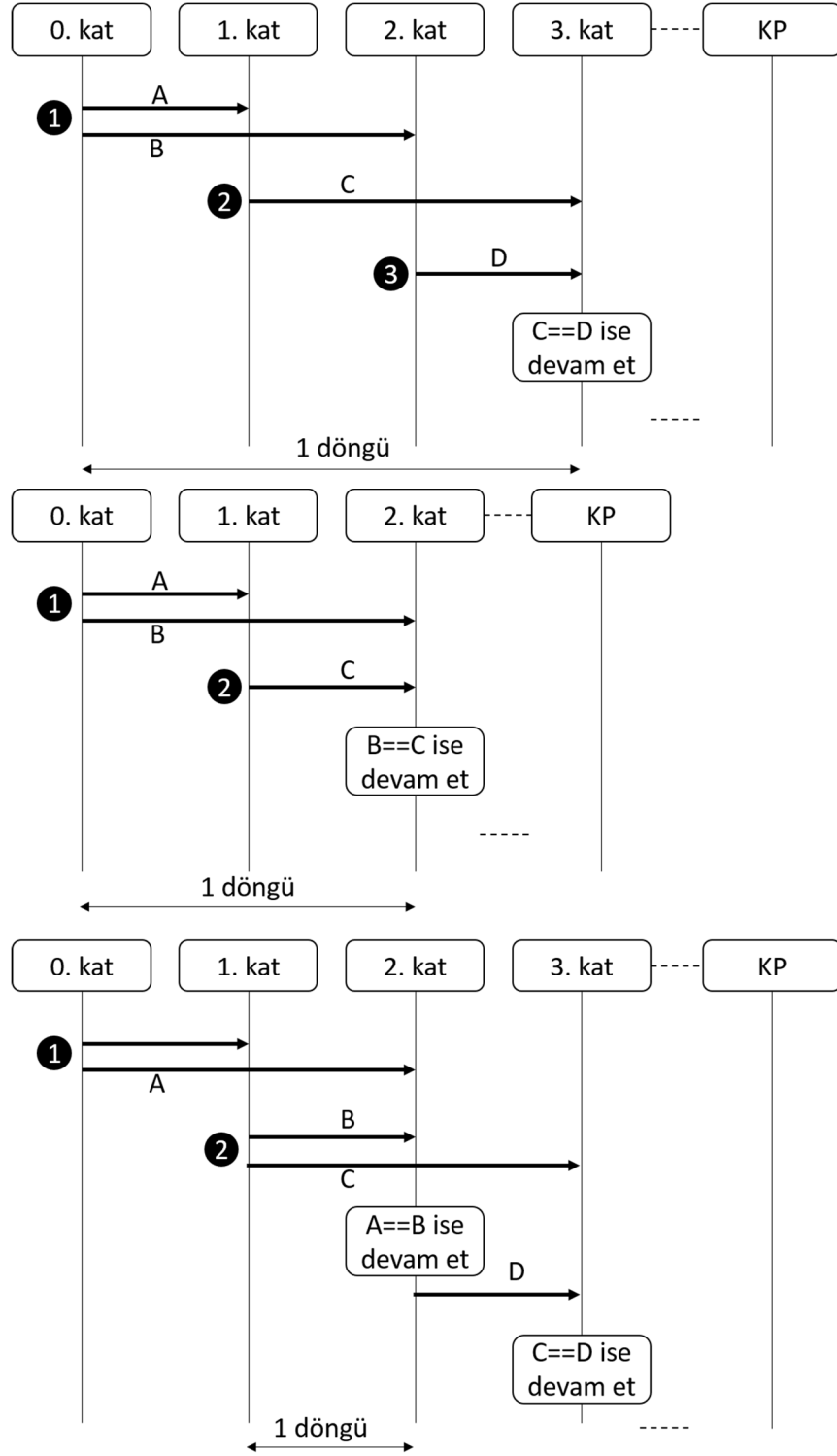
Şekil 2.17. Düşük güçlü çok atlamalı ağın noktalarının menzili

Çok atlamalı kablosuz ağların, noktadan noktaya kablosuz ağlara göre tercih edilmelerinin başlıca nedenleri enerji tüketimi, bağlantının mesafesi ve kalitesidir. Genelde enerji tüketimi pil kullanan bileşenlerde söz konusudur. Bu tezde, çok atlamalı kablosuz ağın yönlendirme üniteleri kablolu bir güç kaynağına bağlandığı için, enerji tüketimi bir önem taşımamaktadır. Ancak işaretin kalitesi ve atlama süresi önemli bir rol oynamaktadır. İşaretin kalitesi düşerse, dış buton algılamamaya başlar veya dış ekranlar sayarken saymada atlayışlar oluşabilir. Atlama süresi ise sistemin hızı ve ağın uzunluğunu etkilemektedir. Atlama süresi uzun olduğunda işaretin yayılım süresi yükselmektedir. Dolayısıyla ağın hızı ve hizmet edebileceği maksimum kat sayısı olumsuz etkilenmektedir.

Atlama süresini etkileyen en büyük faktörlerden bir tanesi kullanılan kablosuz iletim protokolüdür. Motoyama ve ark. (2002) belli bir protokol sunmamışlardır. Sistemin güvenilirliğini arttırmak amacıyla geri bildirimli bir yaklaşım sunmuşlardır. Bir mesaj iletilirken mesajın önemine göre 3 öncelik seviyesi vardır. Bunlar düşük, orta ve yüksek önceliklidir (Şekil 2.18 ve Şekil 2.19). Yüksek öncelikte her katta, orta öncelikte her iki katta bir düşük öncelikte her üç katta bir mesajın doğru olup olmadığı kontrol edilmektedir. Kabin, kumanda panosuyla kablosuz ağ üzerinden haberleştiği için maksimum güvenilirlik elde etmek amacıyla geri bildirimli bir yaklaşım kullanılmıştır. Bu tez çalışmasında, yüksek güvenilirlik ve maksimum hız elde edebilmek için geri bildirimli yaklaşım kullanılmayıp geri bildirimsiz yaklaşım ile WSP protokolü kullanılmıştır.



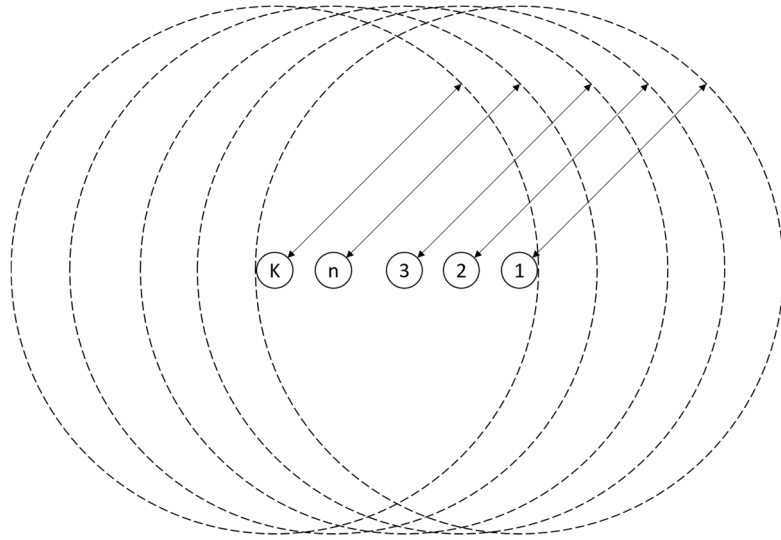
Şekil 2.18. Geri bildirimli sistemin işaretlerinin kuyu izdüşümündeki sırası (Motoyama ve ark. 2002'den değiştirilerek alınmıştır)



Şekil 2.19. Motoyama ve ark. 2002 sunduğu geri bildirim sisteminin çalışma mantığı

Noktadan noktaya kablosuz veri iletim sistemi:

Bu sistemde her katta birer yüksek güçlü alıcı-verici kullanılmaktadır. Her alıcı-verici kumanda panosuyla (K) doğrudan irtibata geçmektedir (Şekil 2.20). Bütün alıcı-vericilerin işaretlerinin kumanda panosuna mesaj gönderebilecek kadar güçlü olması gerekmektedir. Yüksek binalarda asansör kuyusu uzun olduğu için işaretler zayıflamaya ve çok yollu sönümlenmeye maruz kalır. Zayıflamaya karşı kattaki alıcı-vericiler ile kumanda panosunun arasında tekrarlayıcı takılmalı ve kabinin altına ve üstüne birer Yagi anten bağlanmalıdır. Yagi antenler, işaretleri kabinin altındaki katlardan kumanda panosuna ve ters yönde göndermede yardımcı olur. Çok yollu sönümlenmeye karşı uygun bir radyo protokolü kullanılması gerekir. Genellikle Düz Sıralı Dağılık Spektrum DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum) ya da Frekans Atlamalı Dağılık Spektrum FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum) teknolojisi kullanılmaktadır.



Şekil 2.20. Yüksek güçlü doğrudan bağlantı ağının noktalarının menzili

2.5. Enerji Hasadı Teknolojisi

Çevremizde var olan enerjinin (hareket, basınç, ışık, sıcaklık farklılıkları vb.) elektriksel enerjiye dönüştürülmesine enerji hasadı denir. Enerji hasadı yapan kablosuz sensörler, çevreden enerji üretip boşluğa radyo işareti yayar. Örnek olarak butona basıldığında, bir elektromekanik enerji dönüştürücüsü vasıtasıyla mekanik hareket elektriksel enerjiye dönüştürülmektedir. Üretilen enerji bir radyo işareti yaymak için yeterlidir. Işıktan enerji,

200 lük veya daha düşük bir seviyede bile olsa, minik güneş panelleri ile üretilebilir. Sıcaklık farklılıklarından enerji, 2 °C'lık bir sıcaklık farkı, bir DC/DC dönüştürücü ve peltier elemanın kombinasyonu ile elde edilir ve bu yöntemle elektronik devreler için yeterli enerji sağlanabilir (Anonim 2017b).

2.5.1. WSP protokolü

Kablosuz kısa paket (Wireless Short Packet, WSP) protokolü (Anonim 2011), enerji tüketimi ve iletim çarpışmasının olasılığını en aza indirmek için tasarlanmış, az katmanlı bir protokoldür. WSP protokol yığını, ISO/IEC 7498-1 OSI referans modelinin yapısını barındırır (Çizelge 2.1).

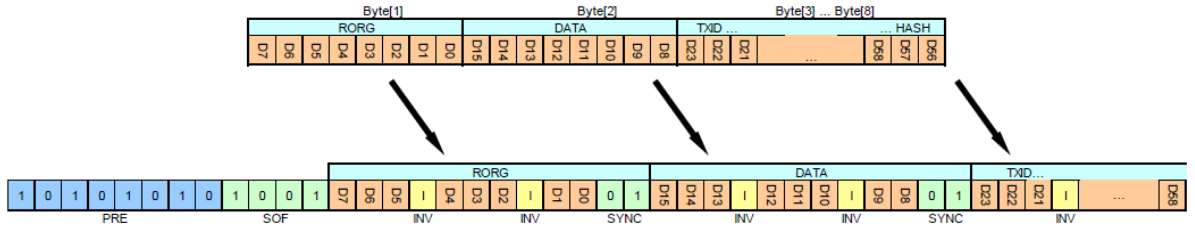
Çizelge 2.1. WSP protokolünün OSI modeli (Anonim 2011)

Kablosuz Kısa Paket protokolü (WSP)			
Standart	Katman	Hizmet	Veri birimi
Bu standartta tanımlanmamış	Uygulama		
	Sunum		
	Oturum		
	Taşıma		
ISO/IEC 14543-3-10	Ağ	Hedef adresli telegramlar (Kapsülasyon/Dekapsülasyon)	Telegram
		Anahtar telegramı dönüşümü (RORG ve STATUS süreci)	
		Tekrarlama (STATUS süreci)	
	Veri iletim	Alttelegramın yapısı	Alttelegram
		Hash algoritmaları	
		Alttelegram zamanlaması	
		Konuşmadan Önce Dinle (LBT)	
	Fiziksel	Kodlama/Çözme (INV ve SYNC)	Bitler / Çerçeve
		Kablosuz alma/verme	

Fiziksel katman:

Fiziksel katmandaki veriler, Genlik Kaydırmalı Anahtarlama (ASK) modülasyonu ile, 125 kbit/s veri hızında, 315 MHz veya 868,3 MHz frekans bandında iletilir. Sistemin işlevsel mesafesi, görüş hattı iletiminde 300 m, ve binalarda 30 m'dir. Bir bit süresi 8 µs'dir.

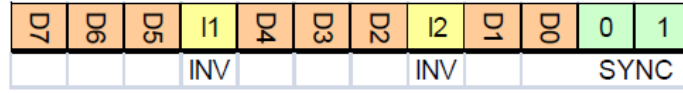
Veriler çerçeve şeklinde iletilir. Bir çerçeve, öntakı (PRE), çerçevenin başlangıcı (SOF), alt çerçeveler (ters (INV) ve senkronizasyon (SYNC) bitleri ile birlikte) ve çerçeve sonu (EOF) alanlarından oluşur. Çerçevenin yapısı Şekil 2.21'de gösterilmiştir.



Şekil 2.21. 868,3 MHz WSP protokolünün tam çerçeve yapısı (Anonim 2011)

Her çerçeve PRE ile başlar. PRE'nin uzunluğu, 868,3 MHz frekansı için, 8 bittir. PRE'nin ardından SOF gelir. SOF, alıcının örnekleme saatini, alınmış çerçevenin bit akışı ile senkronize etmesini sağlar. SOF'den sonra bir veya daha fazla alt çerçeve gelir. Alt çerçeveler en anlamlı bittin (MSB) başlayarak iletilir.

Eşlik üretimi, veri bütünlüğü ve örnekleme saati senkronizasyonu ile ilgili olası problemlerden kaçınmak amacıyla gönderilen verilere INV bitleri ve SYNC bitleri eklenir (Şekil 2.22). INV bitleri her baytın üçüncü ve altıncı bitlerinin tersi olup tam arkalarına eklenir. Şu kural INV bitlerine uygulanır: $I1 = \text{NOT}(D5)$ ve $I2 = \text{NOT}(D2)$. Ters bitlere ilaveten, iki SYNC biti her alt çerçevenin (son alt çerçeve hariç) sonuna eklenir. EOF biti ise, çerçevenin sonuna eklenir. 868,3 MHz WSP protokolünün çerçeve tanımı Çizelge 2.2'de gösterilmektedir.



Şekil 2.22. Kodlanmış alt çerçevenin yapısı (Anonim 2011)

Çizelge 2.2. 868,3 MHz WSP protokolünün çerçeve tanımı (Anonim 2011)

Alan	Değer
Öntakı (PRE)	Bit dizisi "10101010"
Çerçeve başlangıcı (SOF)	Bit dizisi "1001"
Veri	En anlamlı bit (MSB) ilk önce iletilir
Ters bitler (INV)	Üçüncü ve altıncı bitlerden sonra eklenen ve onlara ters bir değere sahip bitlerdir.
Senkronizasyon bitleri (SYNC)	Bit dizisi "01"
Çerçeve sonu (EOF)	Bit dizisi "1011"

Veri katmanı:

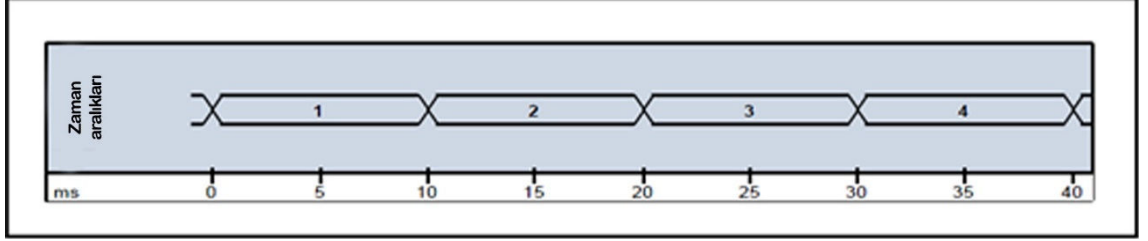
Bu katmanda veriler alttelegram şeklindedir. Bir alttelegram, PRE, SOF, INV, SYNC ve EOF çıkarılmasıyla bir çerçevenin parçasıdır. Veri katmanının üç ana işlemi telegram zamanlaması, veri bütünlüğü ve LBT'dir.

Alttelegram zamanlaması, farklı vericilerden telegram çarpışmalarını önlemeyi amaçlar. Her alttelegram farklı bir zaman aralığında iletilir. Alttelegram zamanlamasının sınırları TX ve RX'in limit süreleri tarafından belirlenir (Çizelge 2.3). Limit süresi, tüm alttelegramların iletiminin tamamlanması ve alınması gereken zaman aralığının uzunluğunu belirtir.

Çizelge 2.3. Maksimum TX, RX süreleri (Anonim 2011)

Açıklama	Parametre
Maksimum TX süresi	40 ms
Maksimum RX süresi	100 ms

Tam bir telegram, en fazla üç alttelegramdan oluşur. Gönderici için, ilk alttelegramın başlangıcı ile son alttelegramın sonunun zaman aralığı, TX limit süresini aşmamalıdır. Alıcı için, aynı vericiden alınmış telegramların, ilk alttelegramın sonundan itibaren, RX limit süresi bitene kadar aynı telegrama ait olması sayılacaktır. RX limit süresi dolduktan sonra yeni alınmış alttelegramlar, başka bir telegrama ait olarak kabul edilecektir.



Şekil 2.23. Dört adet 10 ms'lik aralıklara bölünmüş maksimum TX süresi (Anonim 2011)

Alttelegram iletimini zamanlamak için TX limit süresi dört zaman aralığına ayrılır (Şekil 2.23). Bu zaman aralıkları, her biri 1 ms'lik 10 zaman dilimidir. Zaman dilimlerinin numaralandırılması 0 ile başlar ve 39 ile sona erer. Bu dört zaman aralığında en fazla üç alttelegram gönderilebilir. Zamanlama (schedule), her alttelegram numarasının hangi aralıkta gönderilebileceğini belirler. Tüm alttelegramlar bu zaman aralıklarında iletilecektir. İkinci veya üçüncü alttelegramların iletimi, yalnızca önceki alttelegramların iletimi tamamlanmışsa başlatılabilir. Alttelegramları gönderirken kullanılan kablosuz kanal diğer vericilerin iletimiyle işgal edilmişse; LBT özelliği, TX limit süresi dolana kadar iletimi geciktirebilir.

İkinci işlem olan veri bütünlüğünde, bir alttelegramın bozulmamış olduğunu denetlemek için iletimden önce telegramın hash değeri hesaplanır ve alttelegrama eklenir. Eklenen hash değeri, alıcının, iletim hatalarını tespit etmesine yarar. Hash hesaplanması için üç algoritma WSP protokolü tarafından desteklenir; 4-bit eşlik denetimi, 8-bit eşlik denetimi ve 8-bit CRC.

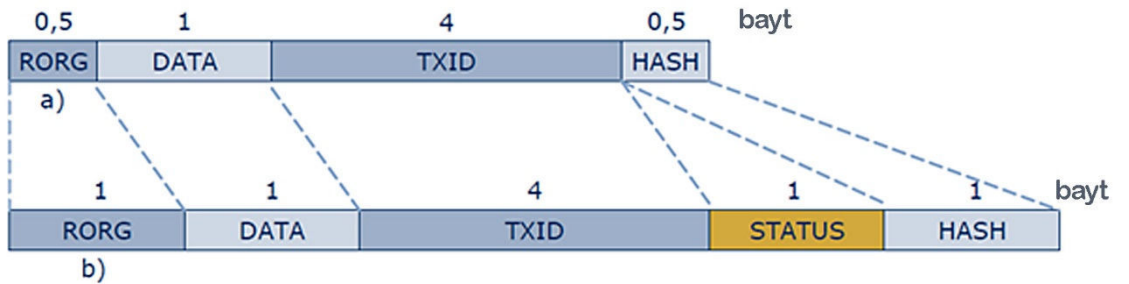
Hash değerinin yanı sıra, ve bu katmanın üçüncü işlem olarak, telegramların çarpışmasına karşı LBT özelliği kullanılır. Vericinin, iletimi başlatmadan önce kullandığı frekans

bandının müsait olup olmadığını denetler. Ortamın müsait olmaması durumunda, iletim rastgele bir süre ertelenip askıya alınır. Bu süre bittikten sonra verici ortamı yine de kontrol eder. Ortamın müsait olması durumunda alttelegramları iletir. Hesaplanmış rastgele sürenin TX limit süresinin ihlaline yol açması durumunda, alttelegram başka iletimlerden bağımsız olarak gönderilir.

Ağ katmanı:

Ağ katmanında, anahtar telegramı dönüşümü, tekrarlama ve hedef adresli telegram olmak üzere üç işlem yapılır. Bu tez çalışmasında söz konusu olan sadece anahtar telegramı dönüşümü anlatılmıştır. Anahtar telegramı dönüşümü, anahtar telegramı ile RPS telegramı arasındaki dönüşümü gerçekleştirir. Anahtar telegramı enerji hasadı teknolojisini kullanan aygıtlar tarafından kullanılır (ör. buton). Anahtar telegramının uzunluğu kısa olduğu için enerji tüketimi de azdır. Dolayısıyla enerji hasadı üzerinden üretilen enerji, iletimi yapacak kadar yeterlidir. Anahtar telegramı, RPS telegramının kısaltılmış ve kablosuz yayımlanan halidir.

RPS telegramında veri yükünün yanı sıra 4 alan bulunur; 8 bit uzunluklu RORG, 32 bitlik alıcı-verici ID numarası (ID), 8 bitlik durum alanı (STATUS), ve 8 bitlik hash değeri alanı. Ancak anahtar telegramı, 4 bit uzunluklu RORG, 32 bitlik alıcı-verici ID numarası (ID), 4 bitlik hash değeri alanı içerir ve durum alanı (STATUS) yoktur. Anahtar telegramı dönüşümü Şekil 2.24'te gösterilmektedir.



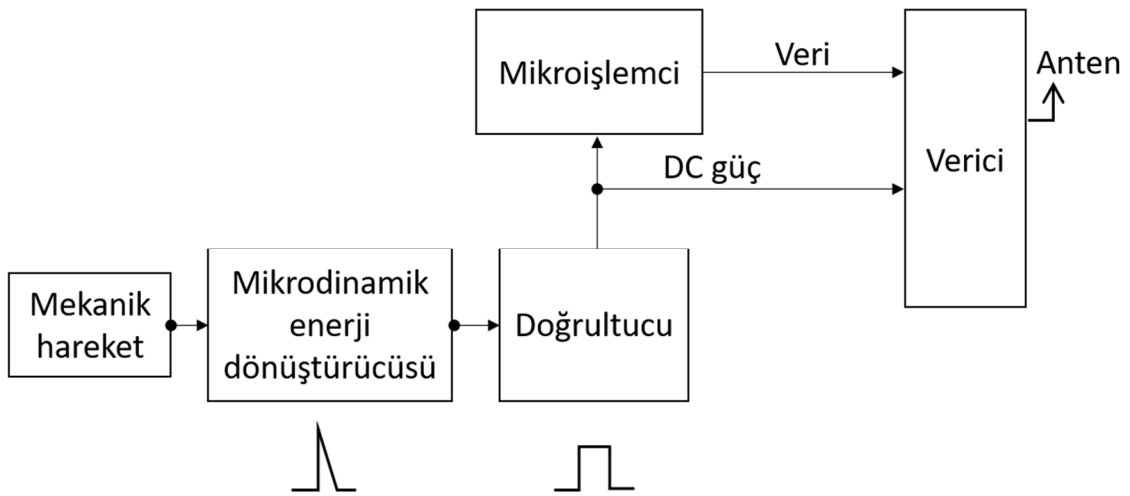
Şekil 2.24. RORG ve STATUS alanlarının dönüşümünün gösterimi (Anonim 2011)

Diğer katmanlar:

Ulaşım katmanı, oturum katmanı, sunum katmanı ve uygulama katmanı bu standartta tanımlanmamıştır.

2.5.2. Kablosuz ünite çeşitleri

WSP protokolünü kullanan üç ünite verici, alıcı ve alıcı-vericidir. Vericiler, sadece gönderme imkânı olan, enerji hasadı teknolojisini kullanan sensör ya da butondur. Sensörler çevreden enerji üretip içindeki pili şarj etmekle birlikte kablosuz işaret göndermektedir. Butonlar ise (Şekil 2.25) pil ya da herhangi bir güç kaynağına ihtiyaç duymadan butona basılınca kendiliğinden enerji üretip işaret göndermektedir. Butona basılınca bir mıknatısın bobinin içinden geçmesiyle ve Faraday'ın induksiyon kanununa göre manyetik alanın değişimiyle elektromanyetik kuvvet (EMF, electromagnetic force) oluşur (Grassl ve Schmidt 2006). Kablosuz işaret yayılacak kadar bir güç oluşur. Oluşan güç doğrultucudan geçtikten sonra mikroişlemciye de vericiye de iletilir. Buton kendiliğinden enerji ürettiği için gönderilen veri uzunluğunu en aza indirmek gerekmektedir. Bu nedenle anahtar telegramı kullanılmaktadır. Alıcılar ve alıcı-vericiler genelde 3,3 V gerilimli bir güç kaynağı tarafından beslenmektedir. Alıcılar sadece sensörlerden gelen işareti alıp işlemektedir. Alıcı-vericiler ise tekrarlayıcı veya yönlendirici olarak çalışabilmektedir.



Şekil 2.25. Enerji hasadı butonunun yapısı (Anders 2005'den değiştirilerek alınmıştır)

2.5.3. Enerji hasadı gereksinimleri

Enerji hasadı modülleri az enerjiyle çalıştığı için kendi kuralları ve yöntemleri mevcuttur. Bu gereksinimlerden bir tanesi ASK ya da FSK modülasyonunu kullanmasıdır. İşaret distorsiyonuna karşı bir alttelegram, bir kere değil üç kere ard arda gönderilir. Bir alttelegram distorsiyon görürse ve hedefe ulaşmazsa öbür alttelegramların hedefe ulaşma ihtimali vardır. İkinci gereksinim 1 GHz altı frekanslar ile çalışmasıdır. Yüksek frekanslara nazaran ve aynı enerjiyle, 1 GHz altı radyo işaretlerinin nüfuziyeti daha yüksek ve menzili daha uzundur. Bunun için ASK, FSK ve 1 GHz altı frekanslar enerji hasadı teknolojisinin bir parçasıdır.

2.5.4. Kullanılmış telegram çeşitleri

Bu tezde iki telegram çeşidi kullanılmıştır; RPS telegramı (Buton telegramı) ve VLD telegramı (Anonim 2015a). Buton telegramı kablosuz bataryasız düşük enerji ile çalışan enerji hasadı teknolojisini kullanan bileşenler için tasarlanmıştır (Çizelge 2.4). Buton telegramı 0xF6 ile başlar (RORG). Buton ünitesi bir butondan daha fazlasını içerebildiği için, DATA alanı hangi butona basıldığını, STATUS butonun basılmış ya da bırakılmış olduğunu belirler. Verici ID alanı ünitenin üretici ID'sidir. CRC8, alıcı tarafından verinin doğru olup olmadığını kontrol etmek için kullanılır.

Çizelge 2.4. Buton telegramı (Anonim 2015a'dan değiştirilerek alınmıştır)

1 bayt	1 bayt	4 bayt				1 bayt	1 bayt
RORG	DATA	Verici ID				STATUS	CRC8
0xF6	D	ID_3	ID_2	ID_1	ID_0	S	C

VLD telegramı, güç kaynağıyla beslenmiş olan yönlendirme ünitelerinin kullandığı telegramdır (Çizelge 2.5). VLD telegramı 0xD2 ile başlar (RORG). DATA alanı 1 ila 14 bayt uzunlukta olabilir. Verici ID alanı ünitenin üretici ID'sidir. STATUS, bu tezde entegre edilmiş tekrar özelliği kullanılmadığı için boş bırakılmıştır. CRC8, alıcı tarafından verinin doğru olup olmadığını kontrol etmek için kullanılır.

Bu tezde toplam 14 mesaj çeşidi tasarlanmıştır. Bu mesajlar, Bölüm 3 ve Bölüm 4’de anlatılacağı üzere, kat üniteleriyle kumanda panosunun arasındaki haberleşmeyi sağlamak, kat ünitelerini yönlendirmek ve bilgi toplamakta kullanılmaktadır. Yönlendirme ünitelerinin gönderdiği telegramın çeşidi VLD telegramıdır ve mesajları iletmek için VLD telegramın DATA kısmı kullanılmıştır.

Çizelge 2.5. VLD telegramı (Anonim 2015a’dan değiştirilerek alınmıştır)

1 bayt	1..14 bayt	4 bayt				1 bayt	1 bayt
RORG	DATA	Verici ID				STATUS	CRC8
0xD2	D	ID_3	ID_2	ID_1	ID_0	S	C

2.6. Donanım İntegrasyonu

Bu bölümde tasarlanmış iki ağda kullanılan donanım ve ilgili özellikleri tanımlanmıştır. Testlerde kullanılan yönlendirme ünitesinin yapısı da açıklanmıştır.

2.6.1. TCM320 kablosuz modülü

WSP protokolüne dayalı kablosuz bir alıcı-vericidir. TCM320 modülünün özellikleri Çizelge 2.6’da gösterilmektedir.

Çizelge 2.6. TCM320 modülünün özellikleri (Anonim 2016)

Anten	8.6 cm whip
Frekans	868 MHz
Modülasyon	ASK
Alıcının hassasiyeti	-96 dBm
Veri iletim hızı	125 kbps
Vericinin çıkış gücü	3 dBm
Güç kaynağı	2.6 – 3.3 V
Başlatılma süresi	<500 ms
Akım tüketimi	Alma modu: typ. 33 mA, max. 43 mA iletim modu: typ. 24 mA, max. 33 mA

2.6.2. PTM210 kablosuz buton ünitesi

WSP protokolüne dayalı, kablosuz, 4 kanal (2 buton) destekleyen bir vericidir. PTM210 modülünün özellikleri Çizelge 2.7’de gösterilmektedir.

Çizelge 2.7. PTM210 modülünün özellikleri (Anonim 2014)

Anten	Entegre edilmiş
Frekans	868 MHz
Modülasyon	ASK
Veri iletim hızı	125 kbps
Güç kaynağı	Elektrodinamik güç kaynağı
İletim mesafesi	Açık alan 300m, kapalı alan 30m

2.6.3. EOP350

Kablosuz telegramları okuyup USB üzerinden bilgisayara aktarmak için kullanılan bir devredir. Üzerinde, telegramları okumak için, DolphinSniffer belenim (firmware) yüklü bir TCM320 modülü bulunmaktadır (Anonim 2015b). DolphinSniffer belenim yardımıyla telegramları alırken bir telegrama ait bütün alttelegramlar alınabilmektedir. Bir telegrama ait 3 alttelegramın ilk alttelegramını almasından itibaren sonraki ilgili alttelegramları 100 ms içinde okuyabilmektedir (Bach 2017).

2.6.4. USB300

EOP350 gibi kablosuz telegramları okuyup USB üzerinden bilgisayara aktarmak için kullanılan flash belleği şeklinde bir devredir. EOP350’den tek farkı bir telegrama ait sadece bir alttelegram alınırsa mesaj alınmış sayıp sonraki alttelegramları kabul etmemektedir (Bach 2017).

2.6.5. CANbus modülü

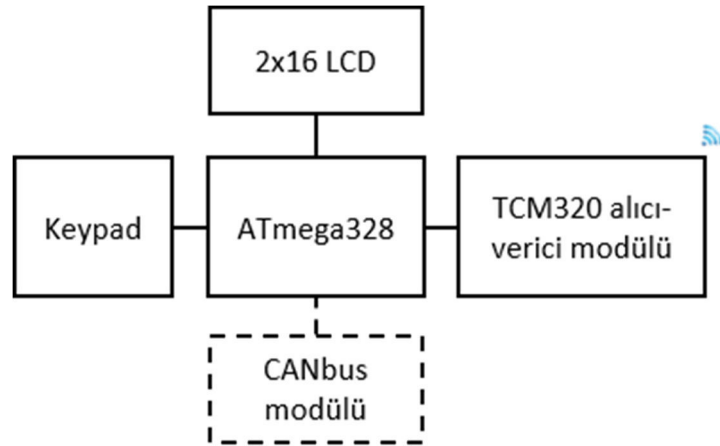
Kullanılan CANbus modülü temel olarak MCP2515 CANbus kontrolörü ve TJA1050 CANbus alıcı-vericiden oluşmaktadır.

2.6.6. ATMEGA328 mikrodenetleyicisi

Prototipin beyni olarak ATMEGA328 mikrodenetleyicisi kullanılmıştır. 32 kB Flash hafıza ve 2 kB RAM'e sahiptir. Tasarlanmış ağın parametrelerini izlemek için mikrodenetleyiciye 2x16 LCD ve keypad takılmıştır.

2.6.7. Yönlendirme ünitesi

Yönlendirme ünitesi tasarlanmış ağın en önemli unsurudur. Her katta ve kumanda panosunda birer yönlendirme ünitesi kullanılmıştır. Bütün kat bileşenleri ile kumanda panosunun arasındaki haberleşme bu ünitelerden gerçekleşmektedir. CANbus sadece ikinci yaklaşımda kullanıldığı için Şekil 2.26'da CANbus modülü kesik çerçeveye çizilmiştir.



Şekil 2.26. Yönlendirme ünitesinin blokları

3. MATERYAL VE YÖNTEM

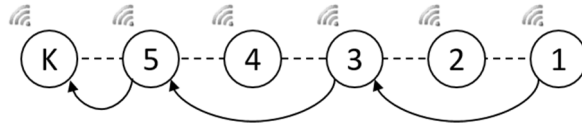
Bu bölümde önerilen iki ağın topolojileri, yönlendirme algoritmaları, acil durum algoritmaları ve önerilen ağlar üzerinde gerçekleştirilen testler açıklanmıştır.

3.1. Yaklaşım 1: Çok Atlamalı Kablosuz Ağ Tasarımı

Bu bölümde tasarlanmış çok atlamalı kablosuz ağın yapısı ve çalışma prensibi, kullanılan mesajların çeşitleri ve yönlendirilmesi anlatılmıştır. Bir ya da daha fazla nokta servis dışı olduğunda ağın çalışmaya devam etmesini sağlayan acil durum algoritması da sunulmuştur.

3.1.1. Ağ topolojisi

Bu ağ aynı hızda birbirinden yaklaşık 3 metre uzaklıkta ve örnek olarak (Şekil 3.1) 6 yönlendirme ünitesi içermektedir. Bu üniteler, kumanda panosu (K) ve 1'den 5'e numaralandırılmış beş kat ünitesidir. Yönlendirme noktaları birbirlerine yakın olduğu için gönderilen telegramlar birer sıçrama değil ikişer sıçrama yapabilmektedir .



Şekil 3.1. Tasarlanmış çok atlamalı kablosuz ağın topolojisi

3.1.2. Yönlendirme algoritması

Her noktanın kendi adresi vardır. Adresler kullanıcı tarafından statik olarak girilmektedir. Katta bulunan yönlendirme ünitelerinin adresleri bulunduğu kat numarasına eşittir. 1'den başlayarak zemin kattan en üst kata kadar yönlendirme ünitelerine benzersiz adres verilmelidir. Kumanda panosunun ID'sine ise 254 diye bir adres verilmiştir. Bir mesaj göndermek için; her mesaj, gönderen adres, atlama yapan adres, hedef adres, mesaj tipi ve ilgili bilgiler içermelidir (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1. Mesajın yapısı

1 bayt	1 bayt	1 bayt	1 bayt	n bayt
Gönderen adres	Atlama yapan adres	Hedef adres	Mesaj tipi	Veri

Veri, yön olarak yukarıkiş veri (upstream) ve aşağıkiş veri (downstream) diye ikiye ayrılmaktadır. Aşağıkiş veri de, yayın ve adres odaklı diye ikiye ayrılmaktadır. Kattan kumanda panosuna iletilen kat çağrı komutu yukarıkiş, kumanda panosundan belli bir kata çağrı lambası yakma komutu aşağıkiş adres odaklı, kumanda panosundan bütün katlara ekran yenileme komutu aşağıkiş yayın odaklı bir mesajdır. Bu ağ topolojisi için 7 çeşit mesaj kullanılmıştır (Çizelge 3.2).

Her noktanın yönlendirme tablosu kullanıcı tarafından girilmektedir. Tasarlanmış algoritmaya göre bir noktanın yönlendirme tablosu mesaj gönderebildiği değil mesaj alabildiği noktaların adreslerini içermektedir. Bunun nedeni, her noktanın sadece belli noktalardan mesaj kabul etmesi gereğinden kaynaklanmaktadır. Aksi takdirde bir mesaj birden fazla atlama yaptığıında, bir noktanın birçok noktadan aynı mesajı birden fazla alma ihtimali vardır. Dolayısıyla bir mesaj gönderildiğinde, noktaların yönlendirme tablolarında mesajı gönderenin adresi varsa, o mesajın kendilerine ait olduğunu tespit etmektedirler. Tasarlanmış yönlendirme tablosunun yapısı mesajın kısa olmasını sağlamaktadır.

Çizelge 3.2. Ağ için kullanılan mesajların çeşitleri

Sıralama	Mesaj adı	Açıklama	Gönderebilen
0	MULTIHOP_ROUTING_TABLE_MSG	Multihop modu yönlendirme tabloları göndermek için kullanılır	Kontrol paneli
1	ROUTING_SCREEN_REFRESH_MSG	Kat ekranlarını yenilemek için kullanılır	Kontrol paneli
2	ROUTING_BUTTON_MSG	Çağrı butonu durumunu kontrol paneline göndermek için kullanılır	Kat ünitesi
3	FLOOR_CALL_LAMP_MSG	Çağrı butonundan çağrı alınması nedeniyle ilgili kattaki LED'i yakmak ya da kabin katına gelince söndürmek için kullanılır	Kontrol paneli
4	IS_ALIVE_MSG	Kontrol paneli, bir kat ünitesinin canlı (çalışıyor durumda) olup olmadığını kontrol etmek için kullanılır	Kontrol paneli
5	EMERGENCY_TABLE_MSG	Acil durumda acil yönlendirme tablolarını kontrol etmek için kullanılır	Kontrol paneli
6	I_AM_ALIVE_MSG	Kat ünitesi canlı ise kontrol panelinden aldığı IS_ALIVE_MSG mesajına cevap olarak gönderilir	Kat ünitesi

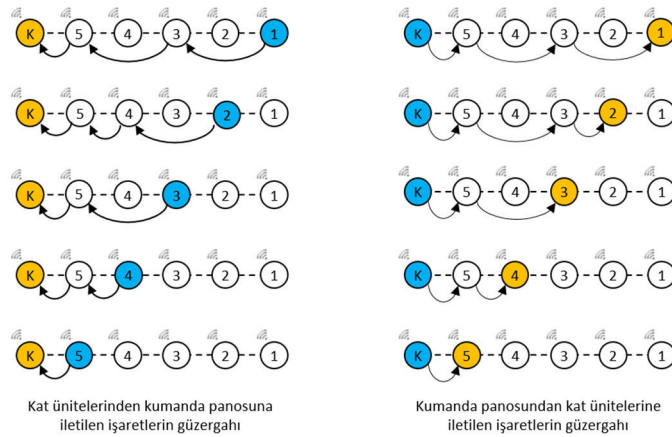
Bir kat ünitesinin yönlendirme tablosu Çizelge 3.3'te tanımlanmaktadır

Çizelge 3.3. Ağın yönlendirme tablosu

1 bayt	1 bayt	1 bayt	1 bayt	1 bayt
Yukarıdakiş Adres 1	Yukarıdakiş Adres 2	Aşağıdakiş Adres 1	Aşağıdakiş Adres 2	Aşağıdakişta Atlama İmkânı

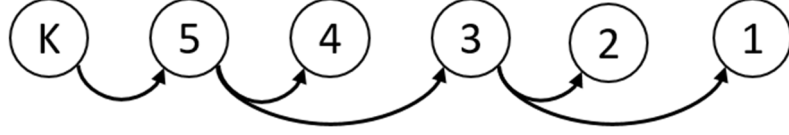
Her noktanın yukarıdakişta kimden mesaj kabul edebileceği Yukarıdakiş Adres 1 ile Yukarıdakiş Adres 2, ve aşağıdakişta kimden mesaj kabul edebileceği Aşağıdakiş Adres 1 ve Aşağıdakiş Adres 2 ile belirlenmektedir. Aşağıdakişta Atlama İmkânı alanı, bir kat ünitesinin aşağıdakişta atlama yapıp yapamayacağına izin vermek için kullanılmaktadır. Atlama imkânı aktif olan noktalar, aşağıdakişta atlama yapabilir.

Bir örnek olarak 6 yönlendirme ünitesi (1 adet kumanda panosu ve 5 adet kat ünitesi) kullanıldığında mesajların yukarıdakiş ve aşağıdakiş güzergahları Şekil 3.2'de gösterilmektedir. Yönlendirme algoritması, mesajların iletiminde son kattaki yönlendirme ünitesi her iletme katılacak şekilde tasarlanmıştır. Bu da, makine dairesi ile son kat arasındaki döşeme kablosuz işaretleri zayıflatabilecek maddelerden yapıldığı takdirde iletimin kalitesini yüksek tutmaktadır (Lajin ve Karlık 2019).



Şekil 3.2. Tasarlanmış çok atlamalı kablosuz ağda farklı senaryolar için telegramların güzergahı

Kumanda panosu tarafından yapılan yayın Şekil 3.3'te gösterilmektedir. Sadece beşinci ve üçüncü noktaların aşağıdaki atlama imkânı aktiftir.



Şekil 3.3. Tasarlanmış çok atlamalı ağda kumanda panosundan gelen yayın telegramının yayılımı

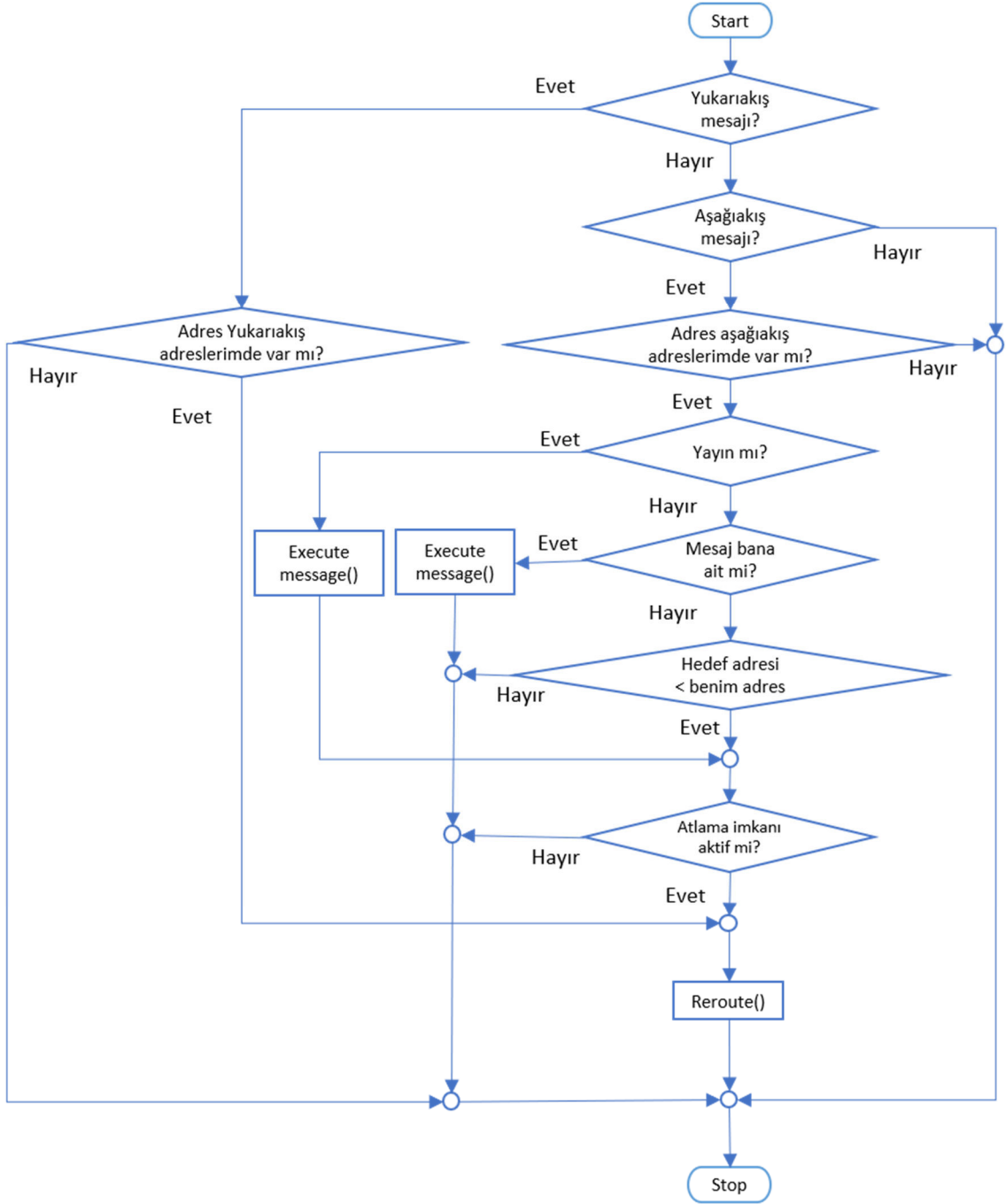
Kat ünitelerinin yönlendirme tabloları Çizelge 3.4'te tanımlanmaktadır.

Çizelge 3.4. Kat ünitelerinin yönlendirme tabloları

	1 bayt	1 bayt	1 bayt	1 bayt	1 bayt
Yönlendirme ünitesinin numarası	Yukarıdaki adres 1	Yukarıdaki adres 2	Aşağıdaki adres 1	Aşağıdaki adres 2	Aşağıdaki atlama imkânı
5	3	4	254*	0	1
4	2	0	5	0	0
3	1	0	5	0	1
2	0	0	3	0	0
1	0	0	3	0	0

*Kontrol panel ünitesinin adresi 254 dir.

Ağın yönlendirme algoritması ise Şekil 3.4'te gösterilmektedir.



Şekil 3.4. Tasarlanmış çok atlamalı kablosuz ağın yönlendirme algoritması

3.1.3. Acil durum algoritması

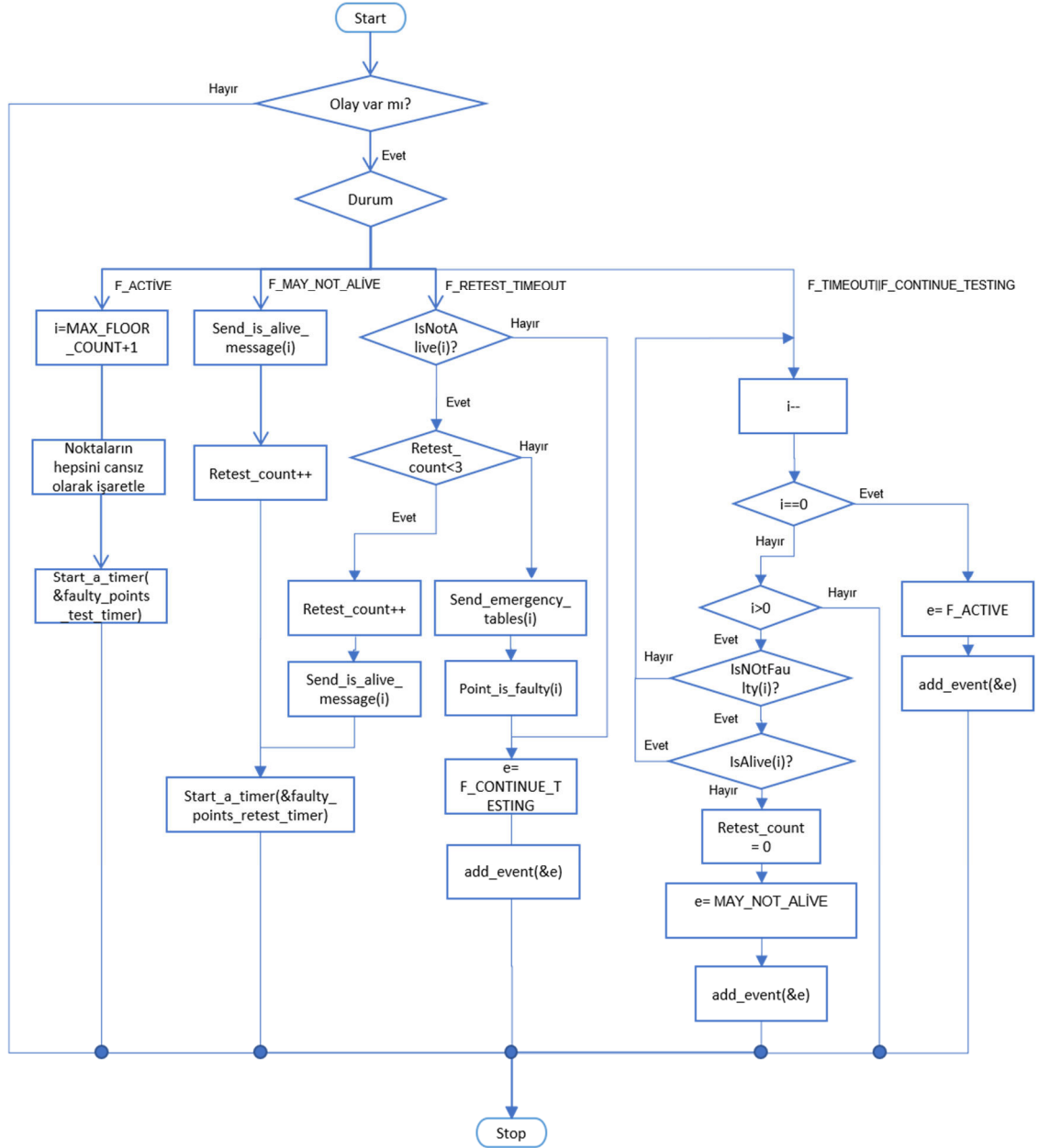
Çok atlamalı ağın bir noktası servis dışı olması, bazı noktaların kumanda panosu ile haberleşmesinin kopmasına neden olmaktadır. Bu duruma karşı ve kopmuş noktaları ağa geri bağlamak için bazı noktaların yönlendirme tablolarında değişiklikler yapılması gerekir. Bunun için acil durum algoritması tasarlanmıştır (Şekil 3.5).

Genel programın yapısı olay güdümlü sonlu durum makinasına (event-driven finite-state machine) dayalıdır. Programın bir fonksiyon yürütürken bir olay beklemesi gerektiğinde, olduğu yerde beklemeyip o olay gelene kadar diğer işlemlerle ilgilenmektedir. O olay geldiğinde ise, gerekli işlemleri yapar ve fonksiyonda kaldığı yere geri dönüp diğer işlemleri devam ettirir.

Programda acil durumunu yöneten olay güdümlü durum makinası faulty_points_SM diye adlandırılmıştır. Bu durum makinası için 6 tane olay tahsis edilmiştir (Çizelge 3.5). Bunlar, F_NOT_ACTIVE, F_ACTIVE, F_MAY_NOT_ALIVE, F_RETEST_TIMEOUT, F_TIMEOUT ve F_CONTINUE_TESTING'dir. Program, acil durum makinasına F_ACTIVE gönderince acil durum makinası devreye girer. Kat üniteleri kontrol paneli tarafından belli sürelerde (faulty_points_test_timer) kontrol edilir. O süre dolunca kat ünitelerinin kontrol işlemi başlar. Kontrol paneli, en üst kat ünitesinden başlayarak sırayla her kat ünitesine IS_ALIVE_MSG mesajı gönderip ilgili kat ünitesinden I_AM_ALIVE mesajını bir cevap olarak bekler. O cevabı aldıktan sonra aşağıdaki kat ünitelerini kontrol etmeye devam eder. Kat ünitesinden cevap gelmediğinde kontrol paneli 2 kere daha (toplam 3 kere) IS_ALIVE_MSG mesajı gönderir. Yine de cevap gelmezse kontrol paneli, o kat ünitesinin servis dışı olduğunu varsayıp kablosuz ağ çalışmaya devam edebilecek şekilde ilgili kat ünitelerinin yönlendirme tablolarına gerekli değişiklikler gönderir. Her iki IS_ALIVE_MSG mesajı arasındaki süre faulty_points_retest_timer olarak adlandırılmıştır.

Çizelge 3.5. Durum makinesinin olayları ve tetiklenme zamanı

Olay	Tetiklenme zamanı
F_NOT_ACTIVE	Kullanıcı acil durumu iptal ettiğinde tetiklenir.
F_ACTIVE	Kullanıcı acil durumu aktif yaptığında ya da kat ünitelerini tekrar kontrol etmek için tetiklenir.
F_TIMEOUT	faulty_points_test_timer süresi dolunca tetiklenir.
MAY_NOT_ALIVE	Bir kat ünitesi kontrolünü başlatmak için tetiklenir.
F_RETEST_TIMEOUT	faulty_points_retest_timer süresi dolunca tetiklenir.
F_CONTINUE_TESTING	Sonraki kat ünitesini kontrol etmek için tetiklenir.



Şekil 3.5. Tasarlanmış çok atlamalı kablosuz ağın acil durum algoritması

Yönlendirme tablolarının değişiklikleri arızalanan yönlendirme ünitesine göre kumanda panosu tarafından otomatik olarak üretilip gönderilmektedir. Verilen örneğe göre nokta 1 ve nokta 2 ağın sonu olduğu için, onlardan biri arızalanırsa ağın hiçbir kısmı kopmaya maruz kalmamaktadır. Diğer noktalarda ise, yukarıkiş adresler için bir nokta (i) arızalandığında, ($i-1$). noktanın yukarıkiş adreslerine ($i-2$). noktanın adresi eklenmektedir. Örneğin, nokta 3 arızalandığında nokta 2'nin yukarıkiş adreslerine nokta 1'nin adresi eklenmektedir. Böylece yukarıkişta nokta 1'nin mesajlarını iletme

sorumlu olan artık nokta 3 değil nokta 2'dir. Çizelge 3.6, bir nokta arızalandığında, ilgili noktalarda yukarıdaki adreslerde olması gereken değişiklikleri göstermektedir.

Çizelge 3.6. Bir nokta arızalandığında ilgili noktalarda yukarıdaki adreslerde olması gereken değişiklikler

Nokta	1	2	3	4	5
1	X	-	-	-	-
2	-	X	-	-	-
3	-	+1	X	-	-
4	-	-	+2	X	-
5	-	-	-	+3	X

X: arızalanmış nokta
+n: eklenecek adres n

Aşağıdaki adreslerle alakalı olarak, arızalanan nokta atlama imkânı aktif olmayanlardan ise hiçbir değişiklik görmemektedir. Arızalanan nokta (i) atlama imkânı aktif olanlardan ise; nokta ($i+1$)'in atlama imkanının aktif olması, nokta ($i-1$)'in atlama imkanının aktif olması ve aşağıdaki adreslerine nokta ($i+1$)'in adresinin eklenmesi, nokta ($i-2$)'in aşağıdaki adreslerine nokta ($i-1$)'in adresinin eklenmesi gerekmektedir. Çizelge 3.7, bir nokta arızalandığında ilgili noktalarda aşağıdaki adreslerde ve atlama imkânı alanında (AI) olması gereken değişiklikleri göstermektedir.

Çizelge 3.7. Bir nokta arızalandığında ilgili noktalarda aşağıdaki adreslerde ve atlama imkânı alanında (AI) olması gereken değişiklikler

Nokta	1	2	3	4	5
1	X	-	-	-	-
2	-	X	-	-	-
3	+2	+AI +4	X	+AI	-
4	-	-		X	-
5	-	-	+4	+AI +254	X

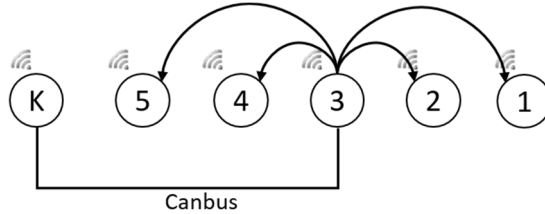
X: arızalanmış nokta
+n: eklenecek adres n
+AI: Atlama imkânı aktif

3.2. Yaklaşım 2: Hibrit Kablolu-Kablosuz Ağ Tasarımı

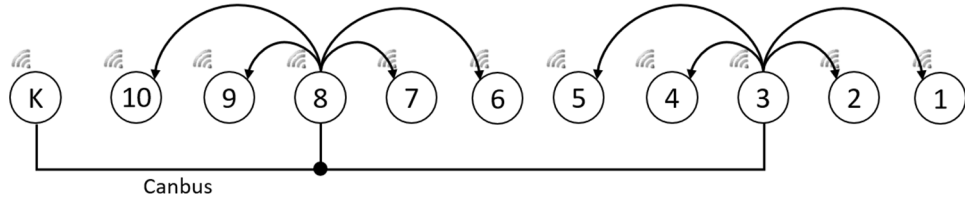
Bu bölümde yüksek binalar için tasarlanmış hibrit kablolu-kablosuz ağın yapısı ve çalışma prensibi, kullanılan mesajların çeşitleri ve yönlendirilmesi anlatılmıştır. Bir ya da daha fazla nokta servis dışı olduğunda, ağın çalışmaya devam etmesini sağlayan acil durum algoritması da sunulmuştur. Bu ağ CANbus ve kablosuz olmak üzere iki ağdan oluşmaktadır. Kablosuz ağ esneklik ve hızlı kurma zamanı sağlarken, CANbus ağı hızlı veri iletimi ve yüksek güvenilirlik sağlamaktadır.

3.2.1. Ağ topolojisi

Bu ağ topolojisi, CANbus ve kablosuz olmak üzere iki ağdan oluşmaktadır (Şekil 3.6 ve Şekil 3.7). İki kat arasındaki mesafenin 3 metre olduğu varsayılarak ve CANbus noktası ile CANbus noktasının kontrol edebildiği en uzak kablosuz noktanın arasındaki mesafenin iki kat, yani 6 metre, seçildiği durum için her CANbus noktası kablosuz olarak maksimum 4 nokta ile haberleşebilir. Böylece her grup maksimum olarak 5 noktadan oluşabilir. CANbus noktaları kumanda panosu ile kablo üzerinden haberleşir. Ağın topolojisini açıklamak için 6 nokta yani 6 yönlendirme ünitesi kullanılmıştır. Daha fazla yönlendirme ünitesi kullanılacak olursa ağ kolayca büyütülebilmektedir.



Şekil 3.6. Beş katlı bina için tasarlanmış hibrit kablolu-kablosuz ağın topolojisi



Şekil 3.7. On katlı bina için tasarlanmış hibrit kablolu-kablosuz ağın topolojisi

3.2.2. Yönlendirme algoritması

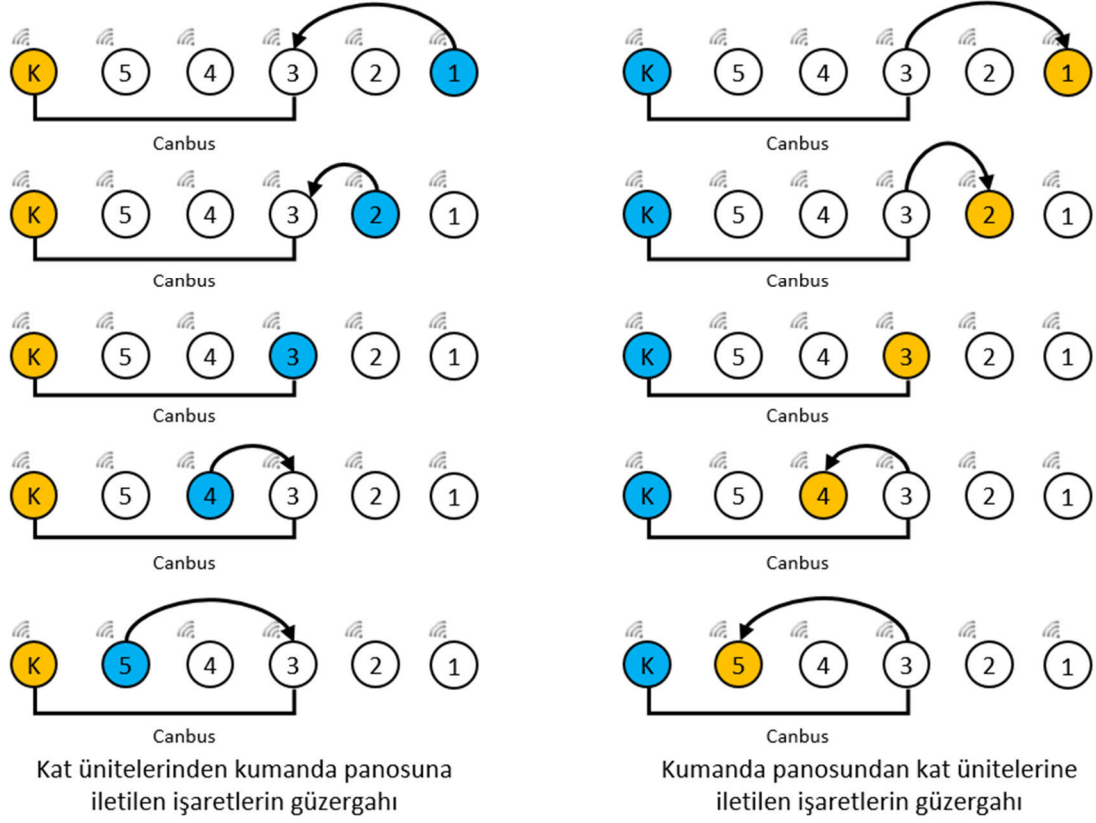
Mesajın yapısı, CANbus ağında da kablosuz ağda da aynıdır. Her noktanın yönlendirme tablosu kullanıcı tarafından girilmektedir. Böylece kumanda panosunun ağın topolojisinden bilgisi olur ve bir noktanın seri haberleşmeli olup olmadığını ve hangi gruba ait olduğunu bilmektedir. Bir CANbus noktası seri haberleşme üzerinden paket aldığı anda, hedef adresi kendine ait değilse onu kendi yönlendirme tablosunda arar; onun gruptaki noktalardan birisine ait olduğunu tespit ederse aynı paketi kablosuz olarak hedefe yönlendirir. Ters yönde de, CANbus noktası kablosuz olarak kendi grubuna ait bir paket aldığı anda, paketi seri haberleşme üzerinden kumanda panosuna yönlendirmektedir. Bir kat ünitesinin yönlendirme tablosu Çizelge 3.8’de tanımlanmaktadır.

Çizelge 3.8. Ağın yönlendirme tablosu

Alan boyu (bayt)	Alan adı
1	Mod
1	Seri Haberleşmeli
1	Aşağıdaki Atlama İmkânı
1	Yukarıdaki Adres 1
1	Yukarıdaki Adres 2
1	Aşağıdaki Adres 1
1	Aşağıdaki Adres 2
1	Grup Adres 1
1	Grup Adres 2
1	Grup Adres 3
1	Grup adres 4

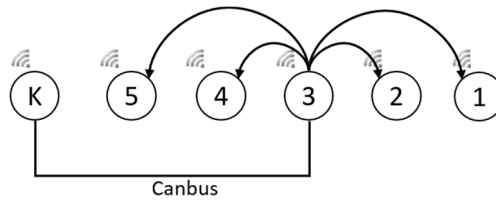
Bu ağdaki noktalar hem çok atlamalı modda (yaklaşım 1 gibi) hem de kablo-kablosuz grubun içinde çalışabilmektedir. Birinci mod çok atlamalı mod (*Mod 0*) ve ikinci mod CANbus grubu modu (*Mod 1*) diye adlandırılmıştır. Bir nokta seri haberleşmeyi destekliorsa kendi “Seri Haberleşmeli” alanında 1 olması gerekmektedir. Tablonun sonraki 5 baytı önceki yaklaşımda olduğu gibi çok atlamalı ağ modu için eklenmiştir. “Grup Adres 1..4” alanları, bir nokta seri haberleşmeli moddayken kimden mesaj alabileceğini belirlemektedir. Bir örnek olarak 6 yönlendirme ünitesi (1 adet kumanda

panosu ve 5 adet kat ünitesi) kullanıldığında mesajların iki yöndeki güzergahları Şekil 3.8’de gösterilmektedir.



Şekil 3.8. Tasarlanmış hibrit kablolu-kablosuz ağda farklı senaryolar için telegramların güzergahı

Kumanda panosundan iletilen yayın mesajı, bütün CANbus noktalarına sonra da CANbus noktalarından kablosuz olarak kendi grubundaki noktalara gönderilmektedir (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. Tasarlanmış hibrit kablolu-kablosuz ağda kumanda panosundan gelen yayın telegramının yayılımı

Kat ünitelerinin yönlendirme tabloları Çizelge 3.9’da gösterilmektedir.

Çizelge 3.9. Kat ünitelerinin yönlendirme tabloları

Boy (bayt)	Ad	Yönlendirme ünitesinin numarası				
		1	2	3	4	5
1	Mod	1	1	1	1	1
1	Aşağıakışta atlama imkânı	0	1	1	1	1
1	Seri haberleşmeli	0	0	1	0	0
1	Yukarıakış adres 1	0	1	1	2	4
1	Yukarıakış adres 2	0	0	0	0	0
1	Aşağıakış adres 1	2	4	5	5	254
1	Aşağıakış adres 2	0	0	0	0	0
1	Grup adres 1	3	3	1	3	3
1	Grup adres 2	0	0	2	0	0
1	Grup adres 3	0	0	4	0	0
1	Grup adres 4	0	0	5	0	0

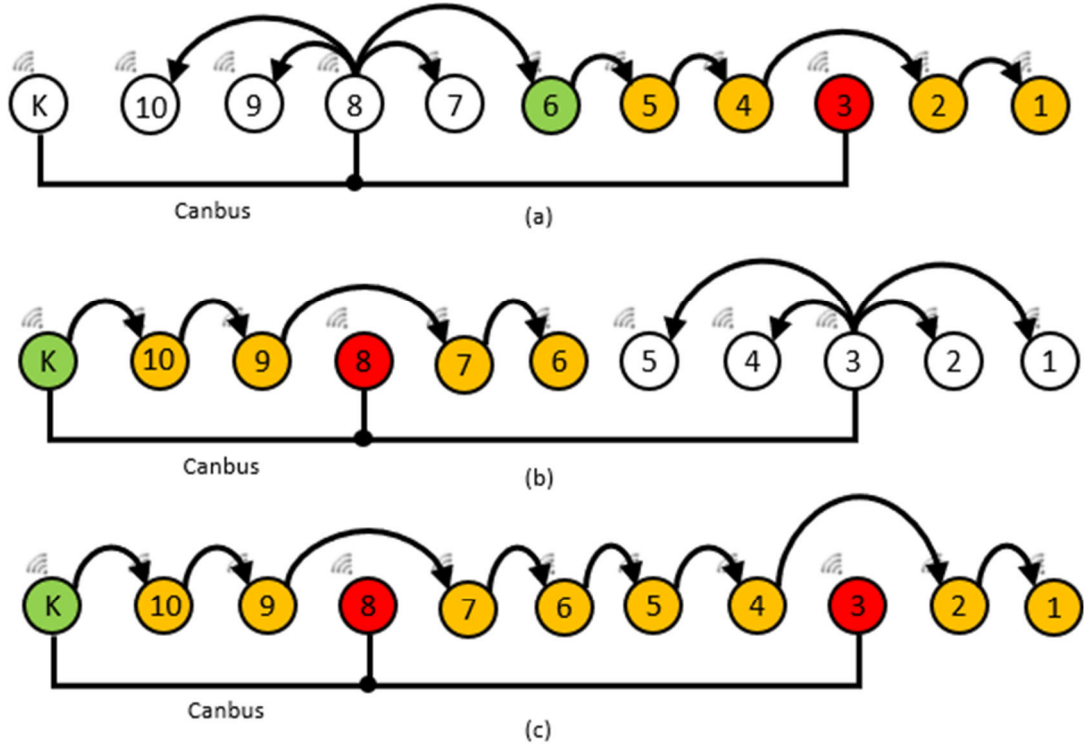
CANbus noktası, sadece ilgili gruptaki noktalardan mesaj alabildiği için yönlendirme tablosu gruptaki bütün noktaların adreslerini içermektedir. CANbus noktası olmayan noktaların ilgili gruptaki CANbus noktasının adresini bilmeleri yeterlidir. Yönlendirme tablosunun çok atlamalı kablosuz ağın alanlarını içermesinin nedeni, sonraki altbölümde görüleceği üzere, bir CANbus noktası arızalandığı takdirde, ağdan kopmuş kablosuz noktaların çok atlamalı kablosuz modda çalışabilmesidir. Çizelge 3.10 bu ağ topolojisi için tasarlanmış 14 çeşit mesajı göstermektedir.

Çizelge 3.10. Ağ için kullanılan mesajların çeşitleri

Sıralama	Mesaj adı	Açıklama	Gönderebilen
0	MULTIHOP_ROUTING_TABLE_MSG	Multihop modu yönlendirme tablolarını göndermek için kullanılır.	Kontrol paneli
1	ROUTING_SCREEN_REFRESH_MSG	Kat ekranlarını yenilemek için kullanılır.	Kontrol paneli
2	ROUTING_BUTTON_MSG	Çağrı butonu durumunu kontrol paneline göndermek için kullanılır.	Kat ünitesi
3	FLOOR_CALL_LAMP_MSG	Çağrı butonundan çağrı alındığında ilgili kattaki LED'i yakmak ya da kabin katına gelince söndürmek için kullanılır.	Kontrol paneli
4	IS_ALIVE_MSG	Kontrol panelinin, bir kat ünitesinin canlı (çalışıyor durumda) olup olmadığını kontrol etmesi için kullanılır.	Kontrol paneli
5	EMERGENCY_TABLE_MSG	Acil durumda acil yönlendirme tablolarını kontrol etmek için kullanılır.	Kontrol paneli
6	I_AM_ALIVE_MSG	Kat ünitesi canlı ise kontrol panelinden aldığı IS_ALIVE_MSG mesajına cevap olarak gönderilir	Kat ünitesi
7	CANBUS_ROUTING_TABLE_MSG	CANbus modu yönlendirme tabloları göndermek için kullanılır.	Kontrol paneli
8	EMERGENCY_ADDRESSES_MSG	Bir CANbus noktası servis dışı olursa aynı gruptaki kat ünitelerinin sorumluluğunu başka gruba devretmek için ilgili adreslere gönderilir.	Kontrol paneli
9	POINT_MODE_MSG	Bir ünitenin modunu değiştirmek için kullanılır.	Kontrol paneli
10	POINT_REROUTER_OPTION_MSG	Bir kat ünitesinin tekrarlama özelliğini etkinleştirmek için kullanılır.	Kontrol paneli
11	POINT_CANBUS_OPTION_MSG	Kontrol panelince, bir kat ünitesinde CANbus'ı aktif ya da iptal etmek için kullanılır.	Kontrol paneli
12	ASK_FOR_LOCK_STATE_MSG	Kapı kilidi durumunu öğrenmek için kullanılır.	Kontrol paneli
13	LOCK_STATE_MSG	ASK_FOR_LOCK_STATE_MSG mesajının cevabı	Kat ünitesi

3.2.3. Acil durum algoritması

Bu ağ topolojisi birden fazla gruptan oluşabilmektedir. Her grubun bir tane CANbus noktası olması gerekmektedir. CANbus noktası bir yıldız ağı oluşturur ve kendi grubunun merkezi olduğu için, arızalanması gruptaki bütün noktaların ana ağdan kopmasına neden olmaktadır. CANbus noktası olmayan noktaların, dalın sonu olduğu için arızalanmasının ana ağa hiçbir etkisi yoktur. Bu sebeple, kumanda panosu sadece CANbus noktalarını kontrol etmektedir. CANbus noktası arızalandığında kopmuş gruptaki bütün noktaların sorumluluğu en yakın bir üst sağlam grubun üzerine taşınır. Eğer sağlam üst grup yoksa, sorumluluk kumanda panosuna geçer. Kopmuş grubu ana ağa geri bağlamak için, kopmuş grubun içindeki bütün noktaların ve kopmuş grubun sorumluluğunu üzerinde bulunduran grubun kopmuş gruba en yakın noktasının çok atlamalı modu, kumanda panosu tarafından aktif hale getirilmektedir.

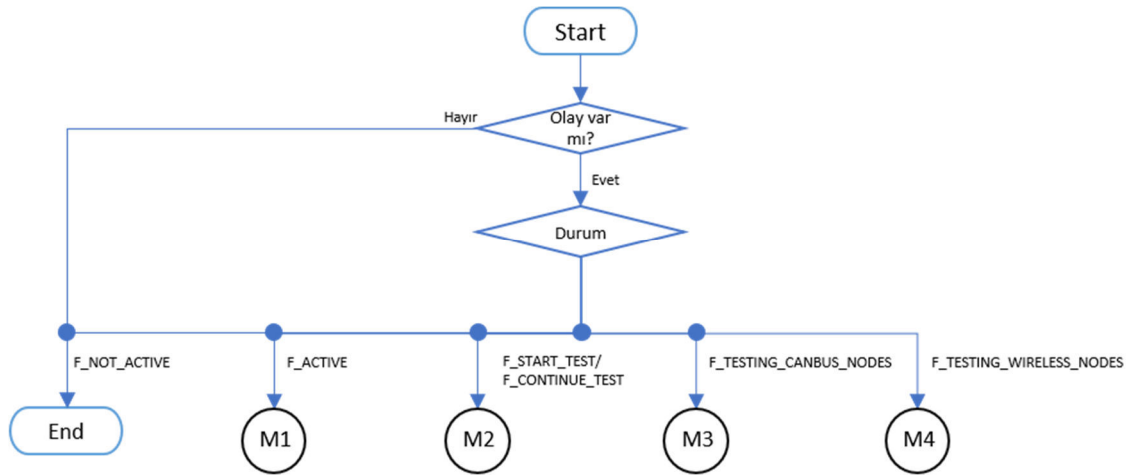


Kırmızı: Arızalanan seri haberleşmeli nokta
Turuncu: Ağdan kopmuş çok atlamalı modu aktif olan noktalar
Yeşil: Kopmuş grup dışından çok atlamalı ağ modu aktif olan noktalardır.

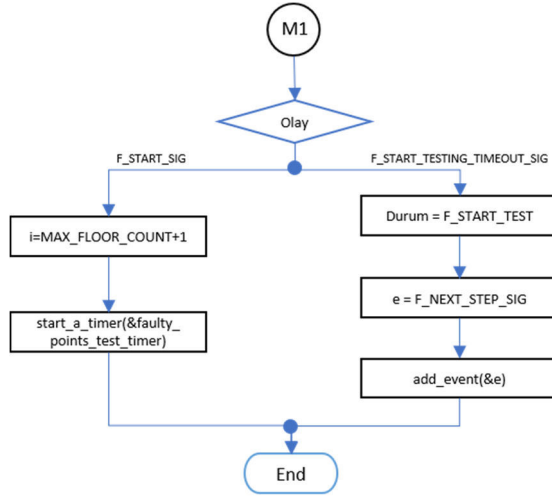
Şekil 3.10. a) 3 numaralı seri haberleşmeli nokta arızalandığında kendi grubunun çok atlamalı ağa dönüşmesi
b) 8 numaralı seri haberleşmeli nokta arızalandığında kendi grubunun çok atlamalı ağa dönüşmesi
c) 3 ile 8 numaralı seri haberleşmeli noktalar arızalandığında ağın tamamen çok atlamalı ağa dönüşmesi

Çok atlamalı modu aktif olan noktalar, artık yönlendirme tablosunda mevcut olan yukarıya doğru adreslerini ve aşağıya doğru adreslerini kullanarak mesajları yönlendirebilir. Bu durumda, en kısa sürede arızalanan CANbus noktası değiştirilerek ağın tekrar normal çalışması sağlanabilmektedir. Müdahale edilmemesi durumunda ve bir önlem olarak eğer çok atlamalı modu aktif olan bir nokta arızalanırsa, önceki yaklaşımda önerildiği gibi ilgili noktaların yönlendirme tablolarında gerekli değişiklikler yapılarak ağın kendini toplama olasılığı vardır. Birden fazla CANbus noktasının arızalanması durumunda, aynı yöntem kullanılarak kopmuş gruplar ana ağa geri bağlanmaktadır. Örneğin, Şekil 3.10 a’da nokta 3 arızalanırsa noktalar 1, 2, 4, 5 kablosuz olarak ve çok atlamalı ağ üzerinden nokta 6’ya bağlanmaktadır. Şekil 3.10 b’de nokta 8 arızalanırsa noktalar 6, 7, 9, 10 kablosuz olarak ve çok atlamalı ağ üzerinden kumanda panosuna bağlanmaktadır. Şekil 3.10 c’de noktalar 3 ve 8 arızalanırsa noktalar 1, 2, 4, 5, 6, 7, 9, 10 kablosuz olarak ve çok atlamalı ağ üzerinden kumanda panosuna bağlanmaktadır.

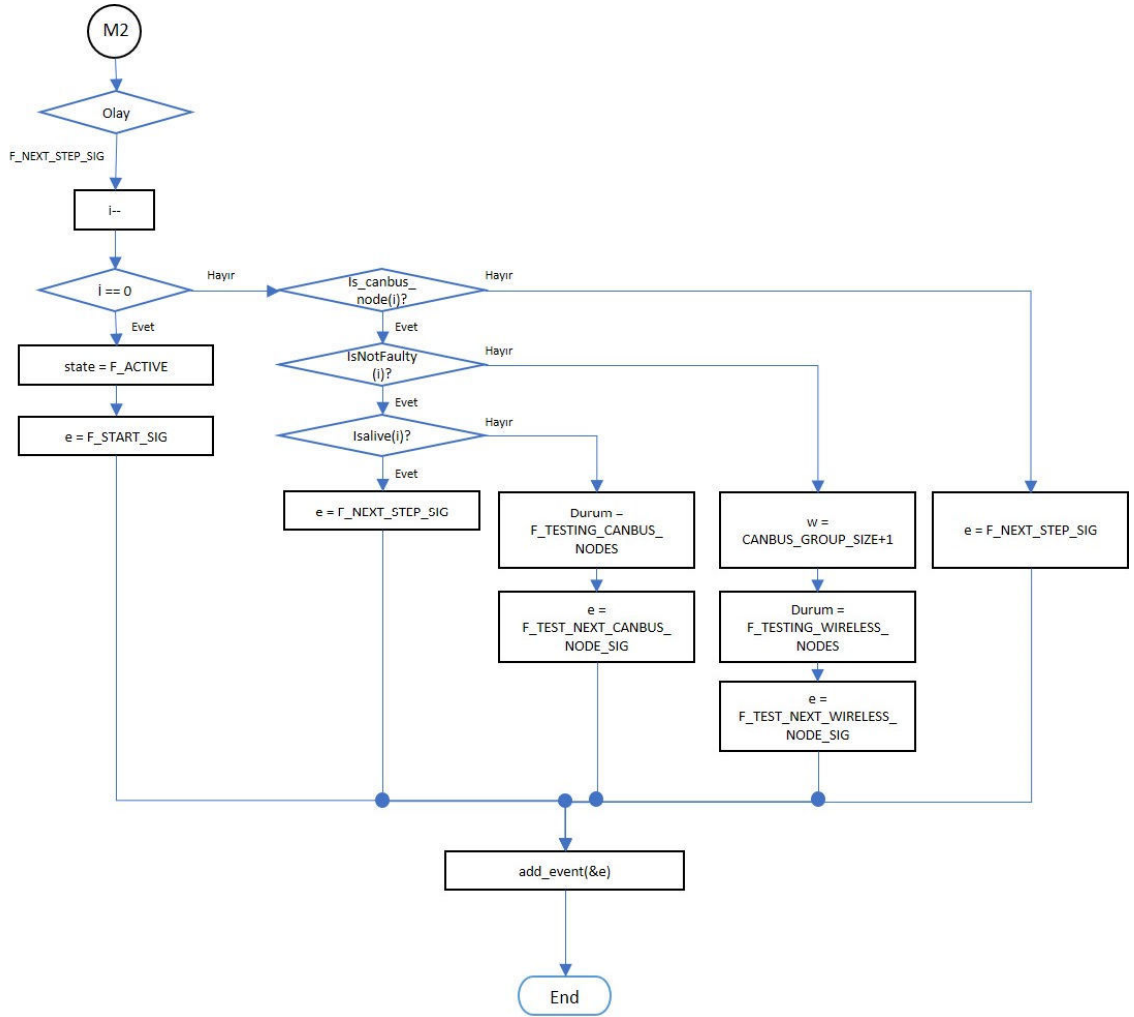
Acil durum algoritması Şekil 3.11’de gösterilmektedir.



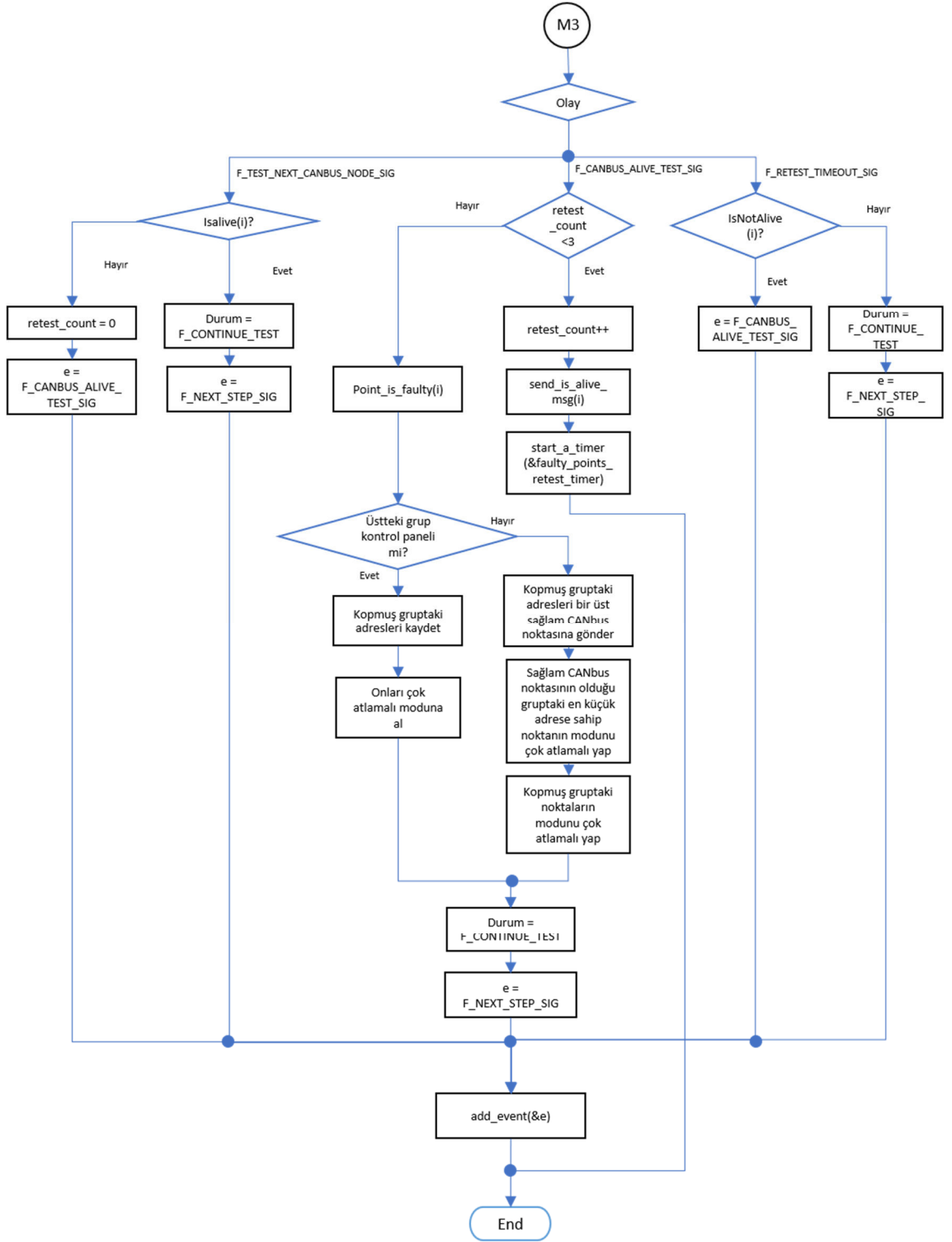
Şekil 3.11. Tasarlanmış hibrit kablolu-kablosuz ağın acil durum algoritması



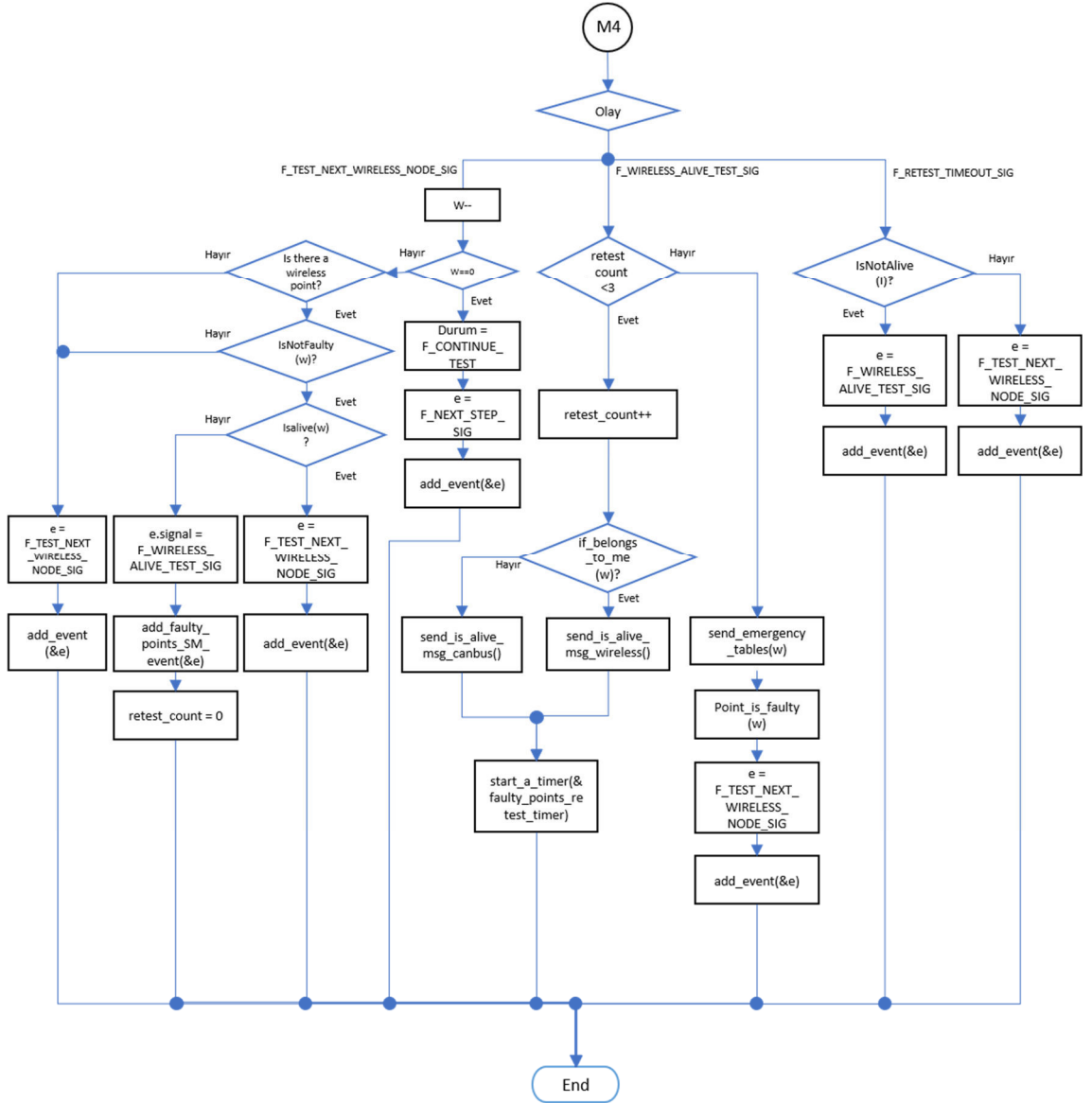
Şekil 3.11. Tasarlanmış hibrit kablolu-kablosuz ağın acil durum algoritması (Devam)



Şekil 3.11. Tasarlanmış hibrit kablolu-kablosuz ağın acil durum algoritması (Devam)



Şekil 3.11. Tasarlanmış hibrit kablolu-kablosuz ağın acil durum algoritması (Devam)



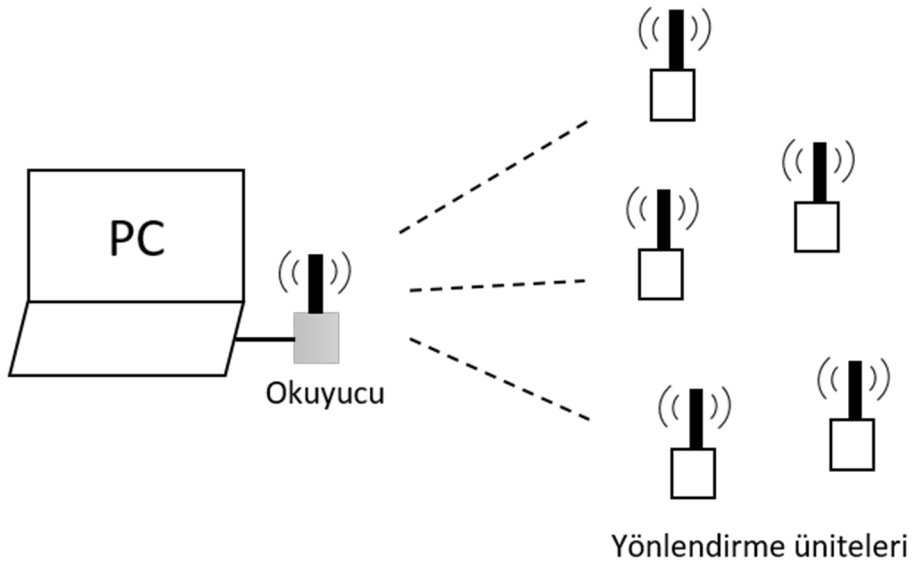
Şekil 3.11. Tasarlanmış hibrit kablolu-kablosuz ağın acil durum algoritması (Devam)

3.3. Testler

Bu bölümde, tasarlanmış iki ağın performansını analiz etmek için kablosuz TCM320 modülleri kullanılarak gereken testler yapılmıştır. TCM320 modüllerinin bulunduğu deney düzenekleri ile darboğaz noktası, işaret gücü ve atlama süresi testleri gerçekleştirilmiştir.

3.3.1. TCM320 modüllerinin darboğaz noktası testi

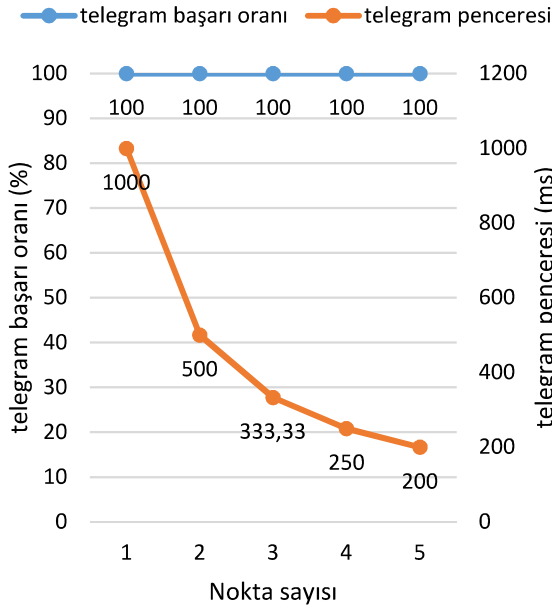
Ağın limitlerini test etmek için modülün maksimum paket yoğunluğu tespit edilerek ağın tıkanma noktası bulunmuştur. Bu deney büyük ölçüde modül performansına bağlı olduğundan, ağın gerçek yapısı göz ardı edilerek normal koşullar altında gerçekleştirilmiştir. Bu test düzeneğinde (Şekil 3.12) maksimum 5 adet yönlendirme ünitesi kullanılmıştır. Telegramları bilgisayar üzerinden okuyabilmek için DolphinSniffer bellenim yüklü bir TCM320 modülü ile EOP350 okuyucusu kullanılmıştır (Lajene ve Karlık 2011).



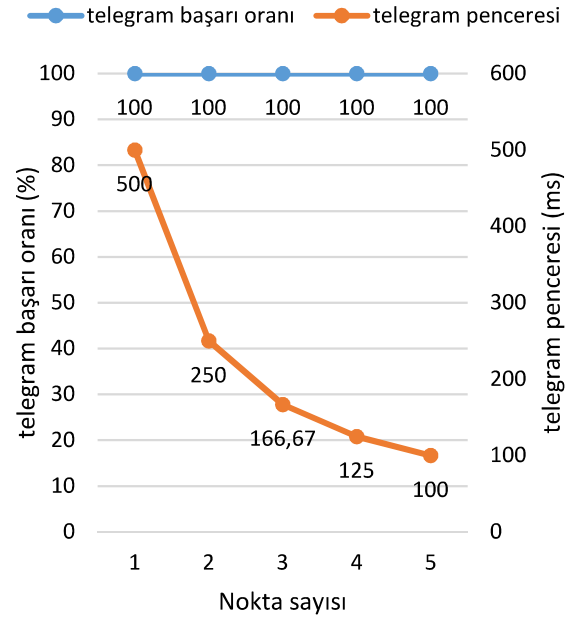
Şekil 3.12. Darboğaz noktası bulma test düzeneği

Okuyucu telegramları okurken, kablosuz noktaların belli bir veri hızı ile gönderdiği telegramların hepsini başarılı bir şekilde aldığı anda telegram başarı oranı %100 olup bu durum, ağın tıkanma noktasına gelmemiş olduğunu gösterir. Kullanılan kablosuz noktaları (maks 5) ve telegram gönderme veri hızını artırarak telegram başarı oranı düşmeye başladığında, ağın tıkanma noktasına yaklaştığı anlaşılır. Kullanılan okuyucu, bir telegrama ait 3 alttelegramın ilk alttelegramını almasından itibaren 100 ms içinde okuyabilmektedir. 100 ms süresinin içinde beklenen 3 alttelegramın hepsi alınmazsa, alınmayan alttelegramlar kayıp sayılmakta ve ağın performansında bir gerileme durumu tespit edilmektedir. Her kablosuz nokta on adet, her biri 13 baytlık, telegramı aynı veri hızı ile gönderecek şekilde ayarlanmıştır. Bu test, telegram gönderme hızı 1, 2, 3, 4, 5,

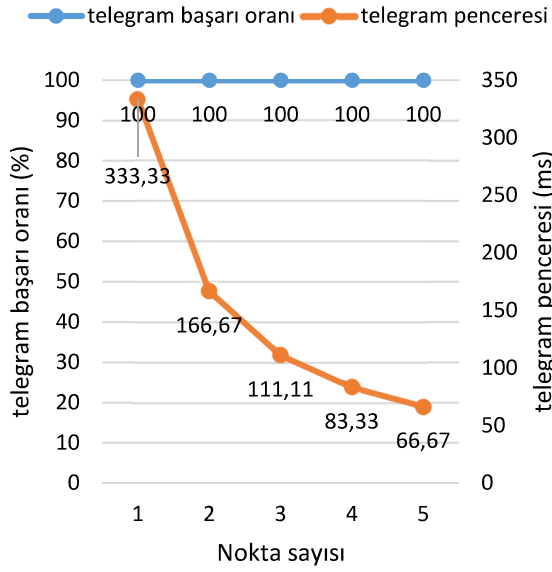
10, 15, 20, 25 ve 30 telegram/s olmak üzere 10 farklı hız için yapılmıştır (Şekil 3.13-Şekil 3.22). Noktaların sayısı ve telegram gönderme hızı arttıkça, telegram başarı oranı bir noktadan sonra gerileme göstermiştir. Kablosuz noktaların sayısı ve telegram gönderme hızı düşük olduğunda, telegram penceresi uzun olup paket başarı oranının yüksek olmasını sağlamaktadır. Testlerden elde edilen sonuç, telegram penceresi yaklaşık 13,33 ms'den daha uzun olduğunda okuyucunun çok az alttelegram kaybı yaşadığını ve telegramların hepsinin başarı ile alındığını göstermektedir. Telegram penceresi 13,33 ms den az olduğunda telegram başarı oranı düşüş göstermeye başlamıştır. 13,33 ms'lik telegram penceresi, 75 telegram/s'lik telegram yoğunluğuna tekabül etmektedir. Güvenilir bir ağ elde edebilmek için telegram yoğunluğunun 75 telegram/s'den az olması garanti edilmelidir.



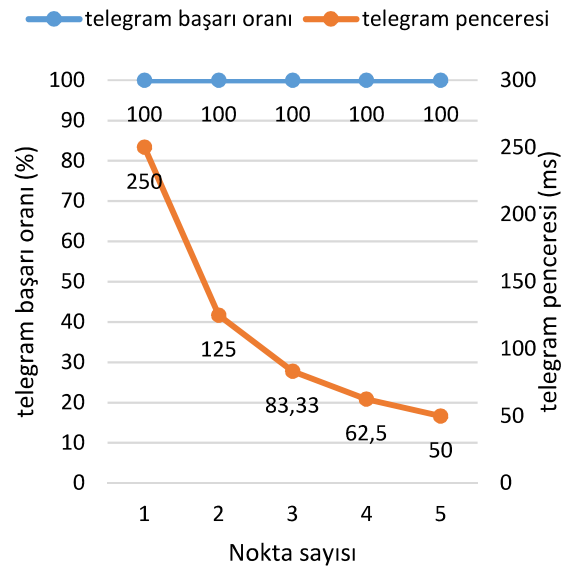
Şekil 3.13. Telegram gönderme hızı 1 telegram/s olduğunda ağın telegram başarı oranı ve telegram penceresi



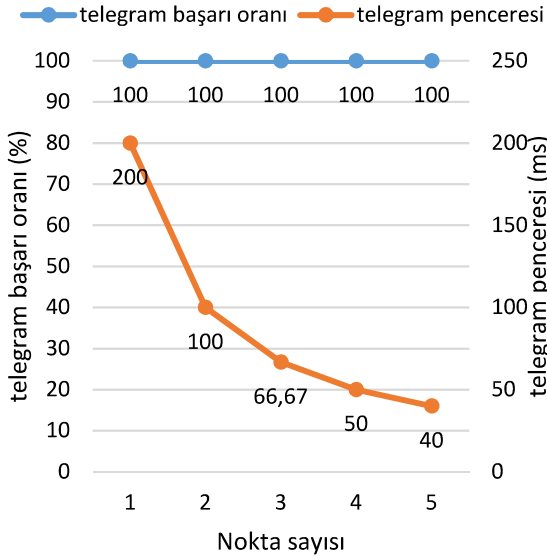
Şekil 3.14. Telegram gönderme hızı 2 telegram/s olduğunda ağın telegram başarı oranı ve telegram penceresi



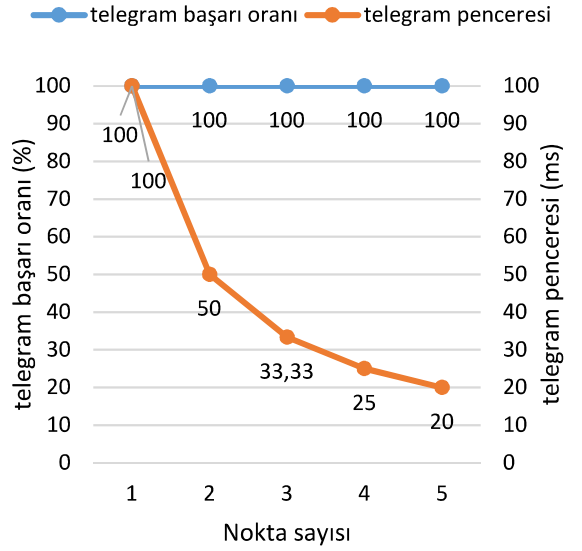
Şekil 3.15. Telegram gönderme hızı 3 telegram/s olduğunda ağın telegram başarı oranı ve telegram penceresi



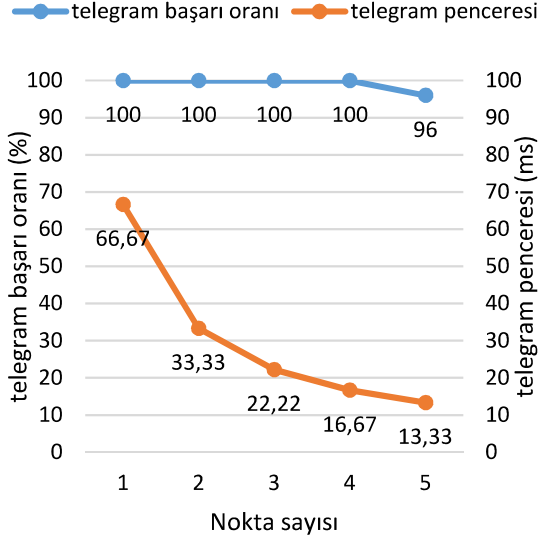
Şekil 3.16. Telegram gönderme hızı 4 telegram/s olduğunda ağın telegram başarı oranı ve telegram penceresi



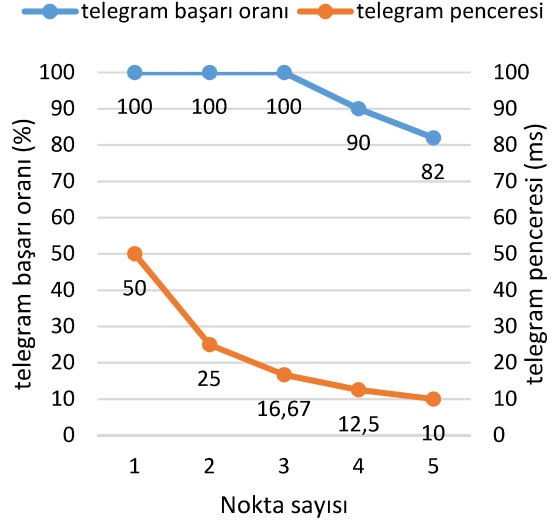
Şekil 3.17. Telegram gönderme hızı 5 telegram/s olduğunda ağın telegram başarı oranı ve telegram penceresi



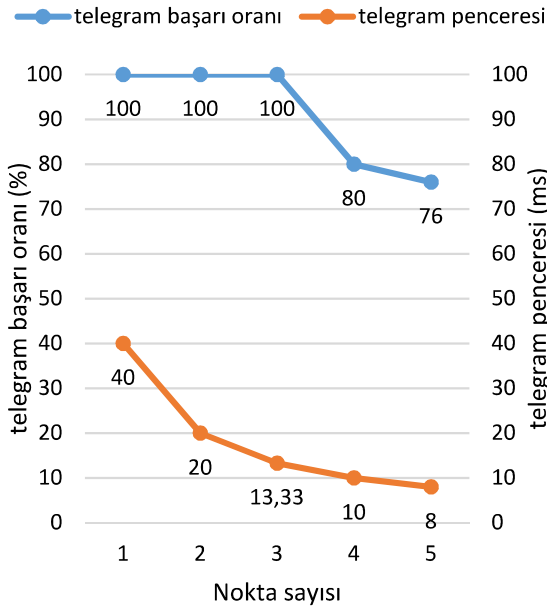
Şekil 3.18. Telegram gönderme hızı 10 telegram/s olduğunda ağın telegram başarı oranı ve telegram penceresi



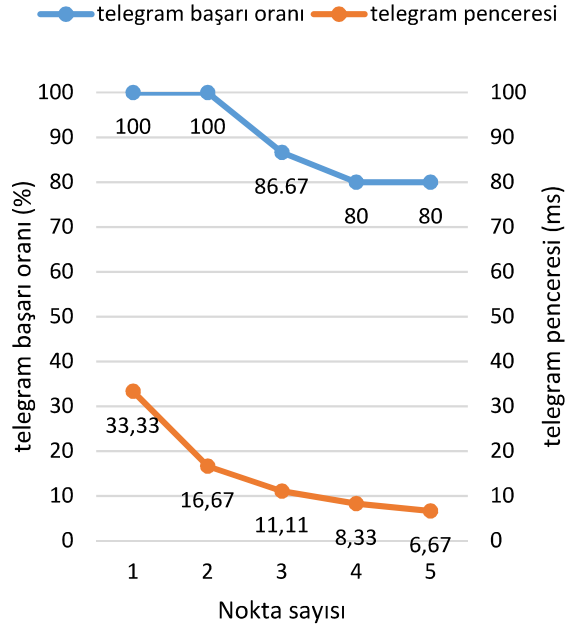
Şekil 3.19. Telegram gönderme hızı 15 telegram/s olduğunda ağın telegram başarı oranı ve telegram penceresi



Şekil 3.20. Telegram gönderme hızı 20 telegram/s olduğunda ağın telegram başarı oranı ve telegram penceresi



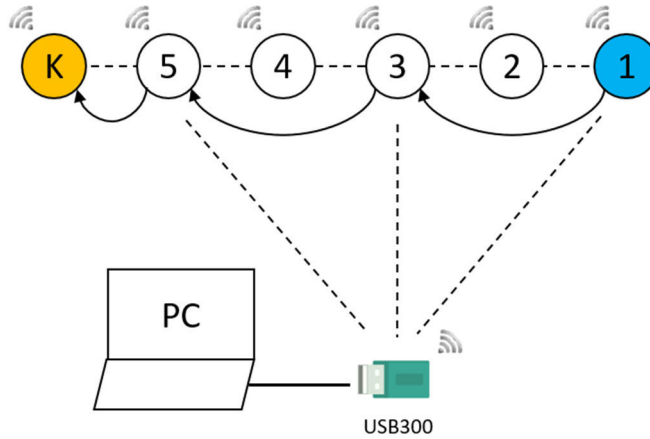
Şekil 3.21. Telegram gönderme hızı 25 telegram/s olduğunda ağın telegram başarı oranı ve telegram penceresi



Şekil 3.22. Telegram gönderme hızı 30 telegram/s olduğunda ağın telegram başarı oranı ve telegram penceresi

3.3.2. Atlama süresi testi

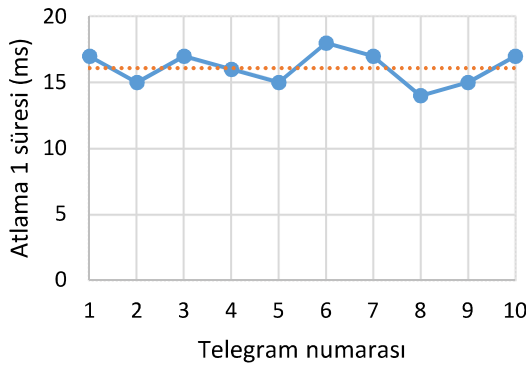
Çok atlamalı kablosuz ağın hızını ölçmede en önemli faktör atlama süresidir. Bu test, ağın ortalama atlama süresini ölçmek için bir laboratuvarında yapılmıştır. Bu test, önerilen ağın gerçek yapısını göz ardı ederek normal koşullar altında yapıldığı için ölçümlerde veri yayılma süresi göz ardı edilmektedir. Bu test düzeneğinde (Şekil 3.23), 5 kat ünitesi yani 5 nokta kullanılmıştır. Nokta 1'den kumanda panosuna bir telegram iletmek için 2 atlama yapılmaktadır. Böylece atlama süresini hesaplamak için en uzun yol seçilmiştir. Atlama süresinin ortalamasını bulmak için nokta 1'den nokta K'ya 1 telegram/s hız ile on adet 13 baytlık telegram gönderilmiştir. On telegramın birinci ve ikinci atlama sürelerinin ortalaması hesaplanmıştır. Telegramlar USB300 okuyucusunun üzerinden bilgisayara aktarılıp okunmuştur. USB300 okuyucusunun önceki okuyucuya tercih edilmesinin nedeni, bir alttelegram aldığı zaman, onu diğer alttelegramları 100 ms beklemeden doğrudan bilgisayara aktarmasıdır. Böylece daha hızlı zaman ölçümü gerçekleştirilmiştir. Kat üniteleri için kullanılan alıcı-verici yazılımı, USB300 okuyucusu için kullanılanla aynı olduğundan, her ikisi de kablosuz verileri okumak için neredeyse aynı işlem süresine sahiptir.



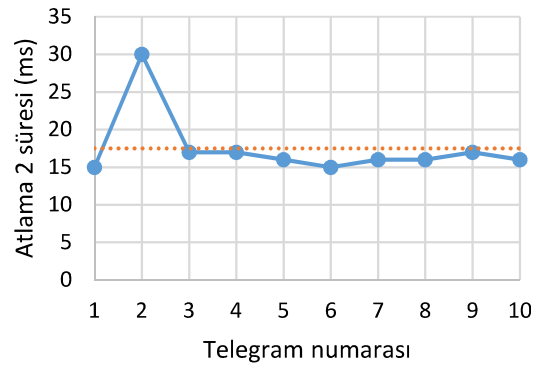
Şekil 3.23. Atlama süresi test düzeneği

Şekil 3.24 ve Şekil 3.25'e bakıldığında, atlama süreleri birbirlerine çok yakındır. Yalnız ikinci atlamada, ikinci telegram beklenmedik belirgin bir gecikme yaşamıştır. Bunun nedeni ikinci telegramın ilk alttelegramının ya da ilk iki alttelegramının okuyucu tarafından alınamamasıdır. Bunun için hesaplamaları yaparken atlama süresinin

ortalaması ile birlikte telegramın maksimum gecikmesine dikkat edilmesi gerekmektedir. Atlama süresinin ölçümünde birkaç faktör rol oynamaktadır. Bunlar, protokol yoğunluğu, bir alttelegramın alınamaması, okuyucunun takıldığı bilgisayarın performansı ve hızıdır. Kullanılan bilgisayarın mikrodenetleyicisi Intel(R) Core(TM) i5-6200U CPU @2.30 GHz 2.40 GHz'dir. İşletim sistemi ise 64 bit Windows 10'dur. Yapılan testlere göre atlama süresinin ortalaması birinci atlama için 16,1 ms ve ikinci atlama için 17,5 ms dir. Alttelegraamlarda kayıp olmadığında atlama süresinin ortalaması 16,1 ms olarak kabul edilebilir.



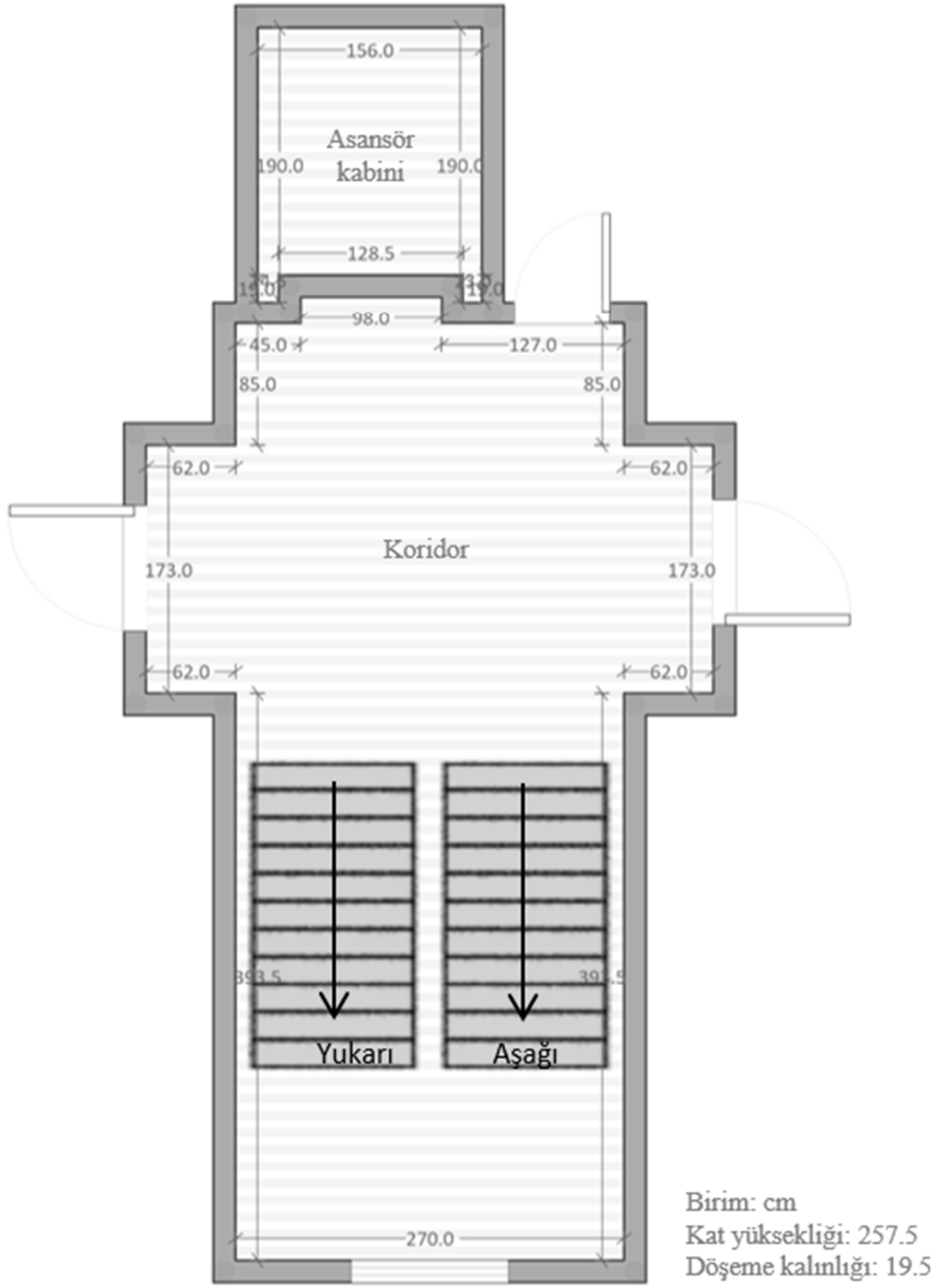
Şekil 3.24. Atlama 1 süresinin telegram numarasıyla değişimi



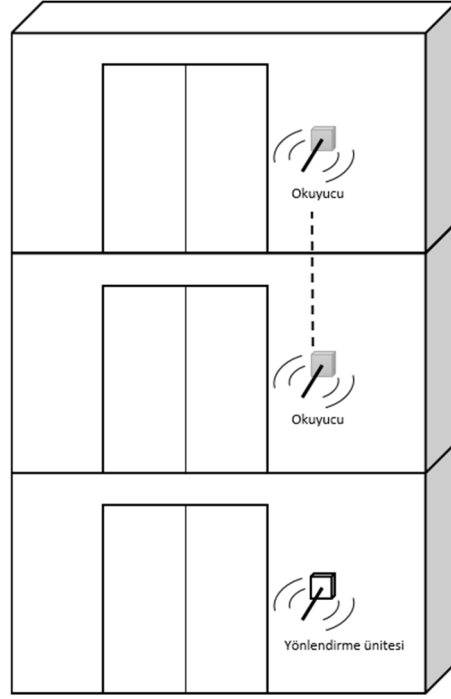
Şekil 3.25. Atlama 2 süresinin telegram numarasıyla değişimi

3.3.3. İşaret gücü testi

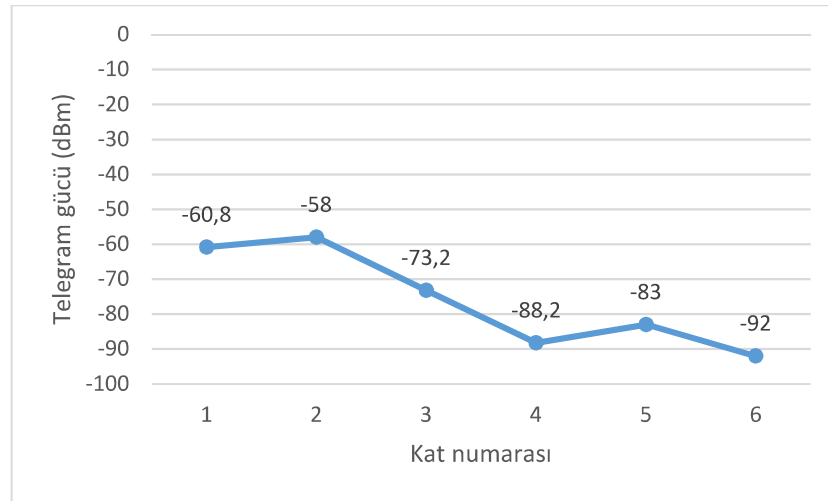
Bu test, TCM320 modülünün maksimum menziline bulmak için yapılmıştır. Yönlendirme ünitelerinden yayılan işaretler hedefe giderken bir ya da birden fazla kat döşemesinden geçtiği için zayıflamaya maruz kalır. Zayıflama oranı döşeme ve bina yapısına göre değişmektedir. Testin yapıldığı binanın kat yüksekliği 257,5 cm ve döşeme kalınlığı 19,5 cm'dir. Kat planı Şekil 3.26'da gösterilmektedir. Bu testi yapmak için bir yönlendirme ünitesi zemin kata sabitlenmiştir. Telegramların gücü DolphinSniffer bellenim yüklü bir TCM320 modülü ile EOP350 okuyucusu vasıtası ile ölçülmüştür. Sabitlenmiş yönlendirme ünitesinden gelen telegramların gücü her katta ölçülmüştür. Telegramların gücünü ölçerken, okuyucunun anteni ve sabitlenmiş yönlendirme ünitesinin anteni yatay, birbirine paralel ve aynı düzlemde olacak şekilde yerleştirilmiştir (Şekil 3.27). Her katta telegramın gücü 5 defa ölçülüp ortalaması bulunmuştur (Şekil 3.28).



Şekil 3.26. İşaret gücü testinin yapıldığı binanın kat planı



Şekil 3.27. İşaret gücü test düzeneği

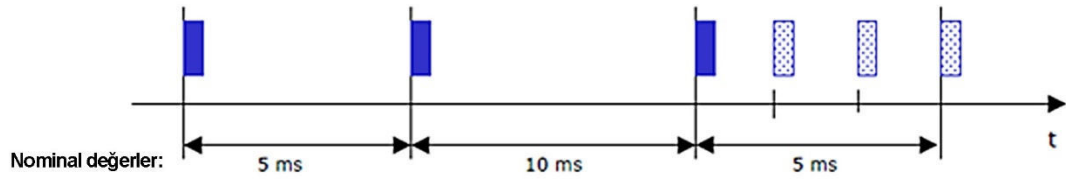


Şekil 3.28. Telegramın gücünün katlardaki değişimi

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Kuyu veri iletimi kablosuz sistemleri ile ilgili yapılan önceki çalışmalarda sistemin hızı, güvenilirliği ve analizi konularına değinilmemiş, bu çalışmalar sadece kablosuz düğümlerin dağılımı, çalışma prensibi, sistemin avantajları ve bazı teknik bilgiler şeklinde patent olarak yayınlanmıştır. Bu tezde önerilen yaklaşımlar için, gerçek bir projenin tabanı olduğu için kullanılan kablosuz teknoloji, frekans ve modülasyon, düğümlerin dağılımı, ağın hızı, güvenilirliği, sistemin analizi ve bunun gibi konular incelenmiştir.

En yüksek esneklik için ve kuyu veri iletim sisteminin kurulum süresini en aza indirmek amacıyla enerji hasadı teknolojisi seçilmiştir. Enerji hasadı teknolojisinin büyük avantajlarının yanısıra, bazı zorlukları da bulunmaktadır. Enerji hasadı modülleri, az enerjiyle çalıştığı için kendi kuralları ve gereksinimleri mevcuttur. Bu gereksinimlerden bir tanesi ASK ya da FSK modülasyonunun kullanılmasıdır. Bu yüzden işaret taşıyıcısı için trafiğin az olduğu bir frekans (868 MHz) seçilmiştir. Kablosuz çağrı butonları hususunda (LBT desteklenmemektedir), bir buton işaretinin diğer butonların telegramlarıyla muhtemel çarpışmalarına engel olmak için, her iletim döngüsünde, aralarındaki süre sabit olmayan en az üç özdeş alttelegram gönderilmektedir. Bir alttelegram iletimi yaklaşık 0,7 ms sürmektedir. Üç alttelegram gönderildikten sonra, fazla enerji varsa, kalan enerjiye göre iki alttelegram daha gönderilebilmektedir. Örnek olarak PTM 200 butonunun alttelegram dağılımı Şekil 4.1’de gösterilmektedir.



Şekil 4.1. PTM 200 butonunun alttelegram dağılımı (Anders 2005)

Vericilerin alttelegram süresinin çok kısa olması, aynı radyo alanındaki çok sayıda göndericinin birlikte çalışabilmesini sağlamaktadır. Telegram çarpışmalarından kaynaklanan hata oranı son derece düşük kalmaktadır. Bu durum, büyük büro binaları ve

büyük endüstriyel tesislerin bu tür bir radyo teknolojisi ile çok sayıda kablosuz butonla donatılabileceği anlamına gelmektedir.

Alıcı-vericiler ise telegram çarpışma olayına önlem olarak 3 alttelegram göndermenin yanısıra LBT özelliğine de sahiptir. Bir alttelegram ilemeden önce, alıcı-verici, ortamın müsait olup olmadığını denetlemektedir. Ortamın müsait olmaması durumunda iletim rastgele bir süre ertelenip askıya alınmaktadır. Bu süre bittikten sonra alıcı-verici ortamı yine de kontrol etmektedir. Ortamın müsait olması durumunda alttelegramları iletmeye devam etmektedir. LBT özelliği iletim güvenilirliğini daha da arttırmaktadır.

Enerji hasadı gereksinimlerinden dolayı ve enerji tüketimini az tutmak amacıyla WSP protokolü dağınık spektrum (spread spectrum) tekniklerini desteklememektedir. Genelde dağınık spektrum tekniklerinin faydaları, yoğun kanallarda işaretlerin karışmasına ve çok yönlü sönümleme etkisine karşı ortaya çıkmaktadır. WSP protokolü dağınık spektrum tekniklerini kullanmadığı için yoğun olmayan bir frekans (868 MHz) seçilmiştir. Kablosuz noktaları yerleştirirken, ortamın spektrum analizörü vasıtasıyla kontrol edilmesi ve ona göre kablosuz noktaların yerleştirilmesi gerekmektedir.

4.1. Tasarlanmış Çok Atlamalı Kablosuz Ağın Değerlendirilmesi

Bu ağın hizmet edebileceği maksimum kat sayısını bulma konusunda ağın atlama süresi en önemli faktörlerden bir tanesidir. Yapılmış testlere dayanarak atlama süresinin ortalaması 16,1 ms olarak belirlenmiştir. En kötü durum, telegramın ilk iki alttelegramının kaybolması ve üçüncü alttelegramın başarıyla alınmasıdır. WSP protokolüne göre ilk alttelegram ile son alttelegram arasındaki maksimum süre 40 ms'dir. Böylece en kötü durumda atlamanın süresi $40 + 16,1 = 56,1$ ms olarak hesaplanabilir. Diğer yandan maksimum kat sayısını hesaplamak için iki şartın gerçekleşmesi gerekmektedir. İlk şart, asansör çalışırken katlardaki ekranların yenilenmesi için, asansör yeni kata gelmeden kumanda panosundan bütün ekranların ekran yenileme telegramını alması gerekmektedir. Dolayısıyla asansörün hızı önem taşımaktadır. İkinci şart, çağrı butonu telegramının kumanda panosuna ulaşma süresidir. Başka bir deyişle çağrı butonunun tepki süresidir.

İlk şartın sağlanması için gereken bağıntı,

$$n_a \times t_a \leq \frac{d}{v} \quad (4.1)$$

Burada, n_a atlama sayısı; t_a atlama süresi; d iki kat arasındaki mesafe (genellikle 3 metre); v asansör hızıdır (m/s).

İlk kablosuz noktadan kumanda panosuna kadar yapılan atlama sayısı, ikişer atlamalı ağda maksimum atlama sayısı (n_a) olarak tanımlanmaktadır.

$$n_a = \begin{cases} \frac{N}{2} + 1 & , \quad \text{Kat sayısı çift ise} \\ \frac{N + 1}{2} & , \quad \text{Kat sayısı tek ise} \end{cases} \quad (4.2)$$

Burada, N kat sayısını temsil etmektedir.

(4.1) ve (4.2)'den,

$$N \leq \begin{cases} \frac{2d}{v \cdot t_a} - 2 & , \quad \text{Kat sayısı çift ise} \\ \frac{2d}{v \cdot t_a} - 1 & , \quad \text{Kat sayısı tek ise} \end{cases} \quad (4.3)$$

elde edilir.

Asansörün en yaygın hızları 1 m/s ve 1,6 m/s'dir. Bu iki hızda maksimum kat sayısını bulmak için, en iyi durum ve en kötü duruma göre hesaplama yapılmalıdır. $v = 1$ m/s olduğunda, en iyi durumda atlama süresinin ortalamasına göre maksimum kat sayısı

$$N \leq \frac{2 \times 3}{1 \times 16,1 \times 10^{-3}} - 2$$

$$N \leq 370$$

en kötü durumda atlama süresine göre maksimum kat sayısı

$$N \leq \frac{2 \times 3}{1 \times 56,1 \times 10^{-3}} - 2$$

$$N \leq 104$$

$v = 1,6$ m/s için,

en iyi durumda maksimum kat sayısı

$$N \leq \frac{2 \times 3}{1,6 \times 16,1 \times 10^{-3}} - 2$$

$$N \leq 230$$

en kötü durumda maksimum kat sayısı

$$N \leq \frac{2 \times 3}{1,6 \times 56,1 \times 10^{-3}} - 2$$

$$N \leq 64$$

İlgili hesaplamalar kat sayısının çift olduğu durum için yapılmıştır.

İkinci şartın sağlanması için gereken bağıntı

$$n_a \times t_a \leq c_t \quad (4.4)$$

Burada, c_t kabul edilebilen çağrı butonu tepki süresidir.

(4.3) ve (4.4)'ten,

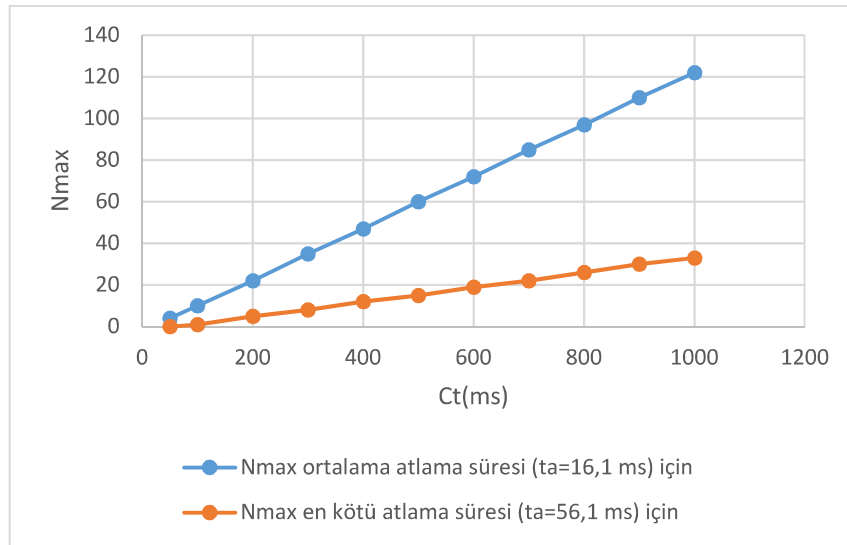
$$N \leq \begin{cases} \frac{2c_t}{t_a} - 2 & , \quad \text{Kat sayısı çift ise} \\ \frac{2c_t}{t_a} - 1 & , \quad \text{Kat sayısı tek ise} \end{cases} \quad (4.5)$$

elde edilir.

(4.5) denkleminde en iyi durumda ($t_a = 16.1$ ms) ve en kötü durumda ($t_a = 56.1$ ms) elde edilebilecek maksimum kat sayısı (N) Çizelge 4.1’de ve grafik olarak Şekil 4.2’de gösterilmektedir.

Çizelge 4.1. Buton tepki süresine göre maksimum kat sayısı (N)

	c_t (ms)	Çift N değerleri		Tek N değerleri	
		en iyi durum ($t_a = 16,1$ ms)	en kötü durum ($t_a = 56,1$ ms)	en iyi durum ($t_a = 16,1$ ms)	en kötü durum ($t_a = 56,1$ ms)
	50	≤ 4	-	≤ 5	-
	100	≤ 10	≤ 1	≤ 11	≤ 2
	200	≤ 22	≤ 5	≤ 23	≤ 6
	300	≤ 35	≤ 8	≤ 36	≤ 9
	400	≤ 47	≤ 12	≤ 48	≤ 13
	500	≤ 60	≤ 15	≤ 61	≤ 16
	1000	≤ 122	≤ 33	≤ 123	≤ 34



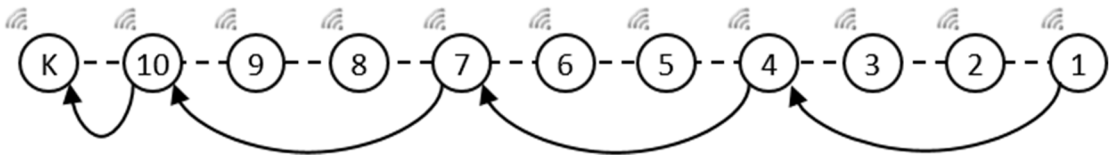
Şekil 4.2. Maksimum kat sayısına (N) göre buton tepki süresi (C_t)

Sonuçlara bakıldığında, çok atlamalı kablosuz ağda kat sayısı büyük önem taşımaktadır. Maksimum kat sayısını belirlemede ikinci şartın sağlanması daha kritik olup öncelik tanınması gerekmektedir. Çağrı butonu tepki süresinin önemi, kabin kattayken ve kabinin kapısı kapanırken bir kullanıcının çağrı butonuna basarak kapıyı açmaya çalışmasıyla ortaya çıkmaktadır. Çağrı butonu tepki süresi uzunsa, kapı hemen açılmayabilir ve bir kullanıcının kapıya sıkışmasına neden olabilir. İkinci şart ile sınırlı olmamak için, kabin kattayken o kattaki çağrı butonunun telegramlarının kumanda panosuna çok atlamalı ağ üzerinden değil kabinin üstündeki bir alıcı-verici vasıtasıyla ve sonra da esnek kablo üzerinden iletilmesi gerekmektedir. Böylece ilk şartın önemi baskın hale gelebilir.

İlk şarttan elde edilmiş maksimum kat sayısı, trafiği yoğun olmayan asansörler için ve maksimum limit olarak geçerlidir. Trafiği yoğun olan asansörler için ve marj bırakmak amacıyla daha küçük değerlerin seçilmesine dikkat edilmelidir.

Asansör dış tesisatı veri iletim sistemi yüksek hız gerektirmeyen bir sistemdir. Sistem, bina yapısına göre, kat sayısına göre, asansörün hızına göre ve asansör trafiğine bakıldığında telegram yoğunluğu 75 telegram/s'den fazla olmayacak şekilde değerlendirilmelidir.

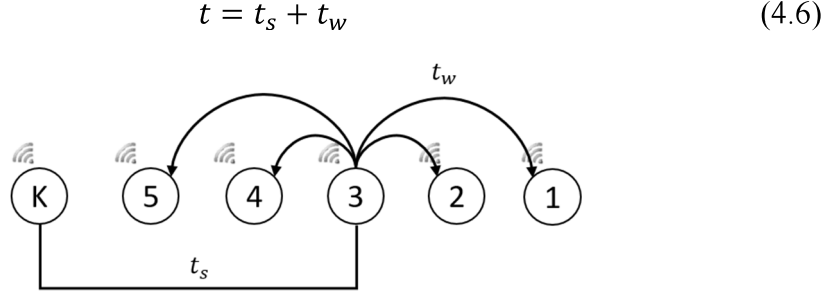
Şekil 3.28'e bakıldığında, telegramların 6 kata kadar ulaşabildiği görülebilmektedir. Kullanılan kablosuz modüllerin 868 MHz ile çalışması işaretin daha uzun mesafeye iletimini ve daha iyi nüfuziyet sağlamaktadır. Çok atlamalı kablosuz ağın üçer üçer (Şekil 4.3) ya da dörder dörder atlama yapma imkânı da vardır. Böylece, atlamaların sayısı ve telegram yoğunluğu azalacak, maksimum kat sayısı daha fazla olabilecektir.



Şekil 4.3. Üçer atlama yapan çok atlamalı kablosuz ağın yapısı

4.2. Tasarlanmış Hibrit Kablolu-Kablosuz Ağın Değerlendirilmesi

Bu ağdaki bütün mesajların sabit iletim süresi (t) vardır. Bu süre, mesajın seri haberleşmeli ağdaki süresi (t_s) ve kablosuz ağdaki süresinin (t_w) toplamıdır (Şekil 4.4). t kat sayısından bağımsız olduğu için kat sayısı artık bir engel oluşturmamaktadır.



Şekil 4.4. Tasarlanmış hibrit kablolu-kablosuz ağın süreleri

Bu ağın maksimum limitleri, kablosuz ağdan CANbus ağından etkilendiği kadar etkilenmemektedir. Kullanılan CANbus veri iletiminin hızı, kablonun kesiti ve uzunluğu kat sayısını belirlemeye yardımcı olmaktadır.

Asansör kuyu dış tesisatı bileşenleri genelde yüksek hız gerektirmediği için veri iletim hızı 50 kbps olarak seçildiğinde Çizelge 4.2'ye göre maksimum kablo uzunluğu 1000 metreye kadar ulaşabilmektedir. Önerilen ağa göre iki CANbus'lu nokta arasındaki yönlendirme ünitesinin sayısı 4'tür. Bu da, iki kat arası 3 metre olduğuna göre, 15 metreye tekabül etmektedir. Dolayısıyla kullanılabilen CANbus nokta sayısı $1000/15 = 66$ noktadır. Kumanda panosuna bir CANbus noktası atandığı için katlara 65 nokta kalmaktadır. Her CANbus noktası kablosuz olarak 4 yönlendirme noktasına bağlı olduğu için, maksimum kat sayısı $(65 \times 4) + 65 = 325$ kattır.

CANbus hata-tolerans modunda ise, TJA1055T CANbus kontrolörü kullanıldığında, her noktanın sonlandırma direncinin yaklaşık 6 k Ω 'u aşmaması önerilmektedir. Buna ek olarak, noktaların toplam direncinin 100 Ω 'dan düşük olmaması gerekmektedir (Anonim 2006).

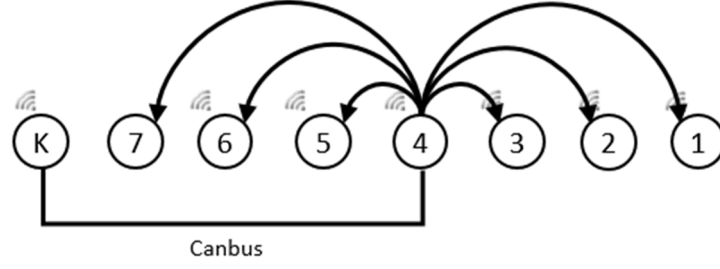
Çizelge 4.2. Texas Instruments tarafından yayınlanmış ve tavsiye edilmiş belli CANbus veri iletim hızlarıyla CANbus kablosunun uzunluğu (Corrigan 2008)

Hat uzunluğu (m)	İletim hızı (Kbps)	Bit süresi (us)
40	1000	1
100	500	2
200	250	4
500	100	10
1000	50	20

Noktalar birbirine paralel olduğu için kullanılabilen CANbus nokta sayısı $6 \text{ k}\Omega / 100\Omega = 60$ noktadır. Kumanda panosuna bir CANbus noktası atandığı için katlara 59 nokta kalmaktadır. Tasarlanmış ağa göre ve CANbus hata-tolerans modunda maksimum elde edebilecek kat sayısı $(59 \times 4) + 59 = 295$ kattır. Varılan sonuçların kullanılan CANbus kontrolörü, kablo kesiti, kablo uzunluğu, kablo dallarının uzunluğuna göre değişebileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

CANbus ağının hızının yanısıra ve kablosuz ağın sağladığı esneklik ve kolaylık ile CANbus teknolojisinin ve kablosuz teknolojinin tek başlarına hizmet edebileceğinden daha fazla kat sayısı elde edilmiştir. Bu yaklaşım önceki yaklaşımın limitlerini aşmak için tasarlanmıştır. Yüksek binalara da trafiği yoğun asansörlere de uygulanması mümkündür. Tüm mesajlar hem seri haberleşmeli ağdan hem de kablosuz ağdan geçerek iletilmektedir. Yapılan testler sonucunda, kablosuz ağın telegram başarı oranı çok yüksek olduğu için, asansör dış tesisatı veri iletiminde kullanılması uygun görülmüştür. Seri haberleşmeli ağ için CANbus protokolü sistemin güvenilirliğinin artmasını sağlamaktadır. Genelde, CANbus hata-tolerans modu, eklediği avantajlar nedeniyle tercih edilmektedir. Tasarlanan ağda, kablosuz ağ desteği ile, daha az sayıda CANbus noktaları kullanılarak daha fazla kata hizmet edilebilmektedir.

Şekil 3.28'e bakıldığında telegramların 6 kata kadar ulaşabildiği görülebilmektedir. Böylece bir CANbus noktasının, kablosuz olarak 4 tane noktaya bağlı olmayıp 6 noktaya (Şekil 4.5) hatta 8 noktaya bağlı olması mümkündür. Bu da, maksimum kat sayısını arttıracak ve ağın kurulum süresini azaltacaktır.



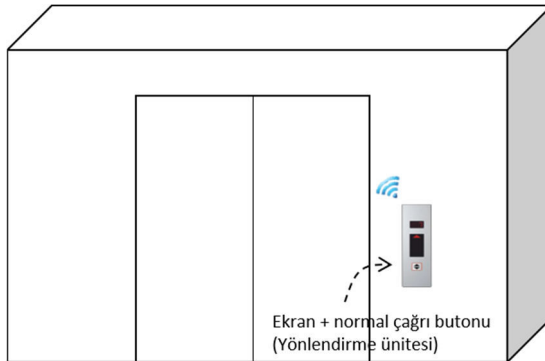
Şekil 4.5. CANbus noktasının kablosuz olarak 6 noktayla haberleşmesi

4.3. Teknolojik Değerlendirmeler

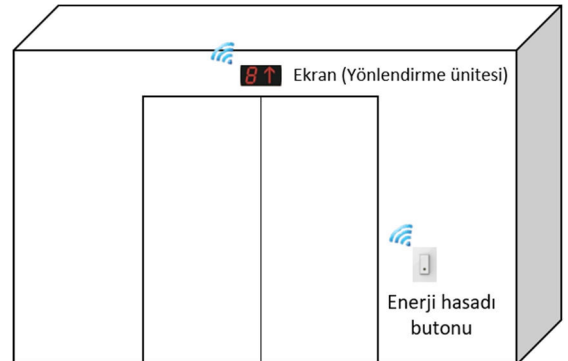
Asansör sektöründe veri iletim sistemlerinin tasarımının önemi zaman geçtikçe artmaktadır. Her teknolojinin kendi avantajları ve dezavantajları mevcuttur. Bir teknoloji seçerken onu iyi değerlendirip uygulanacağı ortam ve şartların uygun olup olmadığı belirlenmelidir. Bu bölümde, bu tezde kullanılan kablosuz teknoloji ve enerji hasadı teknolojisinin asansör sektörüne kattığı avantajlara ışık tutulacaktır. Aynı zamanda, kablosuz teknolojinin kullanımından doğan bazı uyumsuzluklar ve nasıl aşılacağı konusunda yorum yapılacaktır.

4.3.1. Sistem montaj bilgileri

Genelde asansör dış ekran ve dış çağrı butonunun tesisatının iki biçimi vardır (Şekil 4.6 ve Şekil 4.7). Birincisi, dış çağrı butonunun dış ekranla aynı üniteye olup dış kapının yan tarafına sabitlenmesidir. İkincisi, dış çağrı butonunun dış ekrandan ayrı üniteye olup dış çağrı butonunun dış kapının yan tarafına, dış ekranın ise dış kapının üstüne sabitlenmesidir.



Şekil 4.6. Dış çağrı butonuyla dış ekran aynı üniteye

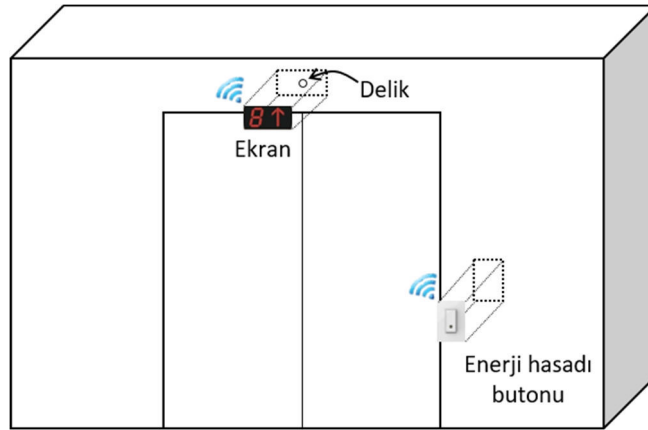


Şekil 4.7. Dış çağrı butonuyla dış ekran ayrı üniteye

4.3.2. Avantajlar

Montaj süresi:

Asansör firmaları açısından özellikle yoğun şehirlerde asansörün montaj süresini azaltmak çok önemlidir. Enerji hasadı teknolojisini kullanan elektriksiz bataryasız butonların herhangi bir kabloya ihtiyaç duymadan sabitlenebilmesi özellikle yüksek binalarda çok büyük bir önem taşımaktadır. Bu butonlar çağrı butonu olarak, alarm butonu olarak ya da aydınlatma butonu olarak kullanılabilir. Genelde asansörün kat dış ekranları ve dış çağrı butonları için duvardan birer delik açılması gerekmektedir. Kat dış ekran ve dış çağrı butonu ayrı ünite ise (çağrı butonu asansör dış kapısının yan tarafında, dış ekran asansör dış kapısının üstünde) enerji hasadı teknolojisini kullanan butonlara birer delik açılması gerekmemektedir (Şekil 4.8). Ayrıca enerji hasadı butonları hafif olup yapıştırıcı ya da iki vida ile kolayca sabitlenebilir. Asansörün kat dış ekran ve dış çağrı butonu aynı ünite ise ekran beslemesi için bir kablo çekilmesi gerektiği için dış çağrı butonu enerji hasadı butonu olmayıp normal bir buton takılabilir.



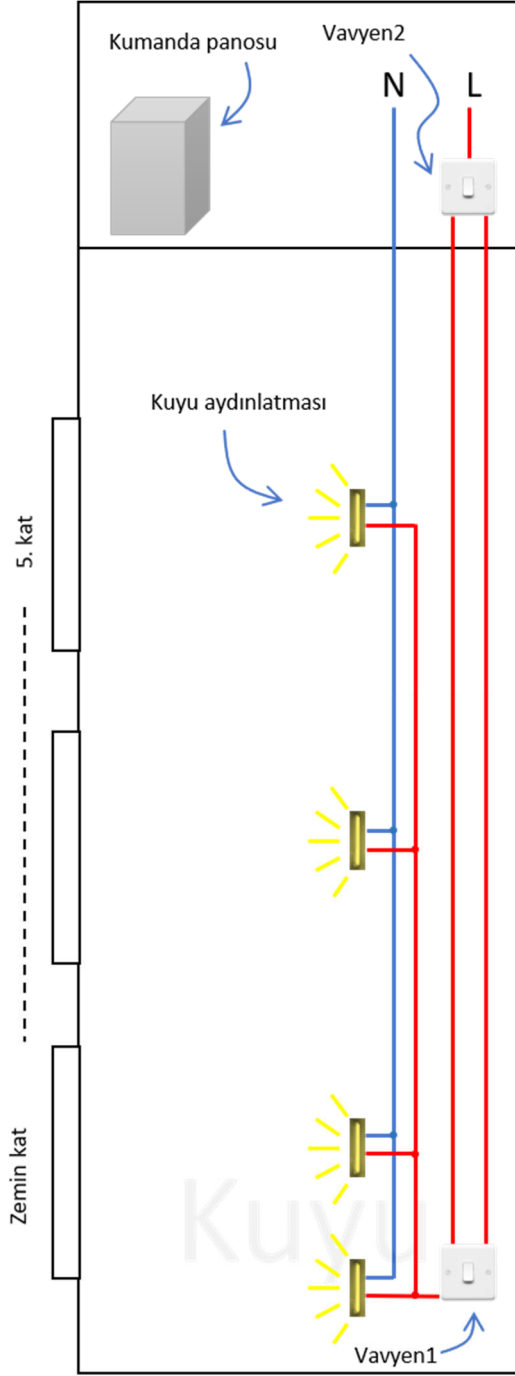
Şekil 4.8. Enerji hasadı butonunun sabitlenmesi

Enerji hasadı butonları kuyu aydınlatması ve kuyu dibi alarm butonu olarak da kullanılabilir. Butonların işareti kablosuz ağ üzerinden iletildiği için bağlantıların karmaşıklığı ve kullanılan kabloların miktarı azalmaktadır.

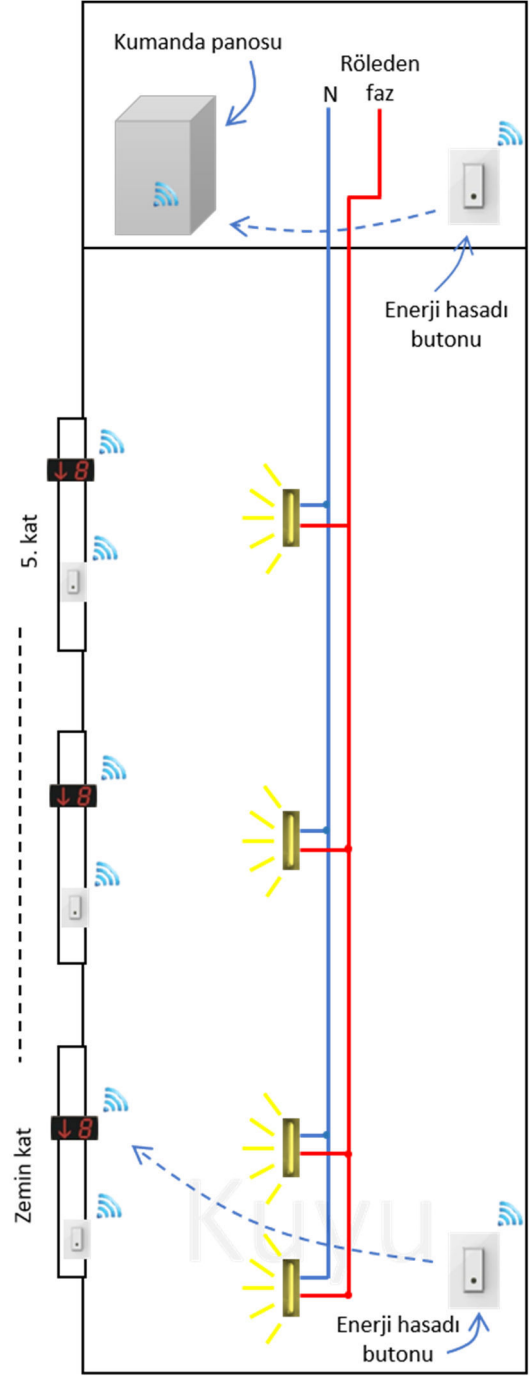
Kuyu aydınlatmasının standart bağlantısında (Şekil 4.9), toplam olarak kuyu uzunluğunda 4 kablo kullanılması gerekmektedir. Bunlar aydınlatma için 2 kablo ve 2 vavyenden oluşan kontrol devresi için 2 kablodur. Enerji hasadı butonları kullanıldığında (Şekil 4.10), kontrol işaretleri kablosuz ağ üzerinden geçtiğinden, toplam olarak sadece 2 kablo kullanılmaktadır.

Alarm genelde kabinin üstünde yer almaktadır. Standart bağlantıda (Şekil 4.11), kuyu dibi alarm butonunu alarma bağlamak için, butondan kumanda panosuna 2 kablo çekilip esnek kablo üzerinden kabine bağlantı yapılmaktadır. Enerji hasadı butonu kullanıldığında (Şekil 4.12), kuyu dibi alarm butonuna kuyudan bir kablo çekilmesine gerek kalmaz ve aynı anda esnek kablolardan tasarruf sağlanır. Enerji hasadı butonuna basıldığında, işaret kablosuz ağ üzerinden kumanda panosuna çıkıp esnek kablodaki seri haberleşme yoluyla alarm çalıştırılmaktadır.

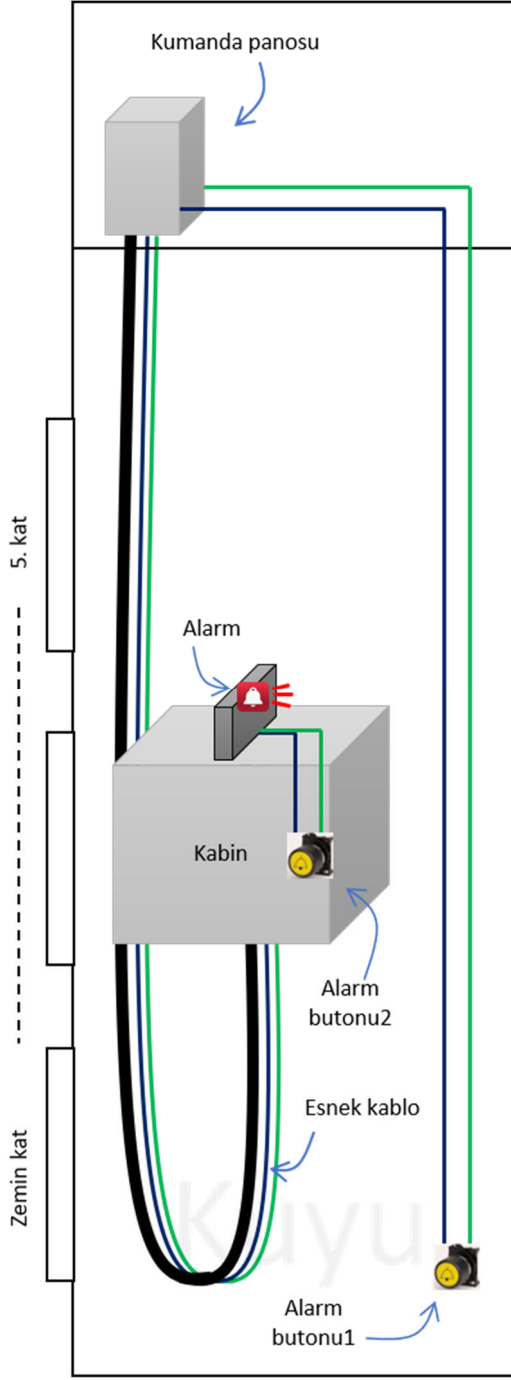
Bazı durumlarda da kabinin altına bir alarm butonunun takılması istenmektedir. Kabinin altına ya da kuyunun herhangi bir tarafına hiçbir kablo çekilmeden enerji hasadı butonlarının sabitlenmesi gayet kolay ve pratiktir. Normal yaklaşımlarda kabinin altına bir buton takmak için kabinin revizyon kutusundan (kabinin üstünde) kabinin altına 2 kablo çekilmesi gerekmektedir. Enerji hasadı butonlarının sunduğu esneklik ve genişleme imkanıyla gelecekteki asansör yönetmeliklerinin yeni maddelerine de uyum sağlanabilecektir.



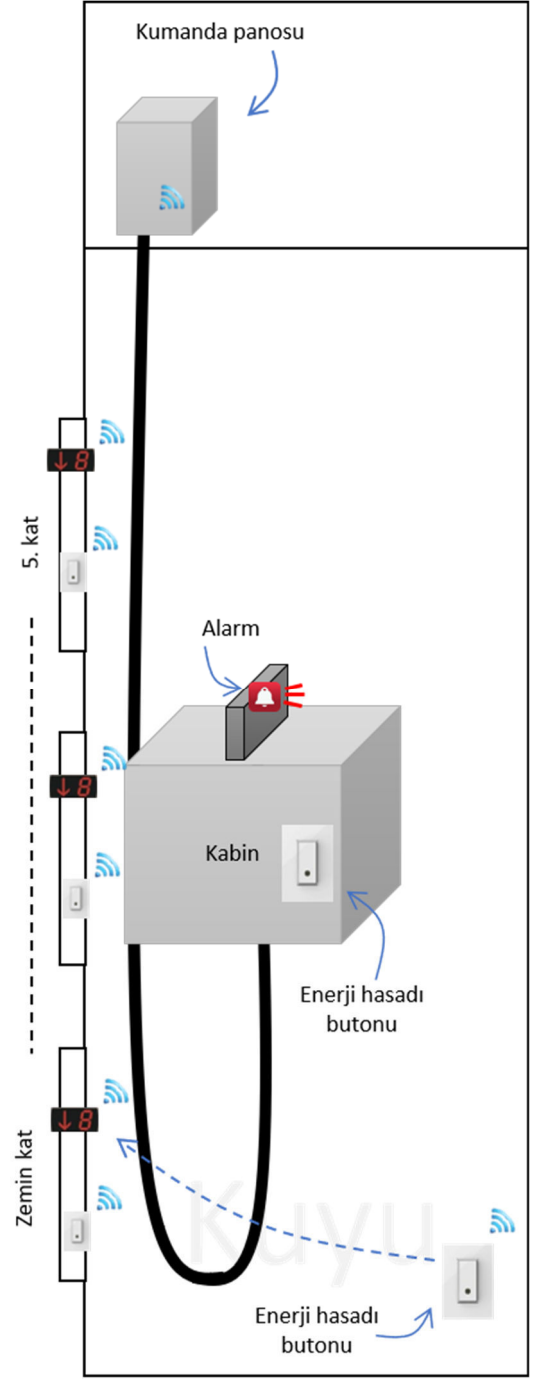
Şekil 4.9. Kuyu aydınlatmasının 2 vavyen vasıtasıyla çalışma standart bağlantısı



Şekil 4.10. Kuyu aydınlatmasının enerji hasadı butonlarıyla çalışma bağlantısı



Şekil 4.11. Standart alarm bağlantısı

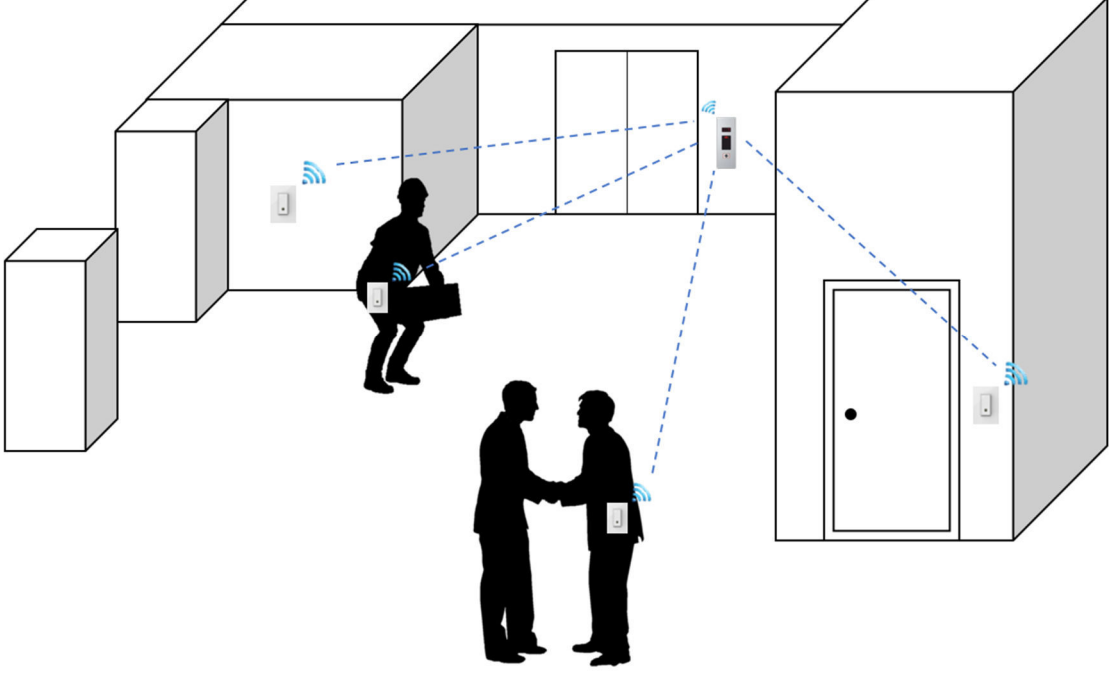


Şekil 4.12. Enerji hasadı butonlarıyla alarm bağlantısı

Esneklik:

Enerji hasadı butonları elektriksiz bataryasız olduğundan, aşırı derecede kolaylık ve esneklik sağlamaktadır. Butonların asansör dış kapısının yanında bulunmasına gerek olmadan, binanın girişine ya da evlerin kapılarına sabitlenebilmektedir. Fabrikalarda ve

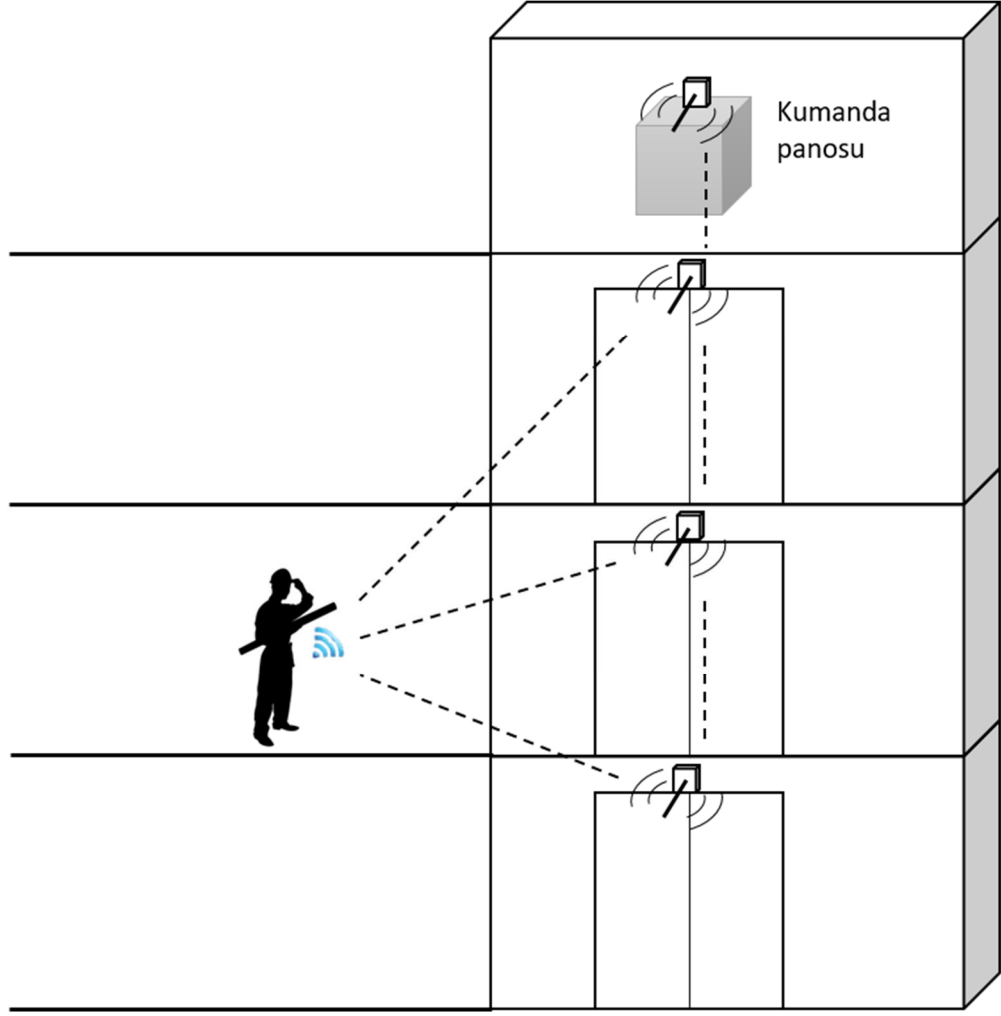
firmalarda, görevliler ve elemanlar için uzaktan çağrı verme imkânı da sağlanabilmektedir. VIP kişilere de uzaktan çağrı özelliğini sağlamak için kablosuz butonlar tahsis edilebilmektedir (Şekil 4.13). Butonlar bataryasız olduğu için herhangi bir batarya değişimi durumu ile karşılaşılmamaktadır.



Şekil 4.13. Asansör çağrı verme senaryoları

Sorun giderme süresi:

Bakım ve arıza elemanlarına bir kablosuz cihaz vasıtasıyla kumanda panosuyla irtibata geçerek ya da doğrudan bir kat yönlendirme ünitesiyle haberleşerek arıza bulmada kolaylık sağlamaktadır. Kablosuz olmayan yaklaşımlarda kat ünitelerinde bir sorun olduğunda sorun tespiti için genelde bağlantılar kontrol edilir ya da bazı üniteler sökülür. Kablosuz yaklaşımda, arıza elemanı doğrudan ilgili üniteye kablosuz olarak erişebilir ve ağ analizi yaparak sonuca hızlı bir şekilde ulaşabilir. Elemanın kattayken ya da kuyudayken kablosuz olarak kumanda panosuna takım arkadaşlarına ihtiyaç duymadan kolay bir şekilde erişebilmesi de mümkündür (Şekil 4.14). Bu durum, özellikle orta yükseklikteki ve yüksek binalarda sorun giderme süresiyle bakım süresini azaltmakta önemli bir rol oynayıp hem asansör firmasına hem de asansör kullanıcılarına fayda sağlayacaktır.



Şekil 4.14. Teknik servisin kablosuz olarak müdahale etmesi

4.3.3. Dezavantajlar

Enerji hasadı teknolojisinin sunduğu avantajların yanısıra aşılması gereken bazı olumsuzluklar da vardır. WSP protokolü enerji tüketimini az tutmak amacıyla tasarlandığı için, işaret işleme süresinin olabildiğince kısa olması gerekmektedir. Bu nedenle, enerji hasadı teknolojisinin ASK ve ya FSK modülasyonunu benimsemesi bir gereksinimdir. Dağınık spektrum teknikleri, sistemlere eklediği işaret işleme karışıklığı ve enerji tüketimindeki artış sebebiyle WSP protokolünde kullanılmamaktadır. İletişimde hatalara yol açabilen zorluklara karşı WSP protokolünün yoğun olmayan 1 GHz'ten düşük (bu tezde 868 MHz) frekansları ve göndermeden önce dinle (LBT) özelliğini kullanması, alttelegramın çarpışma olasılığını azaltacak şekilde kısa sürede (her

alttelegram 1 ms) bir kere değil üç kere gönderilmesi gibi özellikleri telegram başarı oranının yüksek tutulmasında büyük bir rol oynamaktadır.

Buna ek olarak hata oranını düşük tutmak için ağı uygulandığı binanın yapısına dikkat edilmesi ve aynı frekansla çalışan başka aygıtların sayısının az olması gerekmektedir. Yönlendirme üniteleri kuyunun dışında yerleşeceği için, işareti zayıflatacak faktörlerden mümkün olduğu kadar kaçınılmalıdır. İnsanlar kabinin içinden çıkarken ya da kabine girerken işaret iletiminin etkilenme durumu vardır. Bu tezde doğrudan haberleşecek iki yönlendirme ünitesinin arasındaki maksimum mesafe 6 metre olduğu için, büyük bir emniyet marjı bırakılmıştır. Üçer ya da dörder atlamalı ağ tasarımında bu noktanın dikkate alınması gerekmektedir. Spektrum analizörünün yönlendirme ünitelerini yerleştirmede kullanılması büyük önem taşır ve en kaliteli işaretin elde edilmesine yardımcı olacaktır.

Diğer yandan her kablosuz teknoloji saldırılara açıktır. Bu nedenle gerekli önlemler alınmalıdır. Bütün ağ verilerinin kodlanmış olması, ağdaki kablosuz noktaların tanımlanamayan diğer noktalardan telegram kabul etmemesi, Rolling kod mekanizmasının uygulanması ağın güvenliğini arttırmada büyük önem taşımaktadır.

5. SONUÇ

Bu tezde, asansör kuyu tesisatının kablolu ve kablosuz en yaygın veri iletim sistemleri incelenmiştir. Kablo sayısını azaltmak, sistemin montaj süresini ve sorun giderme süresini en aza indirmek ve sisteme esneklik katmak amacıyla iki ağ önerisinde bulunulmuştur. Birinci öneri, çok atlamalı kablosuz ağ olup düşük ve orta yükseklikteki binalarda kullanılabilir. İkinci öneri hibrit kablolu-kablosuz ağ olup yüksek binalarda kullanılabilir. Önerilen iki ağın topolojisi, telegram güzergahları, yönlendirme algoritmaları ve tabloları, kullanılan mesajların çeşitleri sunulmuştur. Çok atlamalı kablosuz, ya da hibrit kablolu-kablosuz ağın bir noktası servis dışı olduğunda ağın çalışmaya devam edebilmesini sağlamak için acil durum algoritmaları tasarlanmıştır. Önerilen ağ yapılarında, kablosuz teknolojinin ve enerji hasadı teknolojisinin kullanımının avantajları ve asansör sektöründe teknik anlamda asansör kurulum süresine, sistemin esnekliğine ve sorun giderme süresine olumlu etkileri de incelenmiştir. Bu avantajların yanısıra kablosuz teknolojinin kullanımından doğan bazı olumsuzluklar da incelenip alınması gereken önlemler tartışılmıştır.

Önerilen birinci ağ olan çok atlamalı kablosuz ağın performans testinde, enerji hasadı teknolojisi ve WSP protokolü kullanılarak 13 baytlık telegramlarla ağın ortalama atlama süresinin (t_a) 16,1 ms ve en kötü durumda atlama süresinin 56,1 ms olduğu tespit edilmiştir. Çağrı butonunun tepki süresine (c_t) göre en iyi durumda ve en kötü durumda hizmet edilebilecek maksimum kat sayısı (N) da belirlenmiştir. Sırasıyla c_t 50, 100, 200, 300, 400, 500, 1000 ms olduğunda hizmet edilebilecek maksimum kat sayısının (N) en iyi durumda ($t_a = 16,1 \text{ ms}$) 6, 12, 24, 37, 49, 62, 124 ve en kötü durumda ($t_a = 56,1 \text{ ms}$) 1, 3, 7, 10, 14, 17, 35 olduğu hesaplanmıştır. Seçilen uzun c_t süresinden doğabilecek olumsuzlukların bir alıcı-vericinin kabinin üstüne yerleştirilmesiyle çözülmesi önerilmiştir. Çok atlamalı kablosuz ağın güvenilir çalışmaya devam edebilmesi için, telegram yoğunluğunun 75 telegram/s'den az olması gerektiği tespit edilmiştir. Paket yoğunluğunun da ağın trafiğine göre uygulanabilecek maksimum N değerini etkileyeceği belirlenmiştir. N değerini yükseltmek için telegramın uzunluğunu azaltmak da mümkündür. Alıcı-vericilerin işaret gücü testinin sonucu, çok atlamalı kablosuz ağın sadece ikişerli atlamaya değil üçerli hatta dörderli atlama yapmaya uygun olduğunu

göstermiştir. Bu durum, maksimum N değerine ve telegram yoğunluğuna olumlu olarak yansiyacaktır.

İkinci yaklaşımda, çok atlamalı kablosuz ağın olumsuzluklarını azaltmak/ortadan kaldırmak amacıyla hibrit kablolu-kablosuz bir ağ sunulmuştur. Enerji hasadı teknolojisinin ve kablosuz teknolojinin sunduğu avantajlarla, daha kısa CANbus kablo uzunluğu kullanımıyla, karma bir çözüm olarak sunulmuştur. Bu ağda mesaj iletimi süresinin kısa ve sabit olması ağın yüksek binalarda uygulanmasına imkân sağlamaktadır. Maksimum N değerinin CANbus normal modundayken 325 ve TJA1055T CANbus kontrolörüyle CANbus hata-tolerans modundayken 295 olabileceği hesaplanmıştır. Yapılan işaret gücü testinin sonucu olarak, bir CANbus noktasının sadece 4 kablosuz noktayla değil 6 nokta hatta 8 noktayla haberleşebilme potansiyeline sahip olduğu bulunmuştur.

KAYNAKLAR

Anders, A. 2005. Pushbutton Transmitter Device PTM 200 User Manual V1.1. EnOcean GmbH. Almanya.

Anonim, 2006. AN00020 TJA1050 high speed CAN transceiver. NXP Semiconductors.

Anonim, 2010. CAN vs. RS485
http://51lm.cn/ixxat/artikel_20105_can-vs-rs485_e.pdf-(Erişim tarihi:10.07.2019).

Anonim, 2011. Asansör kuyu donanımları. T.C. Millî Eğitim Bakanlığı, Ankara.

Anonim, 2012. ML65X Pano Őemaları,
www.mikrolift.com/pdf/ML65X_pano_semaları.pdf - (Erişim tarihi: 26.06.2017).

Anonim, 2013. USB 300 / USB 300C / USB 300U (OEM) USB Gateway for EnOcean Radio User Manual V1.5. EnOcean GmbH. Almanya.

Anonim, 2014. Pushbutton Transmitter Device PTM 210 / PTM 215 / PTM 210U / PTM 210J User Manual V1.5. EnOcean GmbH. Almanya.

Anonim, 2015a. EnOcean Equipment Profiles (EEP) Version: 2.6.3. EnOcean Alliance. ABD.

Anonim, 2015b. EDK 350 (868 MHz) EDK 350U (902 MHz) EnOcean Developer Kit V2.3. EnOcean GmbH. Almanya.

Anonim, 2016. TCM 300/ TCM 320 (868 MHz), TCM 300U / TCM 320U (902 MHz) Transceiver Module User Manual. EnOcean GmbH. Almanya.

Anonim, 2017a. Asansör emniyet devresi,
https://tr.wikipedia.org/wiki/Asansör_emniyet_devresi - (Erişim tarihi: 27.06.2017).

Anonim, 2017b. Energy Harvesting, Germany,
<https://www.enocean.com/en/technology/energy-harvesting-> (Erişim tarihi: 27.06.2017).

Ansari, I. S. 2009. An implementation of traffic light system using multi-hop ad hoc networks, International Conference on Network-Based Information Systems (NBIS'09), Indianapolis, USA, 177-181. doi: 10.1109/NBiS.2009.8

Bach, C., 2017. Yazılı görüşme. EnOcean GmbH, Kolpingring 18a, 82041 Oberhaching, Germany, (Görüşme tarihi: 05.03.2017), e-posta: support@enocean.com.

Corrigan, S. 2008. Controller Area Network Physical Layer Requirements. Texas Instruments.

Crenella, D., Gozzo, M. P., Grzybowski, R. R., Izard, J. M., Morgan, R. G., Slabinski, C. J. 2003. Two-part wireless communications system for elevator hallway fixtures, Patent US6601679B2, USA.

Đurišić, M. P., Tafa, Z., Dimić, G. and Milutinović, V. 2012. A survey of military applications of wireless sensor networks, Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO'2012), Bar, Montenegro.

Furtado, H. and Trobec, R. 2011. Applications of wireless sensors in medicine, International Convention MIPRO'2011, Opatija, Croatia, 257-261.

Grassl, E., Schmidt, F. 2006. Energy-autonomous electromechanical wireless switch, Patent US7019241B2, USA.

ISO/IEC DIS 14543-3-10, 2011. Part 3-10: Wireless Short-Packet (WSP) protocol optimised for energy harvesting - Architecture and lower layer protocols.

Kavlak, K. 2006. Elektrikli asansörler ile hidrolik asansörlerin karşılaştırılması. Selçuk Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Teknik-Online Dergi, 5(2-2006): 28-40.

Lajene, M. M., Karlık, S. E. 2017. Design and performance analysis of a wireless short packet protocol based multi-hop network for data communication in elevator systems. international conference on engineering technologies (ICENTE'17), 07/09/2017, Selçuk University, Konya.

Lajin, M. M., Karlık, S. E. 2019. A novel multi-hop wireless network proposal to control elevator floor fixtures in low-rise and medium-rise buildings. Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering, 24(1): 414-401.

Motoyama, N., Inaba, H., Kawabata, A., Ohkura, Y., Yamashita, K. 2002. Elevator system having wireless transmitting/receiving units, Patent US6446761B1, USA.

Oh, J. H., Hootsmans, N. A. M. 2009. Elevator system with wireless hall call buttons, Patent US20090295550A1, USA.

Shibata, Y., Sato, Y., Ogasawara, N. and Chiba, G. (2009). A disaster information system by ballooned wireless adhoc network, International Conference on Complex, Intelligent and Software Intensive Systems (CISIS'09), Fukuoka, Japan, 299-304. doi: 10.1109/CISIS.2009.191

Wark, T., Corke, P., Sikka, P., Klingbeil, L., Guo, Y., Crossman, C., Valencia, P., Swain, D., Bishop-Hurley, G. 2007. Transforming agriculture through pervasive wireless sensor networks. IEEE Pervasive Computing, 6 (2): 50-57. doi: 10.1109/MPRV.2007.47

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı	Muhammed Macit LAJİN
Doğum Yeri ve Tarihi	Halep 22.06.1987
Yabancı Dili	İngilizce ve Arapça
Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)	
Lise	American College of Aleppo (2003-2005)
Lisans	Halep Üniversitesi (2006-2010) Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı
Yüksek Lisans	Uludağ Üniversitesi (2015-2019) Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı
Çalıştığı Kurumlar ve Yıl	Elektrik Elektronik Arıza Giderme Sorumlusu Lacin Tekstil 08.2013- Kumanda Panosu Sorumlusu ve Kronik Arıza Çözücü HAS Asansör – Uçak Asansör 12.2014-11.2016 Otomasyon Bölümü Başkanı Eğitim Fakültesi/ Halep Üniversitesi 07.2011-06.2013
İletişim	majid.lajin@hotmail.com

Yayınları

Lajine, M. M., Karlık, S.E. 2017. Design and performance analysis of a wireless short packet protocol based multi-hop network for data communication in elevator systems. International Conference on Engineering Technologies (ICENTE'17), 07/09/2017, Selçuk University, Konya.

Lajin, M. M., Karlık, S.E. 2019. A novel multi-hop wireless network proposal to control elevator floor fixtures in low-rise and medium-rise buildings. Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering, 24(1): 414-401.

Ödülleri

En iyi sunuş ödülü, 2017. Design and performance analysis of a wireless short packet protocol based multi-hop network for data communication in elevator systems. International Conference on Engineering Technologies (ICENTE'17), 07/09/2017, Selçuk University, Konya.

BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
TEZ ÇOĞALTMA VE ELEKTRONİK YAYIMLAMA İZİN FORMU

Yazar Adı Soyadı	Muhammed Macit LAJİN
Tez Adı	ASANSÖR SİSTEMLERİNDE VERİ İLETİMİ İÇİN ÇOK ATLAMALI KABLOSUZ AĞ TASARIMI VE PERFORMANS ANALİZİ
Enstitü	Fen Bilimleri Enstitüsü
Anabilim Dalı	Elektronik Mühendisliği
Tez Türü	Yüksek Lisans
Tez Danışman(lar)ı	Doç. Dr. Sait Eser KARLIK
Çoğaltma (Fotokopi Çekim) izni	<input type="checkbox"/> Tezimden fotokopi çekilmesine izin veriyorum <input checked="" type="checkbox"/> Tezimin sadece içindekiler, özet, kaynakça ve içeriğinin % 10 bölümünün fotokopi çekilmesine izin veriyorum <input type="checkbox"/> Tezimden fotokopi çekilmesine izin vermiyorum
Yayımlama izni	<input checked="" type="checkbox"/> Tezimin elektronik ortamda yayımlanmasına izin veriyorum

Hazırlamış olduğum tezimin belirttiğim hususlar dikkate alınarak, fikri mülkiyet haklarım saklı kalmak üzere Bursa Uludağ Üniversitesi Kütüphane ve Dokümantasyon Daire Başkanlığı tarafından hizmete sunulmasına izin verdiğimi beyan ederim.

Tarih : 24/9/2019
İmza : 