

**TELLİ-TELSİZ HABERLEŞME SİSTEM ENTEGRASYONU
VE SES-VERİ TRAFİK ANALİZİ**

Murat KALAÇ

Zonguldak Karaelmas Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalında

Yüksek Mühendislik Tezi

Olarak Hazırlanmıştır.

**ZONGULDAK
Haziran 2006**

KABUL:

Murat KALAÇ tarafından hazırlanan " TELLİ-TELSİZ HABERLEŞME SİSTEM ENTEGRASYONU VE SES-VERİ TRAFİK ANALİZİ " başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından değerlendirilerek, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi (ZKÜ) Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Mühendislik Tezi olarak oybirliğiyle kabul edilmiştir. 20/06/2006

Başkan: Yrd.Doç. Dr. Rıfat HACIOĞLU (ZKÜ)



Üye : Doç. Dr. Gürcan BÜYÜKSALİH (ZKÜ)



Üye : Yrd.Doç. Dr. Ertan ÖZTÜRK (ZKÜ)



ONAY:

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım. / /2006



Prof. Dr. İhsan TOROĞLU Y.

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ÖZET

Yüksek Mühendislik Tezi

TELLİ-TELSİZ HABERLEŞME SİSTEM ENTEGRASYONU VE SES-VERİ TRAFİK ANALİZİ

Murat KALAÇ

Zonguldak Karaelmas Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalında

Tez Danışmanı: Yrd.Doç. Dr. Rifat HACIOĞLU

Haziran 2006, 90 Sayfa

Dünyada ve Türkiye’de kamu kurum ve kuruluşları ile özel sektör tarafından kullanılmakta olan birbirinden bağımsız ve eski teknoloji ürünü analog Telli-Telsiz haberleşme sistemlerinin yerini, yeni nesil sayısal entegre haberleşme sistemlerine bırakması maksadıyla birçok proje çalışması yapılmaktadır. Bu çalışmada, öncelikle uluslararası standartlara uygun, Türkiye’de özellikle kamu güvenliği ve sosyal hizmetler alanında hizmet veren birimler tarafından kullanılabilecek sayısal ve entegre haberleşme sistemlerinin incelemesi yapılmıştır.

Bu sistemlerde ortak yönetimin sağlanması, ihtiyaç duyulan yeni sistemlerin projelendirilmesi, alternatif çözüm önerilerinin incelenmesi ve karşılaştırılması yapılmaktadır. Ayrıca bu haberleşme sistemlerindeki ses-veri trafik analizi ve maliyet hesaplamaları üzerinde durulmaktadır.

ÖZET (devam ediyor)

Telli-Telsiz entegre haberleşme sistemleri genel olarak incelenerek özellikle sayısal, açık standart olma özelliğini sağlayan kamu güvenliği gruplarının ortak istek ve ihtiyaçlarını belirlemek için TIA (Telecommunications Industry Association) tarafından temel standartları oluşturulan APCO (Association of Public Safety Communications Officials - Kamu Güvenliği Haberleşme Görevlileri Birliği) sistem çözümü ve ETSI (European Telecommunications Standardisation Institute- Avrupa Haberleşme Standartları Enstitüsü) tarafından yayınlanmış TETRA (TErrestrial Trunk Radio - Karasal Trunk Telsiz) sistem çözümleri ile ASELSAN A.Ş. tarafından geliştirilmekte olan APCO-25 sistem çözümü detaylı olarak incelenmektedir.

Anahtar Sözcükler : Telli-Telsiz Haberleşme Sistemleri, Sayısal Haberleşme, Ses-Veri Trafik Analizi, APCO-25, TETRA.

Bilim Kodu : 609.02.07

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

WIRED/WIRELESS INTEGRATED COMMUNICATION SYSTEMS AND VOICE/DATA TRAFFIC ANALYSIS

Murat KALAÇ

**Zonguldak Karaelmas University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Electrical-Electronics Engineer**

Thesis Advisor: Asst. Prof. Rifat HACIOĞLU

June 2006, 90 pages

In the world and Turkey, there is a tremendous effort to replace the old analog communication systems used by private and public sector by open standard digital integrated communication systems. In this work, global digital and integrated communication systems that can be used by security and social services are studied. The investigation and comparison of common management, scalability and flexibility to the developing needs and the alternative proposals have been made. In addition, traffic analysis and cost calculations on these communication systems are considered.

In this work, wired/wireless communication systems, specifically, the system solution of APCO (Association of Public Safety Communications Officials), which was formed to specify common requirements and needs of public safety groups, and TETRA system

ABSTRACT (contiuning)

solutions published by ETSI (European Telecommunication Standardisation Institute) are studied. APCO-25 system solution developed by ASELSAN INC. is described in detail.

Key Words : Wired-Wireless Communication Systems, Digital Communication, Traffic, Voice, Data Analysis, APCO-25, TETRA.

Science Code : 609.02.07

TEŞEKKÜR

Çalışmalarındaki çok değerli katkılarından dolayı; tez danışmanım Yrd.Doç.Dr.Rıfat HACIOĞLU'na, değerli hocam Yrd.Doç.Dr.Ertan ÖZTÜRK'e, J.Gn.K.lığı MEBS Başkanı J.Mu.Kd.Alb.Mehmet KAPTAN'a, Daire Başkanı J.Mu.Yb.M.Yusuf YÜKSEL'e, Şube Müdürü J.Mu.Kd.Yzb.Latif ERTOK'a, JEMUS Şube Müdürlüğündeki değerli Komutanlarım ve J.Müh.Kd.Yzb.Şükrü DEMİRTÜRK'e, kıymetli arkadaşlarım Yük.Müh.S.Koray EKEN'e, Yük.Müh.Ercan ŞUT'a ve Levent JANE'ye, manevi desteklerinden güç aldığım tüm çalışma arkadaşlarıma, dostlarıma, Fen Bilimleri Enstitüsü çalışanlarına ve destek, sabır ve hoşgörülerinden dolayı sevgili eşim Nida ve kızım Beyza nur'a içtenlikle teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

KABUL	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
KISALTMALAR	xiii
BÖLÜM 1 GİRİŞ	1
1.1 MEVCUT DURUM	2
BÖLÜM 2 TEKNOLOJİDEKİ GELİŞMELER	4
2.1 HABERLEŞME TEKNOLOJİLERİ	5
2.2 BİLGİSAYAR SİSTEMLERİ	8
2.3 DÜNYADAKİ SİSTEMLER VE PROJE YAKLAŞIMLARI	8
BÖLÜM 3 HABERLEŞME SİSTEMLERİ	13
3.1 TELLİ HABERLEŞME SİSTEMLERİ	13
3.1.1 Santraller	14
3.1.2 Network Sistem Çözümleri	14
3.2 TELSİZ HABERLEŞME SİSTEMLERİ	16
3.2.1 Sayısal Telsiz Sistemleri	19
3.2.2 Konvansiyonel Sistemler	20

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

Sayfa

3.2.3 Trunk Sistemleri.....	21
3.2.4 PAMR Telsiz Sistemi.....	23
3.2.5 PMR Telsiz Sistemi.....	23
3.2.6 Dünyada Kullanılmakta Olan Sayısal Sistemler.....	25
3.2.7 APCO-25 Haberleşme Sistemi	26
3.2.8 TETRA Haberleşme Sistemi	33
3.2.9 ASELSAN APCO-25 Sistem Çözümü	42
3.3 SİSTEM SEÇİM KRİTERLERİ	50
3.3.1 Telsiz Sistemlerinde Standartlaşma	50
3.3.2 Sayısal Ses Ve Veri Entegrasyonu.....	51
 BÖLÜM 4 TELLİ-TELSİZ SİSTEM ENTEGRASYONU VE YÖNETİMİ	61
 4.1 ORTAK SİSTEM İHTİYACI	62
4.2 TRAFİK ANALİZİ	69
4.3 MALİYET ANALİZİ	74
 BÖLÜM 5 SONUÇ VE ÖNERİLER	87
 KAYNAKLAR.....	89
ÖZGEÇMİŞ.....	90

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 Telli-Telsiz Entegre Haberleşme Sistemleri Mimari Yapısı	7
3.1 Simpleks Haberleşme Yapısı.....	17
3.2 Yarı Dupleks Haberleşme Yapısı	17
3.3 Tam Dupleks Haberleşme Yapısı	18
3.4 Röle (Tekrarlayıcı) Haberleşme Yapısı	18
3.5 Farklı SNR Değerlerinde Analog Ve Sayısal Ses Kalitesi	20
3.6 Konvansiyonel ve Trunk Telsiz Sistemleri Kanal Kullanımı	22
3.7 APCO Ara Yüzleri.....	27
3.8 Hava Ara Yüzü (CAI).....	28
3.9 Veri Terminali - Telsiz Arası Ara yüz (DPI)	28
3.10 Inter System Interface (ISI).....	29
3.11 Telephone Interconnect Interface	29
3.12 Network Management Interface	29
3.13 Host ve Network Interface	30
3.14 FDMA – TDMA Gösterimi.....	34
3.15 TETRA Sistemi Ara Yüzleri	35
3.16 TETRA Kanal Paylaşımı.....	36
3.17 UMTS Frekansları	41
3.18 Data Hızı ve Mobility İlişkisi	41
3.19 Genel Mimari Yapısı	42
3.20 ASELSAN APCO-25 Telsiz Sistemi Tipik Site Konfigürasyonu	44
3.21 Telsiz Erişim Sistemi Örnek Konfigürasyonu.....	45
3.22 Anahtarlama Sistemi Örnek Konfigürasyonu	46
3.23 Sistem Modu Çalışma Şekilleri	48
3.24 Tipik Sistem Konfigürasyonu.	49
3.25 TETRA Data-Ses Kanla Kullanımı	52
3.26 CDMA Kanal Paylaşımı	55

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
3.27 Frekans Kullanımı	57
3.28 Kapsama Alanı-Veri Hızı İlişkisi	59
4.1 Telli-Telsiz Sistem Entegrasyonu Ve Yönetimi.....	61
4.2 Yerel Alan Ağı	62
4.3 Yönetim Sistemi Konfigürasyonu	65
4.4 Mesafeye Göre Sinyal Seviyesi.....	69
4.5 Kapsama Alanı Analizi-1	70
4.6 Kapsama Alanı Analizi-2.....	70
4.7 Kapsama Alanı Analizi-3	71
4.8 Kapsama Alanı Analizi-4.....	71
4.9 Enterferans Analizi	72
4.10 Mikrodalga Link Analizi.....	72
4.11 Frekans Tahsisi	73

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
3.1 RF Çıkış Gücü	31
3.2 Duyarlılık Seviyesi	31
3.3 Veri Hızı.....	37
3.4 Duyarlılık Seviyesi	38
3.5 RF Çıkış Gücü	38
3.6 ASELSAN APCO-25 Teknik Özellikler.	78
3.7 Duyarlılık Seviyeleri Açısından Telsiz Sistemleri	54
3.8 Cihaz Çıkış Güçleri Açısından Telsiz Sistemleri	54
4.1 Trafik Analizinde Kullanılacak İl Bazındaki Yaklaşık Veriler.....	73
4.2 İl Bazındaki Yaklaşık Maliyet Veriler.....	75
4.3 İl Bazındaki Yaklaşık Maliyet Veriler.....	75
4.4 İl Bazındaki Yaklaşık Maliyet Veriler.....	76
4.5 İl Bazındaki Yaklaşık Maliyet Veriler.....	76
4.6 İl Bazındaki Yaklaşık Maliyet Veriler.....	76
4.7 İl Bazındaki Yaklaşık Maliyet Veriler.....	77
4.8 Olay Sayısı ve Saatteki Ortalama Çağrı Sayıları.....	79
4.9 Trafik Hesabında Kullanılacak Varsayımlar.....	79
4.10 Siteler ve Kanal Sayıları	80
4.11 Mesafe Yayılım Çizelgesi	81
4.12 Yayılım Mesafesi Yarıçap.....	81
4.13 Kaplama Alanı Değerleri	83

KISALTMALAR

ACELP	: Cebirsel Kod Uyarmalı Doğrusal Tahmin (Algebraic Code Excited Linear Predictive)
AI	: Hava Arayüzü (Air Interface)
ANSI	: Amerikan Ulusal Standartlar Enstitüsü (American National Standards Institute)
APCO	: Kamu Güvenliği Haberleşme Görevlileri Birliği (Association of Public Safety Communications Officials)
ATM	: Eşzamansız Aktarım Durumu (Asynchronous Transfer Mode)
BER	: Bilgi Hata Oranı (Bit Error Rate)
C4FM	: Compatible 4 level FM version of QPSK-c modulation
CAI	: Ortak Hava Arayüzü (Common Air Interface)
CIR	: Kararlı Bilgi Hızı (Commitment Information Rate)
CPU	: Merkezi işlem ünitesi (Central Processing Unit)
CSMA/CD	: Taşıyıcı Sezinlemeli Çoklu Erişim/Çarpışma Sezimli (Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection)
dBm	: Desibel'in Bir Mili Watt Referans Değeri (Decibel refers to one milliwatt)
DPI	: Veri Çevre Donatımı Arayüzü (Data Peripheral Interface)
DQPSK	: Dört Evreli Faz Kaydırmalı Anahtarlama (Differential Quadrature Phase Shift Keying)
DTI	: Ticaret ve Endüstri Dairesi (Department of Trade and Industry)
EDACS	: Geliştirilmiş Dijital Erişimli Haberleşme Sistemi (Enhanced Digital Access Communications System)
EDGE	: GSM için Örneklendirilmiş Data Oranları (Enhanced Data Rates for GSM Evolution)
EIR	: Artık Bilgi Hızı (Excess Information Rate)
E1	: 2.048 Kbps'lık bağlantı
ESMR	: Özel Geliştirilmiş Mobil Telsiz (Enhanced Specialized Mobile Radio)

KISALTMALAR (devam ediyor)

ETSI	: Avrupa Haberleşme Standartları Enstitüsü (European Telecommunications Standardisation Institute)
FDMA	: Frekans Bölmeli Çoklu Erişim (Frequency Division Multiple Access)
FHMA	: Frekans Atlamalı Çoklu Erişim (Frequency Hopping Multiple Access)
FM	: Frekans Modülasyonu (Frequency Modulation)
GAA	: Geniş Alan Ağı
GMSK	: Minimum Gauss Kaydırmalı Anahtarlama (Gaussian Minimum Shift Keying)
GPRS	: Genel Paket Radyo Servisleri (General Packet Radio Service)
GPS	: Global Konumlandırma Sistemi (Global Positioning System)
GSM	: Global System for Mobile (Küresel Mobil İletişim Sistemi)
HLR	: Şebeke Yer Kaydedicisi (Home Location Register)
IDEN	: Geliştirilmiş Tümlşik Dağıtım Ağı (Integrated Dispatch Enhanced Network)
IEEE	: Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü (Institute of Electrical and Electronics Engineering)
IMBE	: İyileştirilmiş Çok Bandlı Uyarma (Improved Multi-Band Excitation)
ISDN	: Birleşik Hizmetler Sayısal Ağı (Integrated Services Digital Network)
ISI	: Sistemler Arası Bağlantı Ara Yüzü (Inter System Interface)
IT-Org.	: Enformasyon Teknolojileri Organizasyonu
ITU-R	: Uluslararası Telekomünikasyon Birliği-Radyo (International Telecommunication Union-Radio)
JEMUS	: Jandarma Entegre Muhabere ve Bilgi Sistemi
Kbps	: Kilobytes Per Second
KHz	: Kilo Hertz
LAN	: Yerel Alan Ağı (Local Area Network)
Mbps	: Megabytes per second
MHz	: Mega Hertz
MOU	: Ortak Niyet Mektubu (Memorandum Of Understanding)
PAMR	: Genel Kullanıma Açık Telsiz (Public Access Mobile Radio)
PCM	: Darbe Kod Modülasyonu (Pulse Code Modulation)
PMR	: Özel Kullanıcı Telsiz (Private Mobile Radio)

KISALTMALAR (devam ediyor)

PSPP	: Ortak Kamusal Güvenlik Projesi (Public Safety Partnership Project)
PSRCP	: Telsiz Haberleşmesi Kamusal Güvenlik Projesi (Public Safety Radio Communications Project)
PTT	: Bas Konuş (Push To Talk)
PSTN	: Kamusal Anahtarlama Telefon Şebekesi (Public Switched Telephony Network)
PVC	: Kalıcı Sanal Devre (Permanent Virtual Circuit)
QoS	: Servis Kalitesi (Quality of Service)
RF	: Radyo Frekans (Radio Frequency)
RFG	: Radyo Frekans Alt Sistem Ağ Geçidi (RF Sub-System Gateway)
RFS	: Radyo Frekans Alt Sistem Ağ Geçidi (RF Sub-System Switch)
RFSS	: Radyo Frekans Alt Sistem (Radio Frequency Sub-System)
SAM	: Ölçeklenebilir Gelişmiş Modülasyon (Scalable Advanced Modulation)
SKB	: Site Kontrol Birimi
SMR	: Özel Mobil Radyo (Specialized Mobile Radio)
SNA	: Sistem Ağ Mimarisi (Systems Network Architecture)
SNR	: Sinyal Gürültü Oranı (Signal to Noise Ratio)
SVC	: Anahtarlama Sanal Devre (Switch Virtual Circuit)
TAPS	: Gelişmiş TETRA Paket Servisi (TETRA Advanced Packet Service)
TCP/IP	: İletim Kontrol Protokolü/İnternet Protokolü (Transmission Control Protocol / Internet Protocol)
TDMA	: Zaman Paylaşım Çoklu Erişim (Time Division Multiple Access)
TEDS	: Geliştirilmiş TETRA Paket Servisi (TETRA Enhanced Packet Service)
TETRA	: TERrestrial Trunk Radio (Karasal Trunk Telsiz)
TETRAPOL	: TERrestrial Trunk Radio 6 (Karasal Trunk Telsiz 6)
TIA	: İletişim Endüstrisi Birliği (Telecommunication Industry Association)
UHF	: Ultra Yüksek Frekans (Ultra High Frequencies (300-3000 MHz))
UMTS	: Evrensel Mobil İletişim Sistemi (Universal Mobile Telecommunication System)
VCI	: Sanal Kanal Tanımlayıcısı (Virtual Channel Identifier)
VHF	: Çok Yüksek Frekans (Very High Frequency (30-300 MHz))
VLR	: Ziyaretçi Abone Kayıt Kütüğünü (Visitor Location Register)

KISALTMALAR (devam ediyor)

VPI	:	Sanal Yol Tanımlayıcı (Virtual Path Identifier)
W	:	Watt
WAN	:	Geniş Alan Ağı (Wide Area Network)
YAA	:	Yerel Alan Ağı

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Günümüzde; sanayileşmenin hızlanması, nüfusun artması, haberleşme ve ulaşım imkânlarının gelişmesinin etkisiyle sosyal hareketlilik de artmıştır. Dolayısıyla kişiler kendi arasındaki ve birey-kamu arasındaki olaylar; karmaşık, organize, bölgesel ve ideolojik olaylara dönüşmüştür. Bütün bu olayların sonucunda suçlu ve mağdur sayıları çoğalmış, diğer taraftan artan trafik kazaları ve yaygınlaşan sportif faaliyetler (dağcılık ve kayak sporları v.b.) ile deprem sel ve çığ gibi doğal afetler ve orman yangınlarında kurtarma, tahliye ve halka yardım hizmetlerinin önemi daha da artmıştır. Bu sosyal değişim ve gelişmeler, devletlerin özellikle güvenlik ve sosyal hizmetlerini yerine getirmekten sorumlu birimlerinin bilgiye erişim, bilgiyi paylaşma, birimler arası koordinasyon ve yönetim konusunda mevcut sistemlerinin aksine çok daha gelişmiş sayısal ve entegre haberleşme ve bilgisayar sistemlerine ihtiyaçları çok ciddi önem kazanmıştır.

Bu durumun sonucunda, sorumlu makamların ortaya çıkan haberleşme sistem ihtiyaçlarını gelişen teknolojiler ışığında çözülmesi amacıyla ulusal ve uluslararası değişik çözüm önerileri ortaya çıkmıştır. Bu çözüm önerileri incelendiğinde ortak yönleri olmakla birlikte çok farklı sistemlerin bulunduğu da görülmektedir. Meseleye Türkiye açısından baktığımızda nasıl bir sistem çözümünün bulunması gerektiği sorusunun cevabı her açıdan önem kazanmaktadır. İşte soruya cevap bulma doğrultusunda hareket edilerek yapılan bu çalışmada, ihtiyaç duyulan Telli-Telsiz Entegre Haberleşme Sistemlerinin özellikleri, diğer ülkelerin durumu, projelendirme yaklaşımı, entegrasyon ve yönetimi ile örnek trafik ve maliyet analizleri yapılarak çözüm önerisi sunulmaya çalışılmış olup özellikle JEMUS (Jandarma Entegre Muhabere ve Bilgi Sistemi) [1] projesi çalışmalarından ve ASELSAN A.Ş. tarafından geliştirilmiş olan APCO-25 (Association of Public Safety Communications Officials Project 25 - Kamu Güvenliği Haberleşme Görevlileri Birliği Projesi 25) [2] sistem çözümünden istifade edilmiştir.

Öncelikle Dünyada ve Türkiye’de kamu kurum ve kuruluşları ile özel sektör tarafından kullanılmakta olan birbirinden bağımsız ve eski teknoloji ürünü Telli-Telsiz haberleşme

sistemlerinin mevcut durumunun kısaca incelenmesi yapılmaktadır. Bölüm 2’de; temel haberleşme teknolojileri, Telli-Telsiz entegre haberleşme sistemlerinin sağlayacağı faydalar, genel özellikleri, alt sistem ve cihazları ile mimari yapısı incelendikten sonra diğer ülkelerdeki sistemler hakkında genel bilgiler verilmektedir.

Sonraki bölümde, ihtiyaç duyulan ve mevcut eski teknoloji ürünü sistemler yerine kullanılacak olan uluslararası standartlara uygun, sayısal ve entegre haberleşme sistemlerinin Telli-Telsiz olarak ayrı ayrı incelemesi yapılarak, bu sistemlerin Türkiye’de özellikle güvenlik birimleri ve sosyal hizmetler alanında faaliyet gösteren özel birimler ve kamu kurum ve kuruluşları tarafından kullanılabilirliği, alternatif çözüm önerilerinin incelenmesi ve mukayesesi yapılmaktadır. Devam eden bölümde; bu sistemlerin ortak yönetiminin sağlanması maksadıyla sistemlerin birbiri ile entegrasyonu anlatılmaktadır. Ayrıca ihtiyaç duyulan yeni sistemlerin projelendirilme yaklaşımında dikkat edilecek kriterler belirtilerek devamında örnek trafik ve maliyet analizlerinde dikkate alınması gereken hesaplamalar ve incelemeler yapılarak elde edilen sonuçlar belirtilmektedir. Sonuç bölümünde ise genel bir değerlendirme yapılarak, Türkiye’de uygulanabilecek sistemler hakkında çözüm önerileri getirilmektedir.

1.1 MEVCUT DURUM

Genel kolluk birimleri ve sosyal birimler ilke ve hedefleri doğrultusunda görevlerini yerine getirirken altyapı, araç gereç ve malzeme eksikliği ile karşılaşmaktadır. Bu eksikliklerden kaynaklanan ve etkin olarak yerine getirilemeyen görev ihtiyaçları aşağıda sıralanmıştır.

Genel kolluk birimleri, suç işlenmesini önlemeye ve işlenmiş olan suçların faillerini ele geçirmeye yönelik çalışmalarında kişilerden kimlik sorma yetkisine haizdirler. Kimlik kontrolleri sırasında görevlilerin yanında aranan şahıslar albümü bulundurulması gerekmektedir. Aranan şahıslar albümü, arama yapan kolluğun sorumluluk alanındaki failleri kapsamaktadır. Suçluların kolayca yer değiştirmeleri ve suçlu miktarının her geçen gün artmasına karşın, sorumluluk alanı dışındaki suç işleyenlerin albümde yer almaması ve albümün sürekli güncelleştirilememesi sonucunda suçluların yakalanması güçleşmektedir. Bu şekilde kimlik kontrolü, hüviyetlerin sahte veya o şahsa ait olup olmadığının kontrolünden öteye gidememekte ve sadece caydırıcı bir özellik taşımaktadır. Ancak mevcut haberleşme ve bilgi sistemi altyapısı, hükümlüklerin yerine getirilmesinde yetersiz kalmaktadır. Bu maksatla, bilgi sistem ağının kurulu ve kurulacak veri tabanlarına ilgili

kademelerden erişilecek şekilde geliştirilmesi ve genişletilmesinin gerekliliği ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Ayrıca olaylarda ve trafik kazalarında suç dosyalarına konmak üzere olay yerinin kroki veya fotoğrafı alınmaktadır. Temsili çizimler üzerinden yapılan aramalar güvenlik güçlerini yanılgıya ve tereddüde düşürmektedir. Olayların aydınlatılması için fotoğraf ve parmak izine ilişkin bir bilgi bankasının oluşturulmasına ve her kademedeki güvenlik biriminin gerektiğinde bu bilgi bankasına erişiminin sağlanmasına ihtiyaç olduğu değerlendirilmektedir. Bu nedenle uygun bilgi sistemi altyapısının, en alt birimleri de içine alacak şekilde kurulum yaygınlaştırılması gerekmektedir. Bu bilgi sistemi altyapısı en alt birimlerden itibaren bir evrak kayıt ve takip sistemi ile sorgulamaların yapılabileceği terminalleri, haberleşme altyapısını içermelidir.

Güvenlik ve sosyal hizmet birimlerinin görev ihtiyaçları, mevcut muhabere ve bilgi sistemleri altyapısında etkin olan sorunlar kısaca aşağıdaki şekilde özetlenebilir;

- a. Mevcut eski nesil Telli-Telsiz sistemleri birbirine entegre edilememektedir.
- b. Her geçen gün gittikçe artan ses ve data haberleşme ihtiyacını, analog teknolojiye sahip mevcut sistemler karşılayamamaktadır.
- c. Haberleşme emniyeti her seviyede sağlanamamıştır.
- d. VHF (Very High Frequency-30-300 MHz (Mega Hertz)) bandında yeteri kadar frekans tahsis edilememesi ve tahsis edilen frekans miktarının ihtiyacı karşılayamaması sonucunda, mevcut ölü bölgeler için sisteme ilave röle kurulamamaktadır.
- e. Telsiz cihazlarının bir kısmı ekonomik ömrünü doldurmuştur.
- f. İhtiyaç duyulan kimlik sorgulama, araç takip ve görüntü sistemlerinin mevcut sistemlere entegresinde güçlükler mevcuttur.
- g. Mobil devriyelerin bilgi bankalarına erişiminde mevcut telsiz sistemlerinden yararlanılamamaktadır [1].

BÖLÜM 2

TEKNOLOJİDEKİ GELİŞMELER

Ticari ve sosyal hayatın gelişmesi, şehirlerdeki nüfus yoğunluğunun artması ile güvenli ve etkin bir haberleşmenin önemi her geçen gün artmaktadır. Haberleşme, ticaret, sağlık, eğitim, genel hizmetler ve güvenlik gibi alanlarda vazgeçilmez bir şekilde yerini almaya başlamıştır. Telsiz Haberleşmesi, yalnızca haberleşme gereksiniminin artmasına paralel olarak değil aynı zamanda hareket halinde iken görüşebilme özelliğinden dolayı tercih edilmekte ve hızla gelişmektedir. Bu gelişme telsiz kullanıcı sayısının artmasının ya da frekans spektrumunun kullanımının gözlenmesiyle anlaşılabılır [1].

20'nci yüzyılın son çeyreğinden itibaren ekonomik savaşların yerini bilgi savaşları almaktadır. Bilgi kullanımı da haberleşme araçları ile yapılmaktadır. Bu sebeplerden dolayı bilgi ve haberleşme teknolojisi ile kurulan sistemlerin maliyeti ne olursa olsun milli olmalıdır. Temel teknolojiler, haberleşme teknolojilerindeki gelişmeler ve dünyada bu alanda yapılan çalışmalar ile ülkelerin milli bilgi ve haberleşme altyapısı oluşturma konusunda izlediği yöntemler bu bölümde özetlenmiştir.

Haberleşme ve bilgi işlem teknolojilerinde, daha az kaynak kullanarak daha fazla bilgi işleyebilmek ve iletebilmek amacıyla bilgi ve haberleşme altyapısına temel oluşturan teknolojiler alanında gelişmenin sürekli olduğu ve hatta bu teknolojilerin yenilendiği, standartların oluşturulduğu gözlemlenmektedir. Temel teknolojilerin başlıcaları; Yazılım Terminalleri, Anten Teknolojisi, Uydu Teknolojisi, Anahtarlama Teknolojisi, CPU (Central Processing Unit) Teknolojisi, Hafıza Teknolojisi, Display Teknolojisi, Fiber Teknolojisi, ATM (Asynchoronous Transfer Mode) Teknolojisi ve Kablo Modem Teknolojisi olarak sayılabilir [3]. Bu bölümde haberleşme teknolojileri ve Dünyadaki gelişimi üzerinde durulacaktır.

2.1 HABERLEŞME TEKNOLOJİLERİ

Telli veya telsiz ortamlar üzerinden gerek veri, gerekse ses haberleşmesinde, minimum kanal aralığında maksimum bilgi aktarımını sağlamak maksadıyla haberleşme teknolojilerinde de temel teknolojilerdeki gelişmelere paralel olarak hızlı bir gelişme sağlanmaktadır. Bu teknolojilerden başlıcaları; çoklu erişim teknikleri, sayısal modülasyon teknikleri ve ses kodlama teknikleridir [3].

Telli-Telsiz entegre haberleşme sistemlerinin amacı, kullanıcı birimlerin en alt seviyesinden en üst merkez yönetim seviyesine kadar bütün birimler arasında;

- a. Komuta, Kontrol ve Haberleşme desteğinin sağlanması,
- b. Görev ihtiyaçlarının karşılanması,
- c. Görev sevk ve idaresinin bir bütün içinde sağlanması,
- d. Ses ve veri akışının güvenilir, emniyetli, süratli ve ekonomik bir şekilde yapılması,
- e. Telli, telsiz ve bilgisayar sistemlerinin birbirleriyle haberleşmesi gibi faaliyetlerin en son sayısal teknolojilerin kullanılacağı otomasyona geçirilmiş bir entegre haberleşme sistemi üzerinden sağlanmasıdır.

Kullanıcı birimlerin, teknolojik gelişmeler ışığında haberleşme ve bilgi sistemlerinin birbirine entegre edildiği yeni bir sisteme olan ihtiyacı ve gerekliliği tespit edilerek proje başlatılmaktadır [4]. Telli-Telsiz entegre haberleşme sistemlerinin sağlayacağı faydalar kısaca aşağıdaki başlıklar altında özetlenebilir;

- a. Telli-telsiz tamamlamasıyla kullanıcı birimlerin en alt seviyeden en üst merkez yönetim seviyesine kadar bütün birimler arasında telsizle ve telefonla haberleşebilecektir.
- b. Motorlu devriye araçlarında bulunacak bilgisayar terminali kullanılarak merkezi bilgisayarlara ulaşılabilecek ve veri paylaşımı, kimlik kontrolü, suç ve suçlu sorgulama, parmak izi ve eşkâl belirleme gibi hizmetler bilgisayarlar üzerinden yapılabilecektir.
- c. Motorlu devriye araçları ile yaya unsur hareketleri GPS (Global Positioning System) alıcıları aracılığı ile sistem merkezlerinde sayısal harita üzerinden izlenebilecektir.

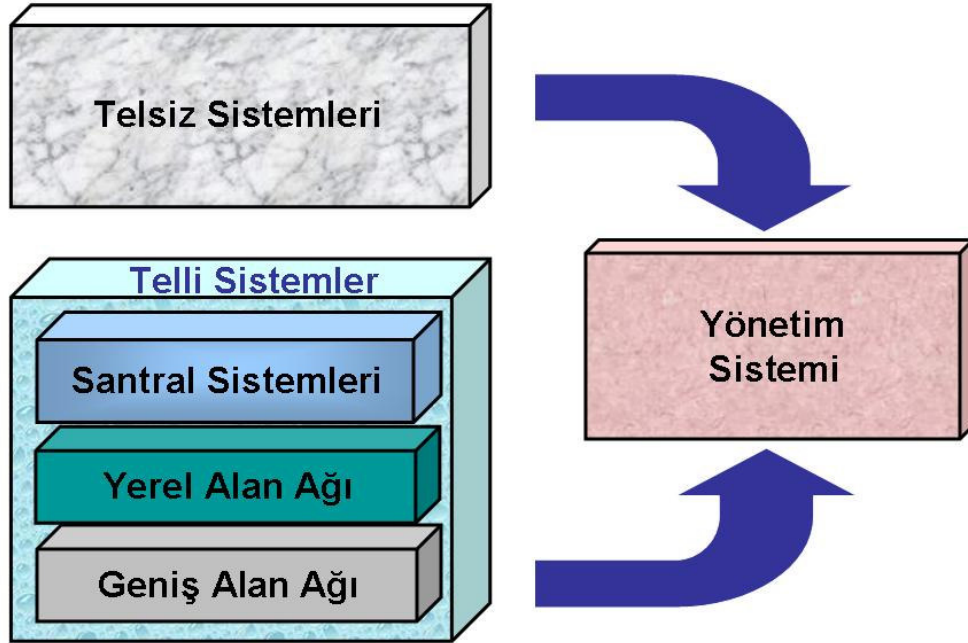
- d. Kullanıcı birimler arasında kurumsal elektronik posta ve intranetin alt birimlere yaygınlaştırılması ve otomasyona geçilmesi ile haberleşmede kırtasiye giderleri azalacak ve zaman kazanılacaktır.
- e. Sistemlerin işletmesi kolaylaşacak, telsiz kaplama alanları artacaktır.
- f. Telsiz sisteminde harekât, istihbarat, lojistik, idari, trafik gibi çevrim grupları oluşturulacak ve bu gruplar istenildiği takdirde birbirlerinin görüşmelerini dinleyemeyecektir.
- g. Telsizler üzerinden bireysel çağrı yapılabilecek, GSM (Global System for Mobile - Küresel Mobil İletişim Sistemi) cep telefonlarında olduğu gibi bu görüşme aynı kanal ve frekansta olsa dahi diğer kullanıcılar tarafından dinlenemeyecektir.
- h. Kurumların alt teşkilleri arasındaki haberleşme entegre telsiz sistemimiz üzerinden yapılacağından haberleşme giderlerinde büyük tasarruf sağlanacaktır.
- i. Yeni teknolojiler sisteme kolaylıkla entegre edilebilecektir.
- j. Sistemde yer alacak tüm cihazlar sayısal teknoloji ürünü olacaktır.
- k. Muhabere emniyeti; telsiz ve telli ortamda uçtan uca milli kript algoritmaları ile sağlanacaktır.
- l. Sistemler modüler yapıda olacak, gerektiğinde genişleyebilecek ve kurum ve kuruluşlarının sayısal sistemleri ile bütünleşebilecek ara yüzlere sahip olacaktır.
- m. Sistemde kullanılan mobil ve portatif cihazlar, çevre ve fiziksel özellikleri yönünden uluslararası standartlara uygun olacaktır.
- n. Sistem alternatif haberleşme yollarına sahip olacaktır [1].

Telli-Telsiz haberleşme sistemlerinde birbirine entegre edilebilecek cihaz çeşitleri

- a. Telefonlar, Cep telefonları,
- b. Uydu telefon ve yer terminalleri,
- c. Telsizler,
- d. Santraller, Ses kayıt cihazları
- e. Radyo link cihazları,
- f. Faks cihazları,
- g. Kripto cihazları,
- h. Anahtarlama cihazları,
- i. Bilgisayarlar,
- j. GPS alıcılarıdır [3].

Halen kurum ve kuruluşların kullanmakta olduğu mevcut haberleşme sistemlerinde sayısal telefon ve santralleri, çok kullanıcı ve kişisel bilgisayarlar, ses kayıt cihazları ve mobil haberleşme araçları ile sistem merkezlerinde kablolu ve yerel alan ağları tesis edilmiş olan sistemler yeni kurulacak Telli-Telsiz entegre haberleşme sistemlerine entegre edilerek kullanılmaya devam edilebilecektir. Telli-Telsiz entegre haberleşme sistemlerini birbirine entegre etmekte kullanılacak olan sayısal devreler özel kuruluşlardan veya kamudan tahsis edilerek kullanılabilir.

Telli-Telsiz entegre haberleşme sistemleri mimari yapısı, haberleşme ve bilgisayar sistemleri olmak üzere iki temel kısımdan oluşmakta ve Haberleşme Sistemleri, telsiz ve telli haberleşme ile yönetim sistemlerinden oluşan temel yapı Şekil 2.1’de gösterilmiştir.



Şekil 2.1 Telli-Telsiz Entegre Haberleşme Sistemleri Mimari Yapısı.

Haberleşme sistemi tasarlanırken ulaşılmaya çalışılan başlıca amaçlar şu şekilde sıralanabilir, veri hızının olabildiğince yüksek olmasını sağlamak, bit hatası olasılığının düşük olmasını sağlamak, gönderme gücünün olabildiğince düşük olmasını sağlamak, sistem band genişliğini küçük tutmak, sistem karmaşıklığının en az olmasını sağlamak ve maliyeti azaltmak, olabildiğince çok sayıda kullanıcının sistemden güvenilir şekilde yararlanmasını sağlamaktır [1].

2.2 BİLGİSAYAR SİSTEMLERİ

Bilgisayar sistemleri ile mesaj, rapor, yazı, resim, kroki ve grafik şeklindeki bilgilerin depolanması ve arşivlenmesi, gerektiğinde hızla sorgulanarak istenilen bilgilere ulaşılması, kullanıcı birimleri arasında süratli ve güvenli olarak alınması, gönderilmesi ve koordine edilmesi, sorgulama ve raporlamanın belirli formatlar içerisinde hızlı ve doğru olarak yapılabilmesi sağlanmaktadır [3].

Alt yapısı hazır olan bilgi bankasında toplanan bilgilerin gerçek zamanlı olarak güncelleştirilmesi sağlanacak, suç ve suçlular arasında ilişki kurulması, çeşitli suçların birbiri ile ilişkilendirilmesi, işlenen suçların nevilerine ve yöntemlerine göre istatistiklerin çıkarılması ve değerlendirilmesi yapılabilmektedir.

Bilgi sistemleri alt yapısı; yerel ve geniş alan ağ cihazları, çok kullanıcıli bilgisayar ve terminalleri, kişisel bilgisayarlar, motorlu devriye terminalleri, yazıcılar, kriptu cihazları vb. donanımlardan, bu donanımlara ait işletim sistemleri, çoklu ortam yazılımları, derleyiciler ile görev ihtiyaçlarına yönelik uygulamalara temel teşkil eden Coğrafi Bilgi Sistemi, Veri Tabanı Yönetim Sistemi, mesaj sistemi, Yönetim ve Kontrol Sistemi vb. yazılımlardan oluşmaktadır. Sistemin hayata geçirilmesi ile birlikte, değişik birimlerin çalışmalarına yönelik bilgi gereksinimleri tek kaynaktan çok kullanıcıya ve en kısa sürede karşılanarak en doğru şekilde sağlanabilmektedir [1] .

2.3 DÜNYADAKİ SİSTEMLER VE PROJE YAKLAŞIMLARI

Avrupa ve Amerika'daki Kamu Güvenliği'nden sorumlu birimler, kullanmakta oldukları sistemlerin çeşitli sebeplerden yetersiz kalması ve sayısal teknolojilerin gelişmesi ile yeni sistem arayışlarına girmiştir. Bu amaçla, çeşitli ülkelerde güvenlik kuruluşları yeni haberleşme sistemleri için çalışma grupları oluşturmuşlardır [3].

Yeni sistem arayışlarına yönelmenin temel sebepleri:

- a. Güvenilir ve hızlı veri haberleşmesinin sağlanması,
- b. Kriptolu haberleşme,
- c. Ülke içindeki tüm güvenlik gruplarının aynı altyapı üzerinden haberleşmesi,
- d. İleri teknolojiler ile frekans kaynaklarının daha verimli kullanılması şeklinde özetlenebilir. Ayrıca bu projeler incelendiğinde, her ülkenin güvenlik

kuruluşlarının, haberleşme sistemlerinin oluşturulması aşamasında milli kuruluşların koordinasyonunda çalışma grupları kurdukları ve sistem gereksinimlerini detaylı olarak tanımladıkları görülmüştür.

Gelişmiş ülkelerde; kamu güvenliğinden sorumlu tüm kuruluşlar (Emniyet birimleri, Jandarma, Sahil Güvenlik ve Sınır Koruma birlikleri) kamu hizmeti yapan ilk yardım ve itfaiye gibi mahalli idarelere bağlı bazı kuruluşları da kapsayacak şekilde ortak haberleşme sistemleri kurulmaktadır [1]. Böylece güvenlik kuruluşları ile kamu hizmeti yapan kuruluşlar arasında hızlı bir iletişimin sağlanmasının yanı sıra iletişim kaynaklarından da azami şekilde yararlanılmakta ve sistem dublikasyonları önlenmektedir. Sayısal teknolojilerin getirdiği tüm yeteneklerin kullanıldığı bu ortak sistemlerin halen ABD ile birlikte İngiltere, Fransa, Almanya, Belçika, Finlandiya, Hollanda ve Çek Cumhuriyeti gibi Avrupa ülkelerinde de kullanılmaya başlandığı ve bazı ülkelerde de kurulma aşamasında olduğu bilinmektedir. Bu Sistemler; Avrupa'da TETRA [5] ve TETRAPOL [6], ABD' de APCO-25 [7, 8], IDEN (Integrated Dispatch Enhanced Network) ve GEOTEK FHMA (Frequency Hopping Multiple Access), Güney Amerika'da IDEN, KANADA'da EDACS (Enhanced Digital Access Communications System) ve MEKSİKA'da TETRAPOL karşımıza çıkmaktadır. Bazı ülkelerdeki gelişmeler genel olarak incelenecektir.

İkinci nesil sayısal sistemler incelendiğinde birbirlerinden bazı noktalarda daha iyi, bazı noktalarda daha kötü sistemlerdir. Almanya ve İngiltere'nin başını çektiği sosyoekonomik grup Avrupa'da TETRAPOL'a karşı TETRA'yı savunmaktadırlar. MATRA ve AEG tarafından yönlendirilen FRANSA'nın başını çektiği sosyoekonomik grup ise TETRAPOL sistemini savunmaktadır [3]. MOTOROLA [7] Avrupa'da TETRAPOL sisteminin bir benzeri olan APCO-25 sistemini ABD ve Kanada'da yaygınlaştırılması için çalışmaktadır. Yine aynı MOTOROLA Güney Amerika bölgesi için IDEN sistemini pazarlamaktadır. Bu durum MOTOROLA'nın farklı ülkeler için farklı çözümler sunabilme ve değişik standartlara uygun sistemler üretebilme özelliğini öne çıkararak pazarda öncü olmasını sağlamaktadır.

Amerika Birleşik Devletleri (ABD): ABD'de, eyaletler ve hatta kasabalar seçimle işbaşına gelen mülki amirler tarafından yönetilmektedir. Bu mülki amirlikler bünyelerinde yönetime ilişkin birimleri bulundurmanın yanında, kamu güvenliği ve hizmeti alanındaki birimleri de (polis, ambulans, itfaiye gibi) bulundurmaktadırlar. Bu yapıdan dolayı tüm bu kolluk ve hizmet birimlerinin sevk ve idaresi bir harekât merkezi tarafından

yapılabilmektedir. Ülkede yangın, hırsızlık, gasp, sağlık ve benzeri herhangi bir durumda sadece bir adet başvuru makamı ve numarası (911) bulunmakta, gelen başvurular uzmanlar tarafından ilgili, alt birimlere yönlendirilmektedir. İdari yapının ortak olması sebebiyle haberleşme altyapıları da tek olarak kurulmakta ve işletilmektedir.

ABD'de haberleşme sistem ve cihazları üreten milli firmalar ile devlet içindeki asayiş ve emniyeti sağlamakla görevli kuruluşlar bir araya gelerek APCO yapısını oluşturmuşlardır. Ülkedeki tüm güvenlik kuruluşlarının kullanacağı haberleşme ve bilgi sistemleri ve bu sistemlerin nasıl kullanılacağı bu kuruluş tarafından tanımlanmakta ve bu tanımlar resmi standartlar olarak kullanılmaktadır. Bu ülkede daha önce APCO tarafından tanımlanan APCO-16 analog telsiz standardı ve sistemi kullanılmaktaydı. Ancak teknolojinin gelişmesi ve görev ihtiyaçları nedeniyle sayısal muhabere emniyetli APCO-25 sistemi tanımlanmış ve kullanılmaya başlanmıştır [8].

İngiltere: PSRCP (Public Safety Radio Communications Project-Kamu güvenliği telsiz haberleşme projesi), İngiltere'de HOME OFFICE tarafından projelendirilmiş bir haberleşme ve bilgi sistem projesidir [9]. Proje tanımlanması haberleşme firmaları ile birlikte yapılmıştır. Sistemin amacı, kamu güvenliği ve hizmeti alanında çalışan tüm kuruluşları yeni teknolojiye ve muhabere emniyetli ses ve veri iletim kapasitesine sahip entegre haberleşme ve bilgi sistem altyapısını oluşturmaktır. Sistem ihalesi yap, işlet, devret felsefesine göre yapılmıştır. Hükümet, ihaleyi alan konsorsiyum ile servis bazında anlaşma imzalayacak ve sistemin kullanıldığı oranda ödeme yapacaktır. Sistem işleticisinin, yeterli kalitede servis sunup sunmadığı ise hükümet tarafından kurulacak bir komisyon ile denetlenecektir.

Belçika: ASTRID projesi, Belçika Jandarma Genel Direktörlüğü tarafından başlatılmış bir projedir. Proje, ülke içerisindeki tüm kamu güvenliği ve hizmeti alanında çalışan kuruluşların ortak olarak kullanabileceği sayısal ve muhabere emniyetli bir haberleşme sisteminin kurulmasını amaçlamaktadır [10]. Belçika hükümeti başlangıçta, sistemin Jandarma tarafından kurulması ve işletilmesine karar vermişse de, daha sonra kurulacak sistemin işletilmesi ve idame ettirilmesi için devlete bağlı özerk bir kurum oluşturulmuştur.

Yapılan ihaleye iki adet konsorsiyum katılmıştır. Bu konsorsiyumlarda dikkati çeken her iki konsorsiyumun da, üç farklı firmadan oluşmasıdır. Ülkede telsiz haberleşmesi konusunda çalışan üretim yapan bir firma bulunmaması nedeniyle ve sistemin milli

firmalar tarafından kontrol edilebilmesi ve idame ettirilebilmesi için, firmalardan biri ülke dışında bulunan üretici bir firma, diğer ikisi ise, ülke içinde projenin uygulama ve entegrasyonunu geliştirmek amaçlı kurulmuş firmalar olarak seçilmiştir. Pilot sistem kurulmasına Ağustos 1998 de başlanmış ve Ekim 1999 da bitirilmiştir. Sistemin Ülke çapında kurulması ise Kasım 1999 ile Ekim 2001 tarihleri arasında yapılmıştır.

Finlandiya: VIRVE projesi de diğer projeler gibi, polis ve itfaiyenin kullanmakta olduğu mevcut analog sistemin sayısal sisteme dönüştürülmesi amacıyla başlamıştır [11]. İhaleye, Finlandiya hükümetinin, Milli bir üretici firma lehinde taraflı olması sebebiyle başka bir firma katılamamış ve ihale direkt olarak bu firmaya verilmiştir. Hükümet ihaleyi sistem bazında yapmış, terminal almak isteyen kuruluşların ihalelerini kendilerinin yapmasını istemiştir. Başlangıçta, sistemin polis tarafından işletilmesine karar verilmişse de daha sonra bir ihale ile işletici firma arama yoluna gitmiştir. Sistem tamamlandığında ülke çapında yaklaşık olarak 60.000 terminal tarafından kullanılacaktır. Yüklenici firma ile 1997 yılında anlaşma imzalanmış, sistem kurulması 1998 yılında başlamıştır, 2002 yılında sistem altyapısı tamamen kurulmuştur.

Hollanda: Hollanda Polisi tarafından yürütülen bir projedir. Polis, itfaiye, ambulans teşkilatı ve Jandarma tarafından kullanılacak ülke çapında kaplama alanı sağlayacak, sayısal ve muhabere emniyetli haberleşme sisteminin kurulması hedeflenmektedir [3]. Bütün bu kuruluşların ülke çapında kullanmakta olduğu 120 adet analog şebeke kaldırılacak, yerine yeni entegre sayısal sistem kurulacaktır. Proje çalışması polis teşkilatı içerisinde bulunan IT-Organisatie (Enformasyon Teknolojileri Organizasyonu) tarafından yapılmaktadır.

Analog sistemlerden entegre sayısal sisteme geçişte problemlerin yaşanmaması için çember modeli benimsenmiştir. Buna göre sistem kurma ülkenin bir kısmından başlayacak ve adım adım tüm ülkeye yayılacaktır. Sistem tanımlaması 1997 yılında tamamlanmıştır. İhaleye sunulan sistem çözümleri ülke içinde bir test laboratuvarı ve Üniversite tarafından test edilmektedir. Sistemin Eylül 1999'da Amsterdam'da ve 2002 yılı sonunda da tüm ülkede kurulum işlemleri tamamlanmıştır.

Fransa: RUBIS sisteminin planlanması 1984 yılında, Jandarma Genel Direktörlüğü tarafından başlatılmıştır. İhtiyaçların ve teknik özelliklerin belirlenmesi sonucunda sayısal bir telsiz sistemine geçmenin gerekli olduğu sonucuna varılmıştır. Sistem tasarımı ve

kurulması konusunda herhangi bir ihale yapılmamış, iş doğrudan milli bir firmaya verilmiştir.

Sistem tasarımı 1989 yılında başlamış, 1992-1994 yılları arasında Rouen bölgesinde prototip sistem kurulmuş ve testleri yapılmıştır. Sistemin ülke çapında kurulması 2000 yılı sonunda tamamlanmıştır. Şu anda Fransa Jandarma teşkilatında kullanılmakta olan analog SAFIR sistemi yerine, daha gelişmiş özelliklere sahip sayısal RUBIS sistemine geçiş çalışmaları gerçekleştirilmektedir. Jandarma tarafından kurulan RUBIS sisteminin bir benzeri de, polis tarafından kullanılmak üzere Fransız içişleri bakanlığı tarafından aynı milli firmaya ihalesiz olarak ACROPOL adı ile kurdurulmaktadır [6].

Çek Cumhuriyeti: PEGAS Sistemi sistem gereksinimleri, Çek Cumhuriyeti İçişleri Bakanlığı tarafından 1991 yılında hazırlanmış ve 1994 yılında ihale edilmiştir. Ülke içerisinde milli bir üretici firma bulunmaması nedeniyle yurtdışı satın alma yolu ile sistem kurulmuştur. Sistem Çek Cumhuriyeti İçişleri Bakanlığı'na işletilmektedir. Sistem altyapısı, ülke içindeki tüm güvenlik ve kamu hizmeti alanında çalışan kurumlar tarafından ortak olarak kullanılmaktadır.

BÖLÜM 3

HABERLEŞME SİSTEMLERİ

Haberleşme, temel ifadeyle bilginin bir noktadan başka bir noktaya taşınması işlemidir. Bu işlemi gerçekleştirirken bilginin taşınmaya uygun şekle getirilmesi gerekir ve bu amaçla bir takım işlemlere tabi tutulur. Bu işlemler kullanım amacına ve eldeki imkânlarla göre çok çeşitlilik gösterir. Günümüzde telli haberleşme sistemleri ile telsiz haberleşme sistemleri, sabit haberleşme sistemleri ile gezgin haberleşme sistemlerinin ayrımını yapmak, hangisinin nerede başlayıp, nerede bittiğini belirlemek mümkün olmamaktadır. Bu bölümde geleneksel ayrıma bağlı kalınarak haberleşme sistemlerinin alt yapısını teşkil eden Telli-Telsiz haberleşme sistemleri genel olarak incelenmektedir.

3.1 TELLİ HABERLEŞME SİSTEMLERİ

Telli haberleşme sistemleri adından da anlaşılacağı üzere iletim ortamı olarak telli hatları kullanan sistemlerdir [12]. Temel telli sistem teknolojileri; ISDN (Integrated Services Digital Network) ve ATM (Asynchronous Transfer Mode) gibi teknolojilerde bu bölümde anlatılmıştır. Temel olarak, telefon şebekeleri, Kablo TV şebekeleri, ISDN, PABX, ATM ve Frame Relay teknolojileridir.

Bu teknolojilerin uygulandığı telli sistem çözümleri kapsamında firmalardan PCM (Pulse Code Modulation) anahtarlama ISDN Santral ve IP santral olarak çözüm önerileri incelenmiş olup, ALCATEL, ERICSSON, NETAŞ ve SIEMENS firmaları PCM anahtarlama ISDN santralleri önermektedir. Bu firmalar ISDN santrale kart ilavesiyle (IP abone kartı) IP telefonların kullanılabileceğini belirtmektedirler. CISCO firması LAN kablolarının (CAT-5) ve Ethernet Switch'i kullanabilen paket anahtarlama IP telefon santrallerini önermektedir. IP telefon santralında kablolar ve Ethernet switch'e ilaveten Call Manager (PC + santral yazılımı) ile IP telefon setleri kullanılmaktadır. IP santraller paket anahtarlama olarak çalıştığı için analog telefon makineleri ve diğer bir kısım telefonlar yeni sistemde kullanılamayacaktır [3].

3.1.1 Santraller

PCM Anahtarlamaalı ISDN Uyumlu santraller, 1980'li yılların ortalarından itibaren kullanılmaya başlanmıştır. Halen en yaygın olarak kullanılan santral türüdür. Temel olarak devre anahtarlama mantığında ve 64 Kbit/sn tabanında anahtarlama ile çalışmaktadır. Abone ve Trunk bağlantılarında, ISDN protokolü kullanılmakta ve kullanıcıya ISDN protokolünün getirdiği imkânları (Görüntülü haberleşme, bir bağlantıda birden fazla kanal tahsis edilebilmesi-Point to Multi Channel Services v.b.) sunabilmektedir.

IP (Internet Protokol) santraller isminden anlaşılacağı üzere Internet protokolünü kullanan santrallerdir. Henüz çok yeni bir teknoloji olmasına rağmen firmalar tarafından standartları oluşturulmaya ve geliştirilmeye devam edilmekte, pazarda ürün yelpazesine çok sık rastlanılmaktadır. IP santraller paket haberleşme mantığında çalışmakta LAN (Local Area Network) kabloları üzerinden ve Ethernet Switchler kullanılarak hizmet vermektedirler.

ISDN uyumlu santraller WAN'e (Wide Area Network) çıkarken ses taşıma teknikleri olarak VoIP (voice over IP), VoFR (voice over frame relay), VoATM (voice over ATM) tekniklerini kullanılabılırken, IP santraller ise yalnızca ses taşıma tekniği olarak VoIP kullanılmaktadırlar. Ayrıca bu taşıma teknikleri ile birlikte ses sıkıştırma algoritmaları da kullanılmakta, Network'un band genişliğine göre ve istenilen ses kalitesine göre sıkıştırma algoritmaları yazılım konfigürasyonu değişikliği ile seçilebilmektedir [3].

3.1.2 Network Sistem Çözümleri

LAN ve WAN sistemleri konusunda, ALCATEL, CISCO, ERICSSON, BİLTAM, MOTOROLA, NETAŞ ve SIEMENS firmalarının çözüm önerileri bulunmaktadır [3]. Entegre haberleşme sistemlerinin mimari yapısı içerisinde yer alabileceği değerlendirilen sistemlerin detaylı incelenmesi sonucunda; Network sistemlerinde kullanılan teknolojilerden entegre haberleşme sistemlerinde kullanılması düşünülenler aşağıda kısaca açıklanmıştır [8].

WAN Sistemleri

X.25, bulut teknolojisine dayanan ve paket anahtarlamaalı ağ üzerinden senkron veri aktarımını sağlayan bir ara yüz tanımıdır [13]. Hizmet kalitesinin fazla önemli olmadığı en ekonomik veri aktarım ortamını sunar. X.25'in kendisi bir bulut teknolojisi olmayıp,

yalnızca paket anahtarlama ağı ile kullanıcı sistemi arasında bir ara yüz tanıdır. X.25 ile 64 Kbit/sn hızına kadar çıkabilmektedir. Hata sezme ve hata düzeltme özellikleri bulunmaktadır. X.25 , 1974-75 yılları arasında ITU-R (International Telecommunication Union-Radio - Uluslararası Telekomünikasyon Birliği-Radyo) tarafından kullanıcı sistemi ile paket anahtarlama ağı arasında bir ara yüz tanımlaması olarak önerildi [14]. Uzun süre çok değişik uygulamalarda bir WAN bağlantısı olarak kullanıldı, halen de kullanılmaktadır. Fiziksel seviyede kötü olan hatlar için çok uygundur. Fakat hata bulma ve düzeltme mekanizmaları performansı düşürür. Port ve band paylaşımı sağlar. PVC (Permanent Virtual Circuit) ve SVC (Switch Virtual Circuit) olarak adlandırılan sanal ağlar kullanır. QoS (Quality of Service) desteği yoktur, dolayısı ile gerçek zamanlı ses trafiği için uygun değildir [15].

FR (Frame Relay) paket anahtarlama bir WAN teknolojisidir [13]. Geliştirilmesindeki esas amaç WAN bağlantılarında ihtiyaç duyulan yüksek band genişliğinin, hizmet kalitesini de artırarak, maliyetleri fazla yükseltmeden gerçekleşmesini sağlamaktır. Genel olarak bakıldığında FR' in mimarisi ve işlevi X.25'e benzer X.25'ten daha basittir. Buna rağmen daha yüksek hızlara çıkabilmekte ve daha kaliteli bir servis sunabilmektedir. Hata bulma ve düzeltmeyi daha üst protokollere bırakır. CIR (Commitment Information Rate) ve EIR (Excess Information Rate) parametreleri ile QoS sağlanır. Fiziksel seviyede kaliteli hatlar gerektirir. Paket boyu değişken olup her paket için 2 byte başlık bilgisi kullanır. Avrupa standartlarında bu hız 64 Kbps (Kilobytes per second)'den başlar, 2.048 Kbps 'e (E1) kadar gider. PVC ve SVC olarak adlandırılan sanal ağlar kullanır.

ATM ses, veri ve video gibi değişik türdeki bilgilerin aynı ortamdan hızlı bir şekilde iletilmesini sağlayan bir anahtarlama/çoğullama teknolojisidir. LAN, WAN ve kampüs uygulamalarında omurga ağı olarak hızlı ve başarımlı yüksek kullanıcı sayısından bağımsız bir ağı çözümü sunar [12]. Güçlü bir başarımlı, güçlü bir anahtarlama alt yapısı ve farklı türlerdeki trafik gereksinimi olan uygulamaların tek bir ağı üzerinde çalışabilmesini sağlar. Veriyi 53 byte'lık sabit hücrelere (Cell) bölerek gönderir. Her bir hücre 5 byte'lık başlık bilgisi içerir [16]. Başlık bilgilerinde adresleri ve paket önceliklerini belirler. ATM yüksek hızlı hatlarda çalışmak üzere tasarlanmış bir protokol olup 34 Mbit/sn'nin altındaki hızlarda kullanılmaması tavsiye edilmektedir. Bu da ATM protokolünün yüksek overhead'inden (başlık bilgisi) kaynaklanmaktadır. VPI (Virtual Path Identifier) ve VCI

(Virtual Channel Identifier) tanımlamaları yapılır. QoS (servis kalitesi) çok iyi bir şekilde sağlanır [12].

LAN Sistemleri

ATM, WAN teknolojilerinde anlatıldığı üzere ATM protokolü, LAN uygulamalarında da kullanılmaktadır.

ETHERNET, CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection) veya IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineering) 802.3 standardının kullanıldığı bir LAN teknoloji standardıdır. Günümüzde LAN uygulamalarında en çok kullanılan ve tercih edilen teknolojidir. Ucuzluğu, kurulum kolaylığı, değişik hızlarda uygulama çeşitliliği olması Ethernet'i bugünkü konumuna getirmiştir. Ethernet denildiğinde 10 Mbps'lık(Megabytes per second) band genişliği akla gelir. Fast Ethernet (100 Mbps), Gigabit Ethernet (1000 Mbps) gibi değişik hızlarda uygulamaları mevcuttur [13].

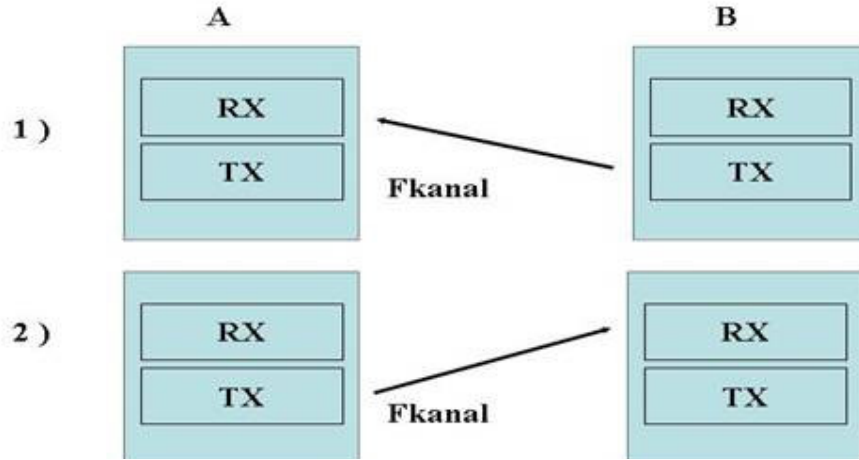
3.2 TELSİZ HABERLEŞME SİSTEMLERİ

Günümüzün artan haberleşme ihtiyacına paralel olarak, elektromanyetik bir dalganın bir gönderici yardımıyla iletilip, antene bağlı bir alıcı tarafından alınması esasına dayanan telsiz haberleşmesi her geçen gün önem kazanmaktadır. Mobil iletişim sistemleri, bireysel iletişim ihtiyaçlarımızı karşılayarak hayatı kolaylaştırmasının yanında, kamu güvenliğinin sağlanması açısından da çok önemli bir işleve sahiptir [1].

Telsiz Haberleşmesi, yalnızca haberleşme gereksiniminin artmasına paralel olarak değil aynı zamanda Mobility özelliğinden ötürü tercih edilmekte ve hızla gelişmektedir. Bu gelişme telsiz kullanıcı sayısının artmasının ya da frekans spektrumunun kullanımının gözlenmesiyle anlaşılabilir. Telsiz haberleşme sistemlerinde iletilmek istenen bilgi (ses veya veri), taşıyıcı görevi yapan elektromanyetik bir dalga sayesinde iletilir. Belli bir frekanstan gönderme ile yayınlanan bu dalga, bir anten vasıtasıyla almaca aktarılır. Almacıta elde edilen bilgi ses ise bir hoparlöre, veri ise başka bir dış birime (yazıcı, veri terminali vb.) gönderilir ve bu yolla iletişim gerçekleşir [16].

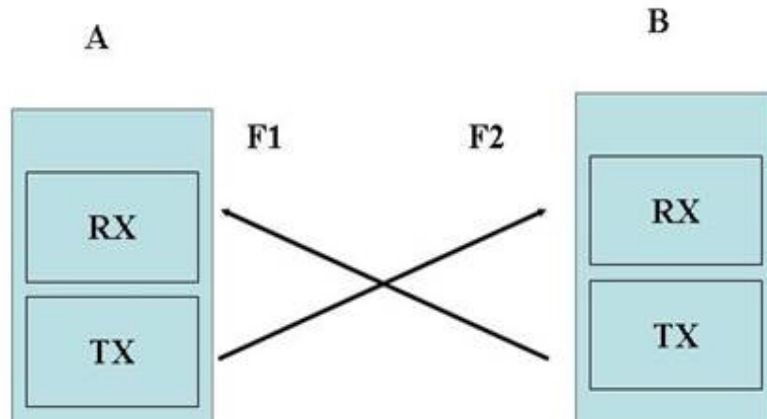
Telsiz haberleşmesi ile ilgili önemli bir nokta da, telsizlerin alma ve gönderme sırasında dubleks, yarı dubleks veya simpleks çalışma modlarında aynı frekansı veya farklı frekansları kullanmalarına göre değişik biçimlerde çalışmalarıdır. Telsizlerin, alma ve

göndermede aynı frekansı kullanarak çalışmasına simpleks çalışma (Şekil 3.1); farklı frekanslar üzerinden sıralaşmalı çalışmasına dubleks çalışma adı verilmektedir. Yarı dubleks (Şekil 3.2) ve tam dubleks (Şekil 3.3) olmak üzere iki çeşit dubleks çalışma şekli ve Röle (Tekrarlayıcı) Haberleşme Yapısı (Şekil 3.3) vardır [17].



Şekil 3.1 Simpleks Haberleşme Yapısı.

Örnek senaryo ile olayı simpleks haberleşme yapısını gerçekleştirdiğimizde (Şekil 3.1); B Gönderme yaparken A Alma durumundadır (1), A Gönderme yaparken B Alma durumundadır (2), Yani her iki tarafında ya Alma devreleri (RX) ya da gönderme devreleri (TX) çalışmaktadır. Bir başka tanıma göre $F_{alma} = F_{gönderme} = F_{kanal}$



Şekil 3.2 Yarı Dubleks Haberleşme Yapısı.

Örnek senaryo ile Yarı Dubleks haberleşme yapısını gerçekleştirdiğimizde (Şekil 3.2);

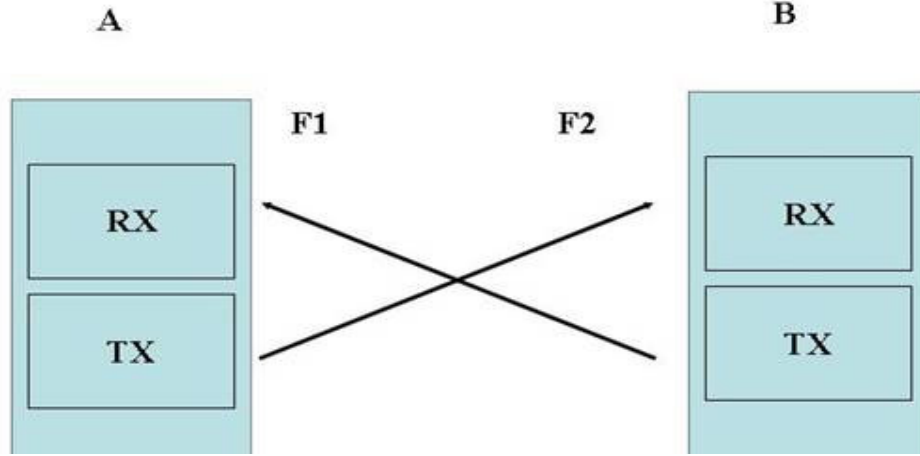
A F2 frekansından Gönderme yaparken, B aynı frekans da alma yapmaktadır.

B F1 frekansından gönderme yaparken, A aynı frekansta alma yapmaktadır.

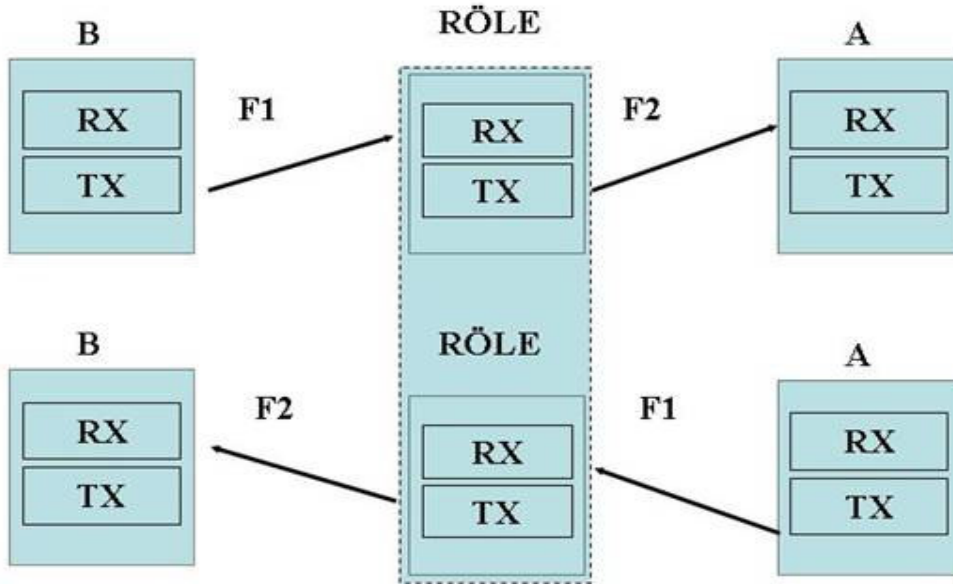
Alma ve Gönderme frekansları farklı olan simpleks çalışma gibidir.

A için $F_{\text{alma}}=F1, F_{\text{gönderme}}=F2$

B için $F_{\text{alma}}=F2, F_{\text{gönderme}}=F1$



Şekil 3.3 Tam Dubleks Haberleşme Yapısı.



Şekil 3.4 Röle (Tekrarlayıcı) Haberleşme Yapısı.

Örnek senaryo ile Yarı Dupleks haberleşme yapısını gerçekleştirdiğimizde (Şekil 3.3);
A ,F2 frekansından Gönderme yaparken, aynı anda F1 frekansında Alma da yapmaktadır
B, F1 frekansından Gönderme yaparken, aynı anda F2 frekansında Alma da yapmaktadır.
Yani her iki tarafında alma devreleri (RX) ve gönderme devreleri (TX) aynı anda çalışmaktadır.

A için $F_{\text{alma}}=F1$, $F_{\text{gönderme}}=F2$ B için $F_{\text{alma}}=F2$, $F_{\text{gönderme}}=F1$

Örnek senaryo ile yarı dupleks haberleşme yapısını olayı gerçekleştirdiğimizde (Şekil 3.4);
B, F1 frekansından gönderme yaparken, Röle aynı frekansta aldığı yayını F2 frekansından
A ya tekrarlar.

A ,F1 frekansından gönderme yaparken, Röle aynı frekansta aldığı yayını F2 frekansından
B ye aktarır.

A ve B yarı dupleks çalışmaktadır.

A ve B için : $F_{\text{alma}}=F2$, $F_{\text{gönderme}}=F1$

RÖLE tam dupleks çalışmaktadır.

RÖLE için : $F_{\text{alma}}=F1$, $F_{\text{gönderme}}=F2$

Telsiz sistemleri çalışma özelliklerine göre iki temel gruba ayrılabilir:

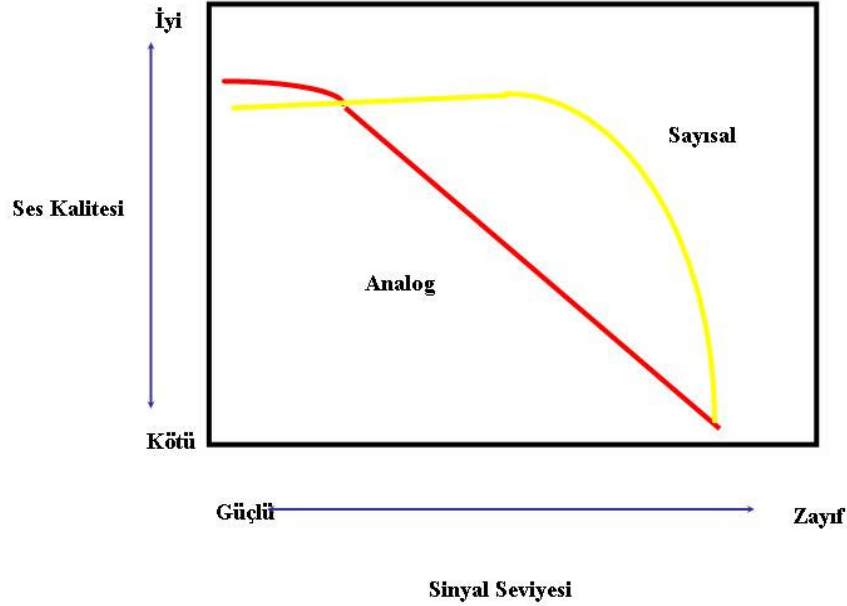
- Konvansiyonel Sistemler
 - Tek Röleli Sistemler
 - Geniş Alan Kaplama Sistemleri
- Trunk Sistemleri
 - Tek Siteli Sistemler
 - Geniş Alan Sistemleri

3.2.1. Sayısal Telsiz Sistemleri

Sayısal sistemlerin analog sistemlerden üstün yönleri vardır. Bunların başında, gürültü seviyesi eşik değerinin üstüne çıkmadıkça sinyalin hatasız iletilmesi gelir. Buna karşılık analog durumda sinyalin üstüne her zaman gürültü biner ve sinyali bozar [17]. Şekil 3.5’de sayısal ve analog ses sinyalinin kıyaslaması görülmektedir.

Diğer avantajları ise modeme gerek duyulmadan veri aktarılabilmesi ve sayısal sinyaller daha kolay işlenebildiği için kolay trunking yapabilmesidir. [17]. Ayrıca sesin sayısallaştırılması çok verimli sıkıştırma tekniklerinin kullanımına da olanak tanır. Böylece

spektrum verimliliği de artırılır. Sayısal sistemler analog sistemlere göre başlangıçta pahalı gözükmese de, verdikleri kaliteli hizmet, verimlilik ve esnek yapıları nedeniyle tercih edilmektedir [17].



Şekil 3.5 Analog Ve Sayısal Ses Kalitesi.

3.2.2. Konvansiyonel Sistemler

Konvansiyonel sistemler, bir çevrim içindeki bütün kullanıcıların aynı kanalda beklediği ve bu kanaldan alma gönderme yaptığı sistemlerdir. Sistemde herhangi bir kanal anahtarlama mantığı ve trafik-kontrol kanalı ayrımı yoktur. Tüm kanallar hem kontrol sinyalleşmesi hem de haberleşme trafiği için kullanılır. Bir telsizin görüşme mesafesi telsizin çıkış gücü ile sınırlıdır ve bu mesafe iklim/coğrafik şartlarla orantılıdır. Bu görüşme mesafesi araya bir adet tekrarlayıcı telsiz konularak artırılabilir. Bu tür sistemler tek röleli sistemlerdir [3].

Kapsama alanını genişletmek için birden fazla tekrarlayıcı Telli-Telsiz hatlar ile birbirine bağlanır. Bu tip telsiz haberleşme sistemlerine Geniş Alan Kaplama Sistemleri adı verilmektedir. Konvansiyonel telsiz sistemleri ile kullanıcı gruplarına özel bir frekans kanalının tahsis edildiği ve bu kullanıcı grubu tarafından işletilen geleneksel VHF/UHF

telsiz sistemleri kastedilmektedir. Genellikle grup görüşme yapan kullanıcılar için uygun olan bu sistemlerde, kullanıcılar grup içerisindeki haberleşmeyi sağlamak için kendilerine tahsisli olan kanaldan alma-gönderme yaparlar ve bir telsizin gönderdiği ses bilgisi gruptaki tüm telsizler tarafından dinlenir. Anında, gerçek zamanlı, esnek, mobilitesi yüksek bir haberleşme sağlayan bu telsiz sistemleri, olağanüstü hallerde kullanımı en yaygın sistemlerdir.

Konvansiyonel telsiz sistemleri, gizlilik arz eden haberleşmeler için çok güvenli olmamakla beraber kullanıcıya özel olarak verilen kod (ton, kimlik vb.) uygulamasıyla bireysel görüşmelere olanak tanımaktadır. Konvansiyonel telsiz sistemleri kullanım yer ve amaçlarına göre özellikle Avrupa’da PMR (Private Mobile Radio (Kapalı Kullanıcı Telsiz)) ve PAMR (Public Access Mobile Radio (Erişimi Herkese Açık Telsiz)) olarak isimlendirilmektedir. Türkiye’de, 30-175 MHz ve 400-470 MHz frekans aralıkları Avrupa’ya paralel olarak PMR ve PAMR kullanımlarına ayrılmıştır [27].

3.2.3. Trunk Sistemler

Konvansiyonel telsiz sistemlerinde kanallar sürekli olarak kullanılmamaktadır. Bundan ötürü farklı kullanıcılara yeni kanallar verilmeksizin varolan kanalları zaman paylaşımı kullanılarak frekans spektrumu daha verimli kullanılabilir. Bu çözüm Trunk telsiz sistemidir.

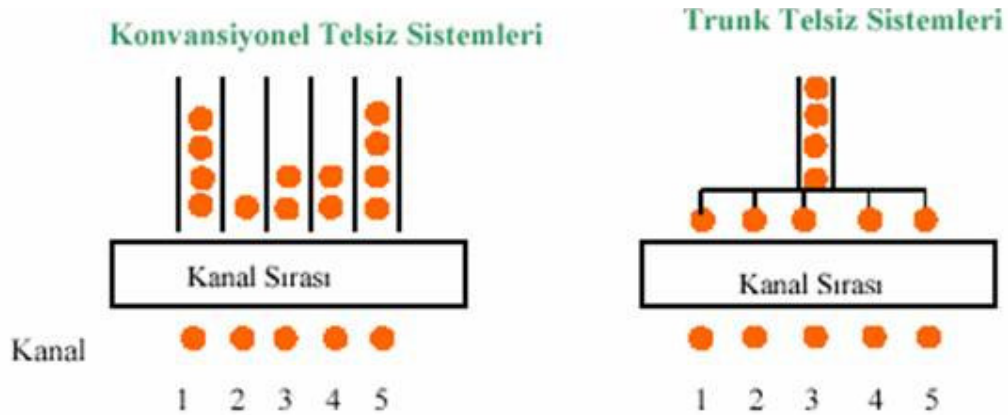
Trunk Telsiz Sistemi bir akıl etrafında toplanmış birden fazla kanallı konvansiyonel telsiz sistemi olarak düşünülebilir. Kanallardan birisi sistem ve telsizler arasında işaretleşme için kullanılır ve kontrol kanalı olarak adlandırılır. Diğer kanallar ses veya veri haberleşmesi için kullanılır ve trafik kanalı olarak adlandırılır [18]. Telsizler sisteme kontrol kanalındaki sinyalleşme aracılığıyla ulaşırlar. Haberleşme istekleri sistem tarafından değerlendirilir ve kontrol kanalı üzerinden telsizlere bildirilir. Sinyalleşme Trunk telsiz sisteminin performansını önemli ölçüde belirler. Kullanılan sinyalleşme yöntemi telsizleri koordine etmeli ve isteklerinin en kısa zamanda anlaşılmasına olanak vermelidir [18].

Trunk telsiz sisteminde telsiz kullanıcıları görüşmek istedikleri telsiz kullanıcılarını ya da grubu sisteme bildirir. Kontrol kanalından gelen istekleri değerlendiren Trunk telsiz sistemi ses veya veri haberleşme isteğine boş olan trafik kanallarından birisini atar. Görüşme bitimine kadar kanal görüşme isteğinde bulunan telsiz ve görüşülmek istenen

telsiz veya grup tarafından kullanılır. Kullanılan trafik kanalı görüşme bitimi sonunda boş trafik kanalı listesine dahil edilir ve yeni bir istek için kullanılabilir [18].

Trunk telsiz sistemi içindeki trafik kanallarının tümü kullanımdayken gelen veri veya ses haberleşme istekleri kanal sırasına alınır. Trafik kanallarından biri boşaldığında sırada bekleyen isteklerden birisi için kullanılır. Telsizler, istekleri sırada bekletildiği için isteklerini tekrar tekrar bildirmezler. Konvansiyonel Telsiz Sisteminde olduğu gibi kanalın başka telsizler tarafından kullanılıp kullanılmadığını gözlemeye (monitör etmeye) gerek yoktur. Trunk telsiz sisteminde sırada bekleyen telsiz istekleri "ilk giren ilk çıkar" mantığıyla boşaltıldığı için konvansiyonel telsiz sisteminde olduğu gibi kanalı boş bulan ilk telsiz kullanıcısı için değil ilk istekte bulunan telsiz kullanıcısının isteği için kanal kullanıma alınır. Kullanıcılara farklı öncelik seviyeleri verilebilir.

Trunk telsiz sisteminin getirdiği faydalar arasında kanal verimliliği en önemli yeri tutar. Konvansiyonel telsiz sistemlerinde birbirinden izole kullanıcı gruplarının ellerinde bulunan kanalları sürekli kullanmadıkları, bu nedenle bir kanalda aşırı yoğunluk varken diğer kanalların boş kalabildiği sık rastlanabilen bir durumdur. Trunk Telsiz sistemi kanal kullanım kapasitesini telsiz kullanıcıları arasında eşit oranda dağıttığı için Şekil 3.6'da görüldüğü gibi kanal kullanım ve frekans verimliliğini artırır.



Şekil 3.6 Konvansiyonel ve Trunk Telsiz Sistemleri Kanal Kullanımı.

Çok kullanıcılı telsiz sistemleri kullanım yerine ve amacına göre çeşitli şekillerde isimlendirilmiştir. Bu isimler Avrupa'da PMR ve PAMR, Amerika'da ise SMR (Specialized Mobile Radio) ve ESMR (Enhanced Specialized Mobile Radio) olarak

sayılabilir. Amerikan kullanımı, SMR/ESMR, sistemi diğer kablosuz haberleşme sistemlerinden ayırmak amacıyla “özel amaçlı” anlamında kullanılmaktadır [4].

3.2.4. PAMR Telsiz Sistemi

PAMR sistemleri konuşma kanallarının birden fazla kullanıcı grubu tarafından ortak kullanıldığı sistemlerdir. PAMR telsiz sistemleri genel olarak ticari amaçlı sistemlerdir, özel bir operatör tarafından yönetilirler ve altyapı sorumluluğunu bu operatör üstlenir. PAMR sistemlerinde genellikle küçük kullanıcı grupları bir araya gelerek sistem kaynaklarını ortaklaşa kullanmaktadırlar. Kullanıcı grupları farklı tipte olabilir ve bu grupların ilişkili olması gerekmemektedir. Genellikle, farklı tipteki gruplar arası haberleşme amaçlanmamaktadır. PAMR kullanıcıları az sayıda telsizleri ve sınırlı ölçüde ihtiyaçları için altyapı maliyetini üstlenmek istemezler. Bu nedenle PAMR sistemlerini tercih ederler [4, 27].

3.2.5. PMR Telsiz Sistemi

PMR sistemleri ise kullanıcı gruplarına özel olarak kanal tahsis yapılan sistemlerdir. Bu sistemde, kullanıcı gruplarına simpleks, yarı dubleks ve imkân dahilinde tam dubleks modlarda telsiz hizmeti verilir. PMR telsiz sisteminde, PAMR’daki gibi özel bir operatör bulunmamaktadır [4, 27]. PMR kullanıcısı kendi kurduğu ve kendi işlettiği telsiz sistemini yine kendi kullanıcı grubu içerisinde kullanır. Birbiriyle bağlantılı kullanıcı gruplarına hizmet verilen PMR kullanımları da mevcuttur. PMR kullanıcı gruplarının başında kamu güvenliği kuruluşları ile diğer kamu kuruluşları yer almaktadır [4, 27].

PMR Gereksinimleri: Bir PMR sistemin gereksinimlerini çok basitçe, kullanıcıların birbiriyle güvenilir şekilde haberleşebilmesini sağlamakta toparlayabiliriz. Bunu biraz açmak istersek aşağıdaki temel özellikleri sıralayabiliriz.

Güvenirlilik: Birçok PMR servisi kritik sistemlerde kullanılır. Bu bakımdan servislerin kesintisiz var olması sistem açısından büyük önem taşır.

Ses ve Veri Gönderebilme: Veri iletimi, araç takip, kimlik sorgulama gibi birçok alanda yararlanılan bir servistir. Veri servisleri geliştikçe bu servisleri kullanan uygulamalar da gelişme göstermektedir. Ses görüşmesi, şüphesiz, bir telsiz sistemi için kaçınılmazdır.

Merkezi ve Direkt Mod Çalışma: Birçok durumda kullanıcıları düzenlemek veya geniş kaplama alanı sağlamak gibi amaçlarla merkezi yapıya ihtiyaç duyulmaktadır. Ancak hiçbir altyapının bulunmadığı durumlarda da haberleşebilmek açısından direkt mod çalışma önem taşır.

Bireysel, Grup ve Anons Çağrı: Kullanıcıların doğrudan bilgi paylaşabilmeleri için esnek bir grup çağrı yapısı PMR sistemler için gereklidir. Bu bakımdan sistemde bireysel çağrının yanı sıra tanımlı bir kullanıcı grubuna ve tüm terminallere çağrı yapabilme yeteneği de olmalıdır.

Hızlı Çağrı Kurma: Çağrı kurmak için bir numara çevirmektense PMR sistemler genellikle PTT (push-to-talk) kullanırlar. Bu sayede çağrı kurmak için bir gecikmeye ihtiyaç duyulmaz. Bu, kamu güvenliği için, özellikle acil durumlarda, çok önemlidir.

Kaplama Alanı: PMR kullanıcılarının çağrı yapacakları yeri seçme şansları yoktur. Bu bakımdan sistemin geniş kaplama alanına sahip olması ve ölü bölgelerin de en aza indirilmesi gerekir.

Uzun Pil Ömrü: Sistemin güvenilir çalışması ve kullanıcıların çok sık pil şarj etmelerinin gerekmemesi açısından uzun pil ömrü önem taşımaktadır.

Esneklik: Esneklikle kastedilen, sistemin gelecekte doğacak ihtiyaçlara cevap verebilecek ölçüde geliştirilebilir yapıda olmasıdır.

Düşük Maliyet: Sistemin hem ilk kurulumdaki hem de kullanım sırasında bakım-onarım maliyetlerinin düşük olması şüphe götürmez bir tercih sebebidir. Bu sayılan temel özelliklerin yanında özellikle kamu güvenliği sistemlerinde ihtiyaç duyulan diğer gereksinimler aşağıdaki gibidir.

Güvenlik: Güvenlikle kastedilen sistem içerisinde akan bilginin yetkisiz kişilerin eline geçmemesidir. Kriptolu haberleşme özellikle önemlidir.

Öncelik: PMR operatörleri belli kullanıcılara veya belli servislere öncelik verebilirler. Örneğin bir acil çağrının diğer çağrılardan öncelikli olması düşünülebilir.

Şebekeler Arası Haberleşme: Çok geniş kullanım alanları düşünüldüğünde sistemin farklı yerlerinde farklı şebekeler kullanıp bu şebekelerin birbirine bağlanması

düşünülebilir. Birçok durumda telefon ve/veya veri şebekelerine bağlantı oldukça kullanışlıdır.

Sistem İçi Kontrol: PMR kullanıcıları için sistemi kendilerinin kontrol etmeleri sistem güvenliği, maliyet kontrolü ve servis garantisi açısından önemlidir.

Yukarıda bahsedilmeyen bir gereksinim ise kapasite veya kaynakların verimli kullanımınıdır. Bunun için özellikle şehirler gibi trafiğin yüksek olduğu alanlarda kanal aralığının düşük olması spektrum verimliliği açısından önem taşır.

Sistem Standartları: Sayısal PMR sistemlerine geçilirken, özel ürünlerden açık standartlara uyan, dolayısıyla farklı üreticilerin ürünlerini birlikte kullanma imkânı veren sistemlere doğru bir eğilim görülmektedir. Açık standartlara geçiş TETRA’da olduğu gibi üreticiler ve operatörler tarafından veya APCO-25’te olduğu gibi kamu tarafından sağlanmaktadır.

Sistemlerin “Açık Standart” özelliğine sahip olmaları sistem seçiminde büyük önem kazanmıştır. Açık standart sistemler, alıcılara “piyasadan kolay temin edilebilen hazır ürünler” (off the shelf products) bulma avantajını sunmaktadır. Bu sebeple müşteri, fiyat-performans açısından ileride tek üreticiye bağlı kalmamak ve alternatif seçebilme esnekliğini elinde bulundurmak açısından açık standart ürünleri tercih etmektedir. Telsiz sistemlerinin standartlaştırılmasıyla ilgili çalışmalar ABD’de ANSI (American National Standards Institute), Avrupa’da ise ETSI (European Telecommunications Standardisation Institute) tarafından yürütülmektedir [19, 25].

3.2.6. Dünyada Kullanılmakta Olan Sayısal Sistemler

EDACS: EDACS (Enhanced Digital Access Communications System) Ericsson’a özel sayısal PMR sistemidir. İlk kez 1980’lerin sonunda kurulan bu sistem kamu güvenliği alanında uygulama bulmuştur [20].

Geotek-FHMA: Bu sistem FDMA tabanlı ve frekans atlamalı bir sistemdir. (FHMA:Frequency Hopping Multiple Access).

IDEN: IDEN (Integrated Dispatch Enhanced Network) MOTOROLA’ya özel bir sistemdir. Modülasyon tekniği olarak 16-QAM kullandığı için spektrumu çok verimli

kullanır ve 25 KHz içine 6 ses kanalı sığdırır. Dünyada birçok uygulamasına rastlanmasına rağmen Avrupa’da hiç IDEN sistem yoktur [6].

TETRAPOL: TETRAPOL, sayısal FDMA bir sistemdir. Ancak ETSI tarafından onaylanan bir standart olmadığı için Avrupa ülkeleri tarafından tercih edilmemektedir. Yine de Fransa, İspanya ve Avusturya gibi ülkelerin güvenlik güçleri tarafından kullanılmaktadır [6].

SAGE2000: SAGE2000, sayısal FDMA bir telsiz sistemidir. Hava ara yüzü ASELSAN tarafından geliştirilmiştir. Sayısal/Kriptolu SK2 sisteminin geniş alan kaplama uygulamasıdır. Saydığımız bu sistemlerin hiçbirisi açık standart olma özelliğini sağlamamaktadır. Bu özelliği sağlayan sistemler APCO-25 ve TETRA sistemleridir [3].

3.2.7. APCO-25 Haberleşme Sistemi

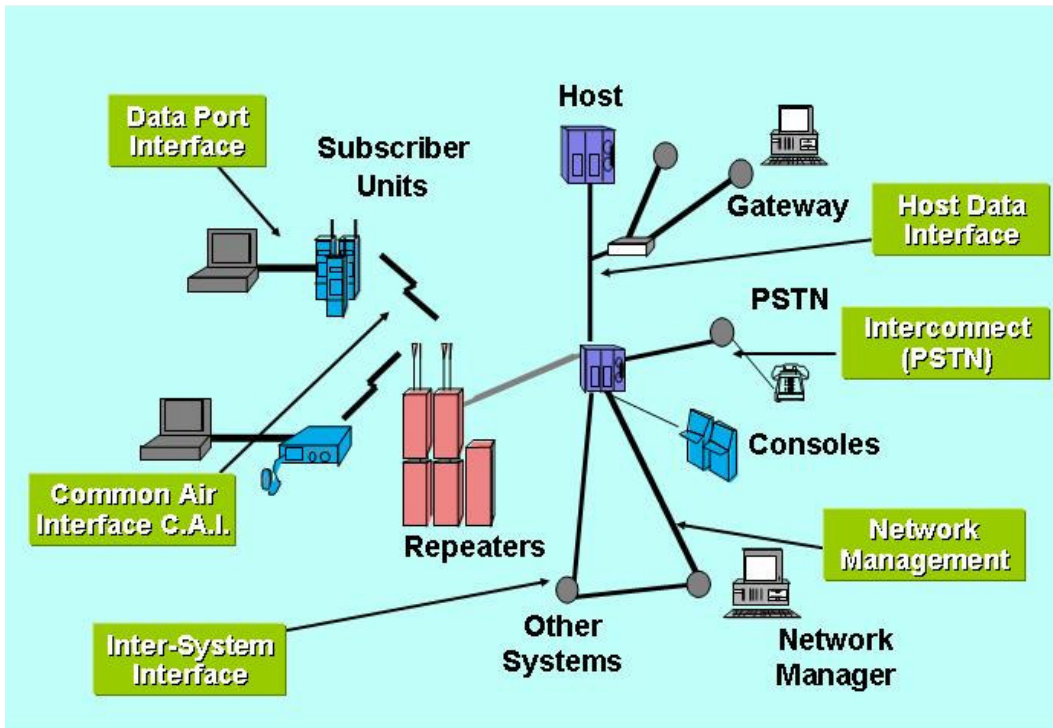
APCO, ağırlıklı olarak kamu güvenliği gruplarının ortak istek ve ihtiyaçlarını belirlemek için oluşturulan bir kuruluştur. Bu organizasyon içerisinde farklı kuruluş ve ülkelere yaklaşık olarak 15.000 üye yer almaktadır. Bu organizasyon tarafından yapılan çalışmaların temelinde üye olan kullanıcı gruplarının ihtiyaç ve istekleri yer almaktadır. İlk olarak 1976-1979 yılları arasında güvenlik grupları tarafından kullanılacak Trunk telsiz sistemi ile ilgili fonksiyonel sistem gereksinimlerini APCO-16 projesi ile yayınlanmış, APCO-25 ile geliştirmiştir. APCO Organizasyonu tarafından yapılan çalışmalar sonucunda oluşturulan standartlar “Açık Standart (Open Standart)” özelliğine sahiptir [8].

APCO PROJE-25 FAZ-1 (Genel Teknik Bilgi): Proje-25, 1989 yılında başlanarak APCO yönetiminde geliştirilmiştir. Bu standardın geliştirilmesinde kullanıcı ihtiyaçları birincil olarak göz önünde bulundurulmuştur. Standartların ilk bölümünün oluşturulması 1993 yılında tamamlanmıştır.

Proje-25 faz-1 standartlarının belirlenmesi sırasında şunlar hedeflenmiştir [8].

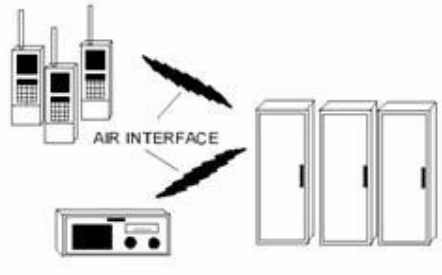
- a. Var olan frekans kaynaklarını en verimli şekilde kullanmak,
- b. Sistemin kullanıldığı süre boyunca birçok üreticiden destek alabilmek,
- c. Kullanıcı grupları içinde ve kullanıcı grupları arasında güvenilir haberleşme sağlamak,
- d. Kullanımı kolay cihazlar tasarlamak,

- e. Geçmişe yönelik uyumluluğu sağlayarak (Analog görüşme de yapabilme) yumuşak geçiş sağlamak,
- f. TIA APCO Project-25 standardında 6 tane sistem ara yüzü (Şekil 3.7) için tanımlamalar yer almaktadır. Bu ara yüzler şunlardır [21].
- g. CAI(Common air interface): Hava ara yüzü [22].
- h. ISI(Inter system interface) : Sistemler arası bağlantı ara yüzü
- i. Data Port Interface : Veri terminalleri ile radyo ekipmanları arasındaki bağlantı ara yüzü
- j. Host Data Interface : Diğer veri şebekelerine bağlantı ara yüzü
- k. Interconnect(PSTN) : Telefon şebekelerine bağlantı ara yüzü
- l. Network Management : Şebeke yönetimi [23].



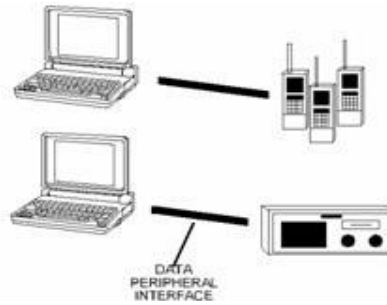
Şekil 3.7 APCO Ara Yüzleri.

Common Air Interface (CAI); TIA APCO-25 Sistemi'nin en temel ara yüzü olan Common Air Interface (CAI) Şekil 3.8'de gösterilmiştir. CAI, değişik üreticilere ait telsizlerin herhangi bir APCO-25 Sistemi içinde haberleşebilmesine olanak sağlar [22]. Herhangi bir RF Alt Sistem üreticisi, kendi ürettiği telsizlerin özelliklerini artırarak kendi RF Alt Sisteminde çalışmalarına izin verebilir.



Şekil 3.8 Hava Ara Yüzü (CAI).

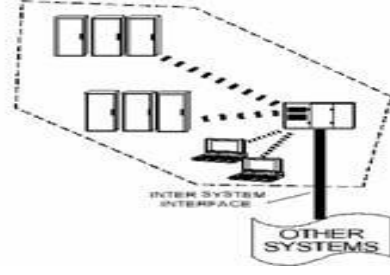
Data Peripheral Interface (DPI); Telsizler, üzerlerinde bulunacak bir port ile diz üstü bilgisayar, veri terminali veya çevre birimine bağlanabilir. (Şekil 3.9) Bu açık ara yüzde desteklenen protokoller, sabit cihaz tarafında başka bir açık ara yüzde X.25, SNA (Systems Network Architecture) veya TCP/IP (Transmission Control Protocol / Internet Protocol) bilgisayar şebekelerine şeffaf geçişi sağlamalıdır [21].



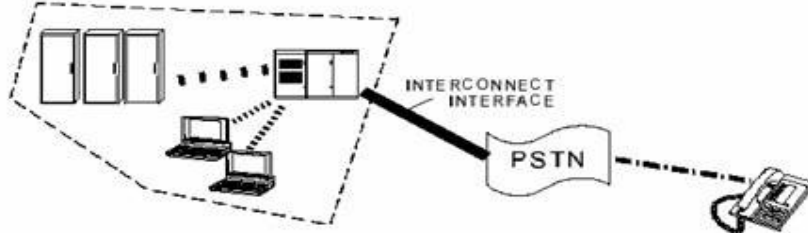
Şekil 3.9 Veri Terminali - Telsiz Arası Ara yüz (DPI).

Inter System Interface (ISI); Bu ara yüz, geniş alan şebekelerinde RFSS'lerin (Radio Frequency Sub-System) birbirlerine bağlantısını tanımlamaktadır. (Şekil 3.10) ISI, endüstriyel standart protokoller kullanılarak, farklı teknolojileri FDMA (Frequency Division Multiple Access-Frekans Paylaşımlı Çoklu Erişim), microcell, TDMA (Time Division Multiple Access-Zaman Paylaşımlı Çoklu Erişim) kullanan farklı üreticilerin farklı RF (Radio Frequency) bandlarındaki haberleşme sistemlerinin birlikte çalışmasına izin verir [21].

Telephone Interconnect Interface; Bu ara yüz, telefon şebekesi ile olan ara yüzü tanımlamaktadır. (Şekil 3.11) TIA APCO-25 gereksinimleri hem analog hem de ISDN telefon ara yüzlerini destekler [21].



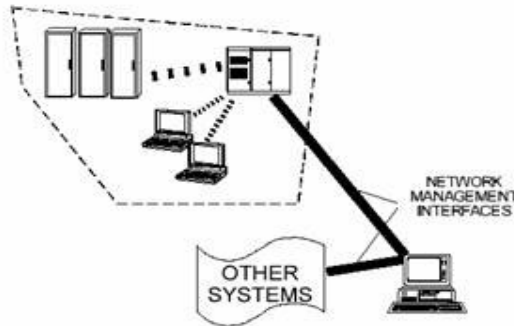
Şekil 3.10 Inter System Interface (ISI)



Şekil 3.11 Telephone Interconnect Interface.

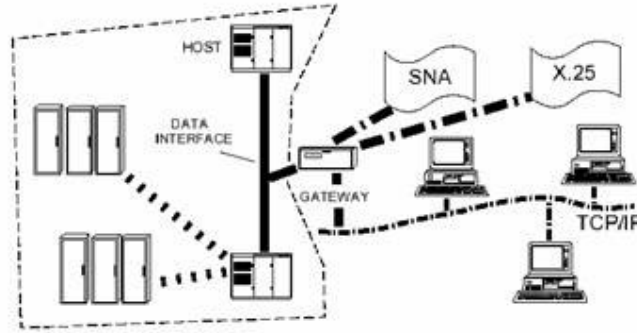
Network Management Interface; TIA APCO-25, üreticilerden bağımsız tüm RF Alt Sistemlere uygun tek bir Network Management ara yüzü seçmiştir. (Şekil 3.12) Herhangi bir üreticiye ait RF Alt Sistem içinde, şebeke yönetimine ait aşağıda belirtilen 5 temel özellik tek bir Network Management sistemi ile yapılabilmelidir [23].

- a. Konfigürasyon Yönetimi,
- b. Hata Denetimi,
- c. Güvenlik Yönetimi,
- d. Performans Yönetimi,
- e. Ücretlendirme Yönetimi.



Şekil 3.12 Network Management Interface.

Host and Network Interface; Bu ara yüz, veri şebekeleri ile olan bağlantıyı tanımlamaktadır [21]. (Şekil 3.13)



Şekil 3.13 Host ve Network Interface.

APCO-25 (Faz-1) Sistem Özellikleri

Erişim tekniği : APCO Proje-25 Faz-1 FDMA erişim tekniğinde çalışan bir sistemdir.

Modülasyon: Modülasyon tekniği C4FM (Compatible 4 level FM version of QPSK-C modulation)'dir. Bu teknik sayısal FM (Frequency Modulation, Frekans Modülasyonu) modülasyondur. Frekans modülasyonu temeline dayandığı için APCO-25 terminallerindeki modülatör ve demodülatör devreleriyle analog FM yayınların da kodlanıp/çözülmesi oldukça kolay bir teknikle sağlanabilmektedir. Dolayısıyla kullanılan modülasyon tekniği klasik analog-FM telsiz sistemleri için “Geriye Uyumluluk” kriterinin sağlanmasını mümkün kılmaktadır [24].

Vocoder: Ses kodlayıcısı olarak 4.4 Kbps'lik IMBE (Improved MultiBand Excitation) kodlayıcı kullanılmaktadır.

Frekans Bandı: Sistem mevcut PMR frekans bandlarında çalışabilmektedir. Bu frekans bantları 138-174 MHz, 406-512 MHz ve 764-869 MHz olarak belirlenmiştir. 12.5 ve 25 KHz (Kilo Hertz) kanal aralığında çalışabilmekte olan sistem, alma-gönderme frekans ayrımı olarak VHF’ de 500 KHz, UHF’de 5 MHz, 800 MHz bandında ise 39-45 MHz gerektirmektedir.

Çalışma Şekli: Sistemin konvansiyonel ve trunk çalışma modları mevcuttur. Konvansiyonel sistemin tek site veya çoklu tek site çalışabilme özellikleri vardır. Ayrıca simulcast (Tüm sitelerde aynı frekansların kullanılabilmesi) özelliği de mevcuttur.

Trunk sisteminde ise tek site, çoklu site, bölgesel veya ülkesel geniş alan kaplama yapmak mümkündür.

Çizelge 3.1 RF Çıkış Gücü.

RF Cihaz	Çıkış Gücü
Baz istasyon	500 W (57 dBm)
Araç telsizi	100 W (50 dBm)
El telsizi	5 W (37 dBm)

- (W: Watt, dBm: Decibel refers to one milliwatt)

Çizelge 3.2 Duyarlılık Seviyesi.

Duyarlılık	Statik	Dinamik
Baz istasyon	-116 dBm	-116 dBm
Mobil telsiz		-116 dBm

Veri aktarım hızı: Havadaki RF bit hızı 9.6 Kbps, net veri hızı 7.2 Kbps(korumasız) ve 4.8 Kbps (korumalı) dır.

Kaplama alanı: Standartlarda belirtilen çıkış güçleri ve duyarlılık seviyeleri aşağıda Çizelge 3.1 ve 3.2’de gösterilmiştir [21].

Sistemin FDMA bir sistem olması coğrafik kaplama açısından avantaj sağlayacaktır. Sistemdeki RF cihazların çıkış güçlerinin çok yüksek olması dikkat çekicidir. El telsizlerinin çıkış güçlerinin yüksekliği telsizlerin baz istasyonlarına ulaşabilmesi açısından faydalı olacaktır. Ancak hücresel mimaride geniş alan kaplama yapılacağı zaman, bu seviyedeki baz istasyon çıkış güçleri anlamsız olmaya başlayacak, hücresel planlamayı, frekans tekrar kullanım mesafesini olumsuz etkileyecektir. Duyarlılık seviyeleri diğer FDMA sistemlere göre az olsa da TDMA sisteme göre daha iyidir.

Geriye uyumluluk: Sistem telsizleri eski nesil analog telsizlerle analog olarak görüşebilmektedir.

Direkt Mod Çalışma: Kaplama alanı dışında veya kullanıcı tercih ettiğinde, sistem telsizleri sistem harici telsizlerle analog veya dijital olarak görüşebilir.

APCO-25 Haberleşme Güvenliği: APCO sisteminde güvenlik 2 aşamalıdır. Birincisi, terminalin şebeke onaylı kayıtlanması. Sisteme kayıtlı olmayan bir terminal sistemden hizmet alamaz.

İkinci olarak, APCO-25 Telsiz sistemi standartlarında haberleşme güvenliği için uçtan uca KRİPTO opsiyonu tanımlanmıştır. Sistem standartlarında kriptografi algoritması olarak DES (Digital Encryption System) algoritması önerilmektedir.

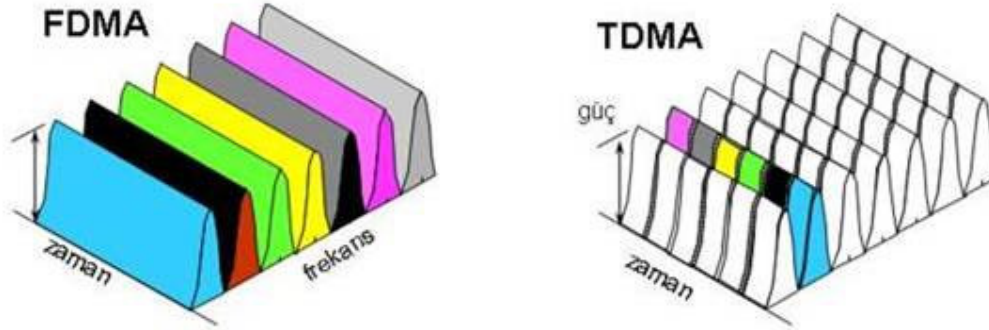
APCO Project-25 (Faz-II) : Faz-II çalışmaları ile frekans spektrumunun etkin kullanımı (25 KHz kanal Aralığında 4 trafik kanalı), Faz-I ile uyumlu çalışabilme (Hava ara yüzü, Ses Kodlayıcısı, DES Kriptografi), Yüksek hızlı data haberleşmesi ve daha fazla ara yüz standardı tanımlayarak üretici miktarı ve rekabeti artırmak hedeflenmektedir. Bu çalışmalarda FDMA ve TDMA erişim tekniklerine göre iki tercih üzerinde durulmaktadır.

Faz-II FDMA Çözüm Önerisi: Birincil yol olarak FDMA tekniği üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Teknik çalışmalar tamamlanmış ve sonuçta Faz-I uyumlu, QPSK-C modülasyonlu, kanal aralığı 6.25 KHz, Kanal bit hızı 9.6 Kbps olan ve IMBE vocoder kullanan ve Proje-25 sinyalleşme formatına karar verilmiştir. Bu kabul edilen çalışmalara ait standartlar ANSI tarafından yayınlanmak üzeredir. Ancak standartların hazır olması teknolojinin hazır olduğu anlamına gelmemektedir. FDMA 6.25 KHz'in üretilmesi için küçük lineer yükselteçlere, gerekli frekans kararlılığının sağlanabilmesine, yeni teknoloji bataryalara ihtiyaç duyulmaktadır. Üreticiler, bunların yapılabilmesi için gerekli ekonomik teknolojinin oluşabilmesi için 4-5 yıl süre geçmesi gerektiğini belirtmektedirler [8].

Faz-II TDMA Çözüm Önerileri: İkincil yol olarak yüksek yoğunluklu kullanıcıların olduğu şehir içi kaplama sistemleri, frekans spektrumunun verimli kullanılması, daha az sayıda ekipman kullanmak amacıyla teklif edilen TDMA teknolojileri incelenmektedir [8].

Ericsson tarafından teklif edilen 12.5 KHz kanal aralığında 2 slot ve TETRA MoU tarafından teklif edilen 25 KHz kanal aralığında 4 slot çalışma önerileri incelemeye değer görülmüştür. (Şekil 3.14) Bu TDMA çözümlerde de ACELP veya IMBE vocoderler düşünülmektedir. 1999 yılının sonbaharında çalışma grupları oluşturularak teknik çalışmalara başlanılmıştır. TDMA çözümlerin kabul edilmesi için Faz-I uyumluluğunun

bulunması istenmektedir. Teknik çalışmaların tamamlanıp standartların oluşturulması planlanmaktadır [8].



Şekil 3.14 FDMA – TDMA Gösterimi.

Yüksek Hızlı Veri Çalışması: Yüksek hızlı veri haberleşmesi için Proje-34 çalışmaları yapılmaktadır. Hareketli video görüntüsü aktarabilecek, 384 Kbps'ın üzerinde hız sağlanacaktır. ETSI' nin de bunun benzeri DAWS projesi vardır. APCO organizasyon ve ETSI ortak bir standart oluşturmak için Proje-34 ve DAWS'ın Public Safety Partnership Project (PSPP) ismi altında birleştirilerek ortak çalışma yapılmasına karar vermişlerdir. PSPP projesine ait standartların oluşturulması uzun zaman alacağı için yüksek hızlı data haberleşme ihtiyacını gidermek amacıyla sadece veri aktarımı için ayrı bir teknolojinin tanımlanmasına karar verilmiş ve SAM (Scalable Advanced Modulation) adı verilen çalışmalar başlatılmıştır. Yüksek hızlı data haberleşme terminal ve sistem altyapısının ses haberleşmesinden ayrı olması planlanmaktadır. SAM veri hızının, farklı kanal genişliklerinde, 76.8 Kbps ile 691.2 Kbps arasında dokuz farklı değerde olması planlanmaktadır [25].

3.2.8. TETRA Haberleşme Sistemi

TETRA sistemi ETSI (European Telecommunications Standardization Institute) tarafından yayınlanmış "Open standart" sayısal telsiz sistemidir. ETSI; Avrupa da kullanılacak olan telekomünikasyon teknolojileri için standardizasyon çalışmalarının yürütüldüğü bir kuruluştur. Günümüzde telekomünikasyon teknolojileri denince akla gelen GSM ve DECT (Telsiz telefon) de standartları ETSI tarafından hazırlanıp yayınlanmış teknolojilerdir [25].

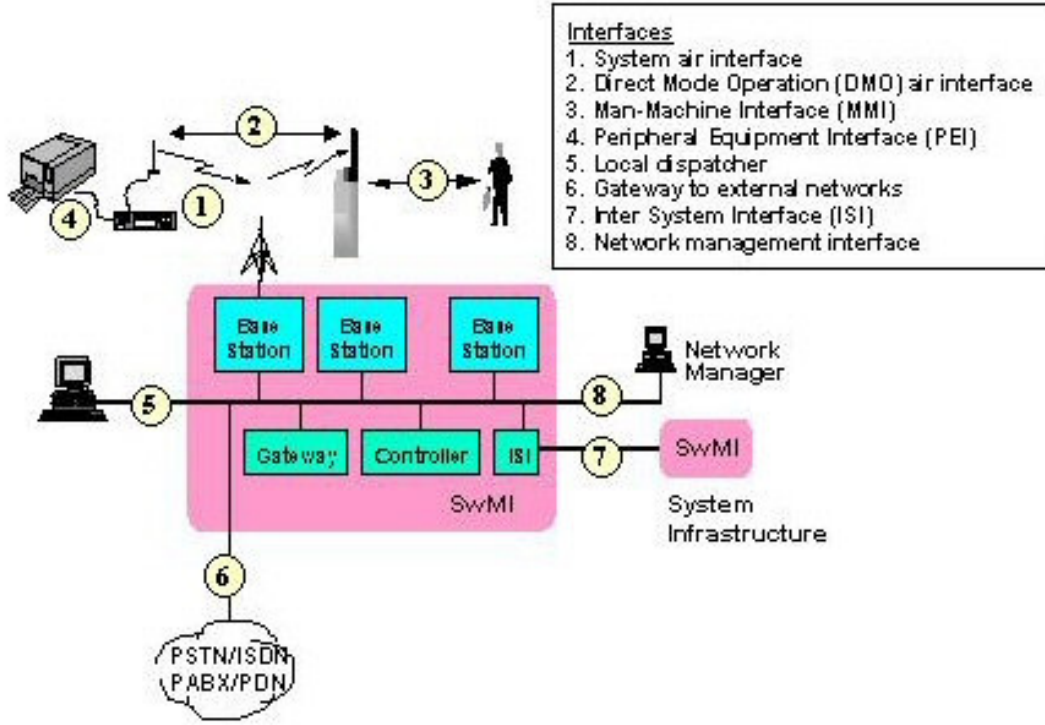
Hücresel bir sistem olan ve çalışma şekli olarak TRUNK mantığını kullanan TETRA sistemi, ismini “TERrestrial Trunk Radio (Karasal Trunk telsiz sistemi)” teriminin baş harflerinden almaktadır. TETRA sistemi çalışmaları ilk olarak 1989 yılında başlamıştır. 1990 yılında 6 üretici firmadan gelen teknoloji önerileri değerlendirilmiş ve 1991 yılında teknoloji seçilerek, standartların oluşturulma çalışmaları başlamıştır.

1995 yılında TETRA sisteminin ilk çekirdek standartları yayınlanmıştır. 1997 yılında test dokümanları yayınlanmış ve ilk ürünler piyasaya çıkmaya başlamıştır. 1994 yılında oluşturulan, TETRA sistemi için üretim yapan, uygulama geliştiren veya entegratör firmaların oluşturduğu TETRA-MOU (Memorandum Of Understanding) kuruluğu, TETRA sisteminin kullanıcıların istek ve ihtiyaçları doğrultusunda güncel kalabilmesi için çalışmalar ve düzenlemeler yapmaktadır. MOU üyeleri ile sektör temsilcilerinin ve kullanıcıların katıldığı, periyodik toplantılar düzenlenmektedir [5].

Eylül 2000 tarihinde TETRA-MOU’nun açıklamasına göre TETRA sisteminin tıpkı GSM’de olduğu gibi evrimsel bir gelişme süreci içinde olmasına ve bu amaçla sistemin Faz-2 geliştirme çalışmalarına başlanılmasına karar verilmiştir. TETRA sisteminin şu anki standartlar ile tanımlanan şekline Faz-1, belirlenen ve daha sonra anlatılacak olan hedefleri karşılamak yönünde yapılacak olan geliştirilme çalışmaları sonunda ulaşacağı şekline ise TETRA Faz-2 ismi verilmiştir [5].

ETSI; TETRA sistemiyle ilgili olarak terminal ile baz istasyon arasındaki “Hava ara yüzü(AI: Air interface)”, “veri terminali ile telsiz arasındaki ara yüzü (PEI: Peripheral Equipment interface)”, “Sistemler arası bağlantı ara yüzü” (ISI: Inter system interface), ve PBX, PSDN, ISDN bağlantı ara yüzleriyle (Şekil 3.15) ilgili standartları tanımlamaktadır [5, 28].

Ayrıca hava ara yüzü ile bağlantılı olan “birlikte çalışabilirlik”(interoperability) kavramı A firmasının baz istasyonu ve altyapısı ile B firmasının terminallerinin sorunsuz çalışabilmesini tanımlamaktadır. 4 büyük TETRA sistem üreticisi firma (MOTOROLA, NOKIA, Simoco(Sepura), MARCONI) TeleDenmark tarafından yapılan ve ETSI standartlarında da tanımlanmış olan “birlikte çalışabilirlik” testlerini geçerek onay almışlardır.



Şekil 3.15 TETRA Sistemi Ara Yüzleri.

Trunked Mode Air Interface (AI): Trunk mod hava ara yüzüdür. Mobil terminallerin sistemle bağlantısı bu hava ara yüzü üzerinden sağlanmaktadır [28].

Line Station Interface(LS): Telli hat üzerinden sisteme bağlanan (ISDN vs) terminallerle olan ara yüzüdür [28].

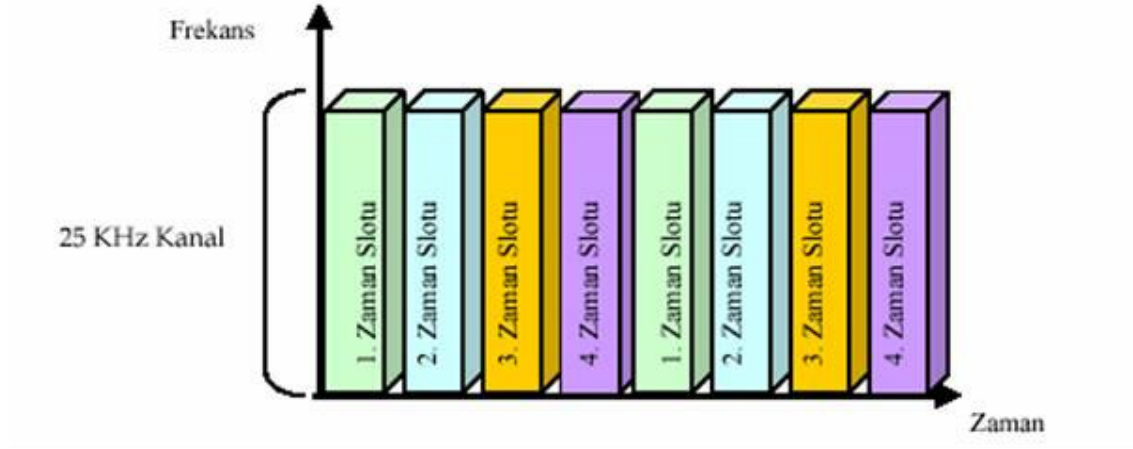
Inter System Interface (ISI): Sistemler arası ara yüzüdür. Farklı üreticilere ait TETRA şebekeleri arasındaki bağlantıyı sağlar [28].

Terminal Equipment Interface: Mobil uç birim ile terminal arası veya telli hat uç birimiyle terminal arası bağlantı ara yüzüdür [28].

Network Management Interface(NMI): Şebeke yönetim ara yüzüdür [28].

Direct Mode Air Interface (DMO-AI): Direkt mod hava ara yüzüdür. Direkt modda çalışan mobil terminallerin birbirleriyle bağlantısı bu hava ara yüzü üzerinden Şekil 3.15'te olduğu gibi sağlanmaktadır [28].

TETRA Sistem Özellikleri: Erişim Tekniği; Trunk mantığıyla çalışan, TDMA erişim tekniğini kullanan TETRA sisteminde 25 KHz'lik kanal aralığını zaman paylaşımı kullanan 4 slot(kanal) mevcuttur. Sistem Trunk mantığıyla çalıştığı için ses ve veri trafiğini yönetmek, çağrı talebi geldiğinde kanal tahsisi yapabilmek için her sitede en az 1 adet kontrol kanalı kullanmak gerekmektedir. Her sitede 1 adet kontrol kanalının trafik sinyalleşmesi için yeterli olmaması durumunda çoklu kontrol kanalı kullanılabilir. 25 KHz'lik kanalın tipik kullanımı Şekil 3.16'da görülmektedir [5].



Şekil 3.16 TETRA Kanal Paylaşımı.

Sistem sayısal modülasyon olarak $\pi/4$ DQPSK(Differential Quadrature Phase Shift Keying) tekniğini kullanmaktadır. TETRA sistemini diğer sayısal telsiz sistemlerinden ayıran özelliklerden birisi de istenirse sistemin full-duplex (aynı anda alma ve gönderme yapabilme özelliği) kullanılabilmesidir. Tabii bu durumda alma ve gönderme için ayrı zaman slotlarının tahsisi gerekmektedir. Sistem ister duplex iste yarı-duplex çalışsın alma ve gönderme frekansları arasında en az 10 MHz fark olması gerekmektedir.

Teorik olarak VHF frekans bandından 900 MHz bandına kadar TETRA sistemini gerçeklemek mümkün olsa da üreticiler genellikle ETSI' nin önerdiği 380-400 MHz(PMR kullanımı) ve 410-430 MHz(PAMR kullanımı) bandlarında cihaz üretmektedirler. Ayrıca 800 MHz bandında cihaz üreten az sayıda firma da mevcuttur.

TETRA sistemi, lisansı Thomson firmasına ait olan ACELP(Algebraic Code Excited Linear Prediction) ses kodlama algoritmasını (7.2 Kbps brüt, 4.56 Kbps net) kullanmaktadır [5].

Veri Hızı: TETRA sisteminde slot başına taşınabilecek veri hızı brüt olarak 9 Kbps, net olarak ise 7.2 Kbps'dir. Ancak 7.2 Kbps'lik net veri hızı korumasız veridir ve dayanıksızdır. Verinin bozulmadan taşınabileceği mesafe oldukça kısadır. Bu nedenle asıl verinin yanında hata koruma bitleri eklenmelidir.

Eklenecek hata koruma bitlerinin sayısına göre TETRA sisteminde normal korumalı veri modunda slot başına net 4.8 Kbps, yüksek korumalı mod da ise slot başına net 2.4 Kbps net veri aktarımı mümkündür. Veri hızları özetle aşağıdaki Çizelge 3.3'deki gibidir.

Çizelge 3.3 Veri Hızı.

1 SLOT İÇİN	Veri Hızı
Brüt veri hızı (Havadaki hız)	9 Kbps
Net veri hızı (Korumasız)	7.2 Kbps
Net veri hızı (Normal korumalı)	4.8 Kbps
Net veri hızı (Yüksek Korumalı)	2.4 Kbps

Zaman slotlarının ses veya veri aktarımı için “ayrı^{frekans}” veya “birleştirerek” kullanılabilmesi hedeflenmiştir. Aynı sitede birden fazla taşıyıcı olduğu ve taşıyıcılardan bir tanesinde tahsis edilecek kontrol kanalının diğer taşıyıcılardaki trafiği de yönettiği varsayılırsa bir taşıyıcıdaki 4 slotuda birleştirip kullanarak $4 \times 7.2 = 28$ kbps (korumasız), $4 \times 4.8 = 19.2$ kbps (normal korumalı) veya $4 \times 2.4 = 9.6$ kbps (yüksek korumalı) veri hızlarına ulaşmak, teorik olarak mümkündür. TDMA sistemin getirdiği avantaj olarak, zaman paylaşımlı kullanılan slotların birleştirilmesiyle ulaşılan bu yüksek hızlar FDMA sistemlerde bu seviyelere ulaşamamaktadır.

Geriye Uyumluluk: TETRA sitemi 25 KHz'lik kanal aralığında çalıştığı için, 2 adet 12.5 KHz'lik veya 1 adet 25 KHz'lik geleneksel PMR sistemi frekans kanalı üzerine inşa edilebilir. Ancak TDMA bir sistem olduğu için çalışılacak frekans bandında FDMA frekans kanallarının bulunması sistemin çalışmasını etkileyecektir. Sistemin hücresel olduğu, hücresel frekans planlaması kriterleri de düşünüldüğünde, TETRA sistemi için ayrı bir frekans bandının tahsisi daha uygun görünmektedir. (ETSI 380–400 PMR/410–430 PAMR önermektedir). Ülkemizde de Telekomünikasyon Kurumunun 380-400 MHz bandının, sayısal telsiz sistemlerine tahsisi yönünde çalışmaları bulunmaktadır.

Kaplama alanı: TDMA sistemlerde slotlar zaman paylaşımı kullanıldığı için, sistemde slotların başlama ve bitme zamanlarının tespiti için çok hassas bir zaman sinyali kullanılmaktadır. TETRA sisteminde söz konusu zaman senkronizasyon sinyalinin havada bozulmadan yayılabileceği mesafe teorik olarak 58 km.dir. Bu da sistemde kurulacak sitelerin yarıçapının 58 km.yi geçemeyeceği anlamındadır. Ayrıca pratik kullanımda arazi coğrafyası ve atmosferik şartların da etkisiyle bu mesafenin 30 km dolaylarında olacağı söylenebilir. Kaplama alanını belirleyecek diğer faktörler olan ve TETRA sistemi standartlarında yer alan, terminal çıkış güçleri ile duyarlılık seviyeleri Çizelge 3.4 ve 3.5’de verilmiştir [17].

Çizelge 3.4 Duyarlılık Seviyesi.

DUYARLILIK	STATİK	DİNAMİK
Baz istasyon	-115 dBm	-106 dBm
Mobil telsiz	-112 dBm	-103 dBm

Standartlarda tanımlanmış olan duyarlılık seviyelerinin diğer sistemlere göre düşük olması bir dezavantajdır. Bu nedenle tüm TETRA sistem üreticileri baz istasyonlarında “yönlü antenler” kullanarak almaç duyarlılıklarını dolayısıyla kaplama alanını artırmayı başarmışlardır.

Çizelge 3.5 RF Çıkış Gücü.

RF CİHAZ	ÇIKIŞ GÜCÜ
Baz istasyon	0.6..40 W (28..40 dBm)
Araç telsizi	0.03...30 W (15..45 dBm)
El telsizi	0.03...30 W (15..45 dBm)

Spektrum Kullanımı: TETRA sistemi TDMA yapısı sayesinde 25 KHz’lik bir frekans kanalında aynı anda 4 kişinin haberleşmesine olanak tanımaktadır. Bu özelliği ile frekans spektrumunu en etkin kullanan TDMA sistemdir. (Örneğin GSM de 200 KHz’lik kanalı aynı anda 8 kişi kullanabilmektedir.) TDMA sistem olması dolayısıyla simulcast özelliği bulunmamaktadır. Sistem de zaman senkronizasyonu için yayılan hassas bir zaman sinyali varken, bir de komşu hücrelerde frekans kullanma zamanını belirlemek için ikinci bir senkronizasyon bilgisinin yayınlanması mümkün değildir.

Direkt Mod: TETRA sistemi şebeke kaplama alanı dışında telsizlerin direkt mod ile birbirleriyle görüşmesini sağlamaktadır. Ancak bu modda 4 slotlu yapı bulunmamaktadır. 25 KHz'lik kanalda 2 adet simpleks görüşme yapılabilmektedir. Dual watch özelliği mevcuttur. Ayrıca araç telsizlerinin duplex çalışabilme özelliklerinden dolayı “tekrarlayıcı” olarak kullanılması sonucu direkt modda daha uzun mesafeli görüşmeler yapmak da mümkün olmaktadır.

Sistem Bağlantıları : TETRA sisteminin de diğer sayısal sistemler gibi, telsiz erişim sistemi, anahtarlama sistemi ve şebeke yönetim sistemi vardır. Telsiz erişim sisteminde terminaller ile baz istasyonlar arasındaki protokol hava ara yüzü standardı ile belirlenmiştir. Ancak anahtarlama yapısı standart değildir ve üreticiler farklı çözümler geliştirmişlerdir. Üreticilerin bir kısmı baz istasyonlarını merkezi anahtarlara bağlayarak yayını buralarda anahtarlarken bazıları anahtarlama birimini baz istasyonunun üzerine yerleştirmektedir. Yine anahtarlama teknolojisi olarak, 8 Kbit veya 64 Kbit anahtarlama birimleri kullanıldığı gibi, “Voice over IP” teknolojisini kullanan ve anahtarlamaı telli Network teknolojilerinden tanıdığımız “Router” cihazlarıyla yapan üreticiler de mevcuttur.

Baz istasyonların birbirleriyle veya merkezi anahtarlarla bağlantılarında Radyo-Link veya telli hatlar kullanılmaktadır. Kullanılan link ve hatlar da üreticilere göre değişebilmekte, link bağlantılarında 2Mbit-E1 veya 64Kbit-PCM protokoller kullanılabilmektedir.

TETRA Haberleşme Güvenliği: TETRA sisteminde güvenlik 3 aşamalıdır. Birincisi terminal şebeke onaylı kayıtlanması, Sisteme kayıtlı olmayan bir terminal sistemden hizmet alamaz. İkincisi hava-ara yüz kriptosu. TETRA sistemi hava ara yüzünde tanımlanmış olan kriptodur ve baz istasyonlarında bu kripto çözülmektedir. Üçüncüsü ise uçtan uca kriptodur. TETRA Telsiz sistemi standartlarında haberleşme güvenliği için uçtan uca KRİPTO opsiyonu tanımlanmıştır. Sistem standartlarında Schengen ülkeleri, Schengen dışı Avrupa Ülkeleri ve Avrupa dışı ülkeler için, TEA1, TEA2, TEA3 (TETRA Encryption Algorithm) farklı kripto algoritmaları tanımlanmıştır. Ancak bunlar milli algoritmalar değildir.

TETRA Faz-2: TETRA sisteminin evrimsel bir gelişme sürecinin olması ve elektronik teknolojisindeki yeni gelişmelerin sisteme yansıtılabilmesi ve daha önemlisi kullanıcılardan (özellikle en büyük TETRA sistem operatörü Dolphin firmasından) gelen talepleri karşılayabilmek için TETRA Faz-2 sisteminin 1999 yılından bu yana ETSI

tarafından tanımlamasına başlanmıştır. Faz-2 sistemi için hedefler belirlenmiş bu hedeflere ulaşmak için gereken teknolojilerin seçimi konusunda çalışmalar başlamış, ETSI bünyesinde çalışma grupları oluşturulmuştur.

TETRA Faz-2 ile hedeflenenler şu şekilde özetlenebilir: Paket veri gönderim hızını artırmak (x10) Veri hızını artırmak için başlatılan çalışmalar TAPS (TETRA Advanced Packet Service) ve TEDS (TETRA Enhanced Packet Service) olarak ikiye ayrılmaktadır. TETRA Faz-1 network'lerin kurulmaya başlanması ve Faz-1/Faz-2 uyumluluğunun zor olmasının anlaşılması ile TETRA Faz-2 sistemi ilk aşaması olarak, Faz-1 network'ler için Yüksek Hızlı Data gündeme gelmiş ve standardının ilk onaylı taslak dokümanı tamamlanmış durumdadır. Bu dokümana göre öncelikle TAPS, sadece veri aktarımına izin veren şebeke tanımlanmaktadır. Bu Faz-1 network'ler için ses terminalinin yanında veri için ayrı terminal olmasını gerektirmektedir. TAPS'ı özellikle operatörler istemişlerdir.

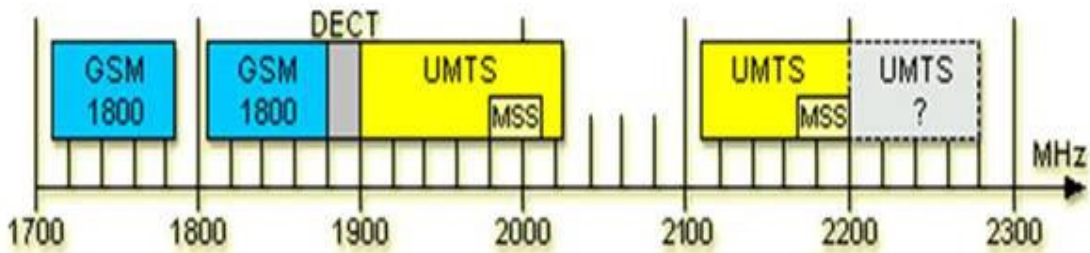
TETRA Faz-2 uygulaması için ses ve verinin aynı cihazda entegre edildiği TEDS isimli şebeke düşünülmektedir. TEDS; frekans spektrumlarında TAPS için 200 KHz'lik kanallar rezerve edemeyecek olan geleneksel PMR şebekelerinde kullanılması düşünülerek hazırlanmış, değişken data hızlarına olanak tanıyan bir şebekedir [29].

TAPS(TETRA Advanced Packet Service): TAPS'in temelinde, GPRS (General Packet Radio Service) ve klasik EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution –GSM Gelişme için Geliştirilmiş Data Hızları) teknolojilerine adaptasyon yatmaktadır. Veri hızı 384 kbps'a kadar ulaşması hedeflenmektedir. TAPS, 200 KHz kanal aralığında çalıştığından PAMR marketi için tasarlanmaktadır. TAPS şebekesi, yeni alt yapı ve yeni terminaller gerektirmektedir [29, 30].

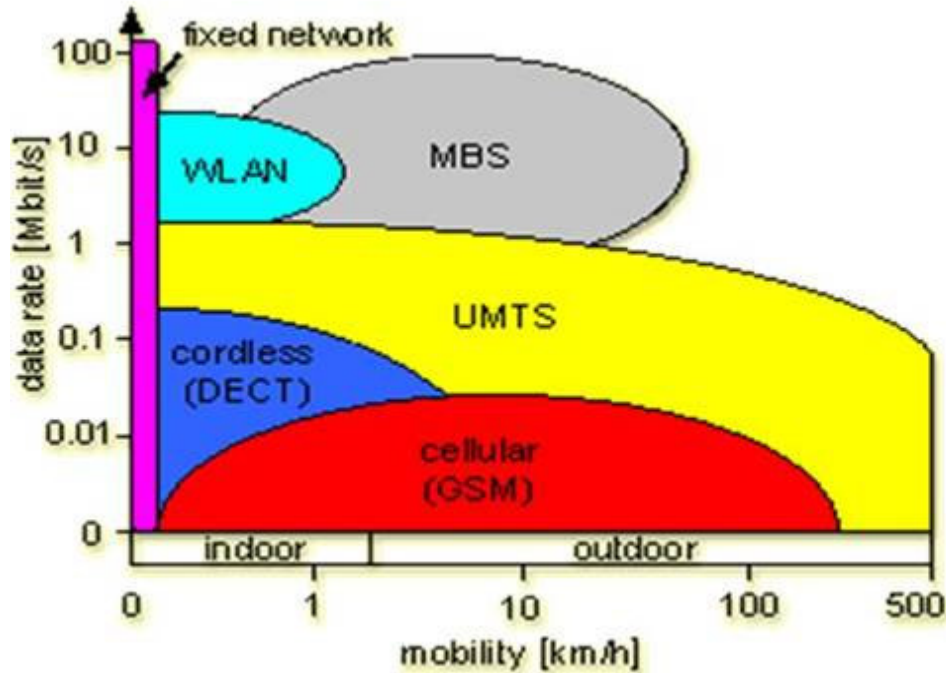
TEDS(TETRA Enhanced Packet Service): Yüksek veri hızına ihtiyacı olan klasik PMR kullanıcıları için geliştirilen bir servistir. TAPS gibi veri için tamamen yeni bir alt yapı kurulmayacak, eski alt yapı geliştirilecektir. 28.8 Kbps ile 384 Kbps arasında değişecek bir veri hızı hedeflenmektedir [29, 30].

- a. Yeni codecler ekleyerek hem transcodec'e ihtiyaç duymadan 3G networklerle iletişim kurmak hem de TETRA'nın ses kalitesini artırmak.
- b. TETRA hava ara yüzünü geliştirerek; spektrum verimini, şebeke kapasitesini, sistem performansını artırmak.

- c. TETRA kaplama alanını geliştirmek.
- d. TETRA standartlarını GSM, GPRS, UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) (şekil 3.17) gibi kamu şebekeleri ile beraber şalışacak şekilde geliştirmek. TETRA SIM'in geliştirilmesi ve yine kamu şebekelerine uyumlandırılması.
- e. Faz-2 sistemi için ETSI bünyesinde oluşturulan şalışma grupları ve belirlenen şalışma takvimi şu şekildedir; 2006 yılında piyasaya, TETRA Faz-2 zelliklerinin bazılarını taşıyan ilk cihazların çıkacağı, 2008 yılında da tamamlanmış TETRA Faz-2 standartlarındaki ürünlerin bulunabileceğı öngörülmektedir. şekil 3.18'de yüksek hızda veri iletimi ile ilgili yapılan şalışmaların aşamaları verilmiştir.



şekil 3.17 UMTS Frekansları.



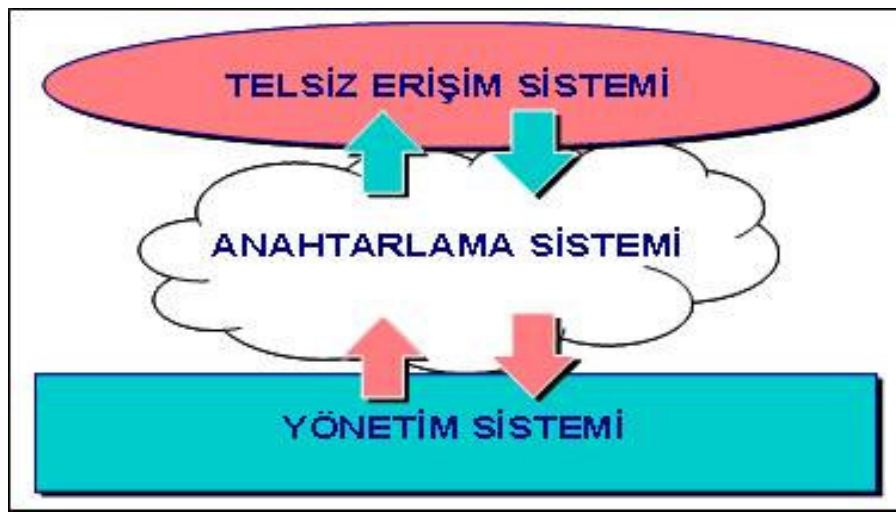
şekil 3.18 Data Hızı ve Mobility İlişkisi.

3.2.9. ASELSAN APCO-25 Sistem Çözümü

ASELSAN APCO-25 Sistemi; Sayısal Konvansiyonel (Geniş Alan Kaplama) bir telsiz sistemidir. Sistem mimarisi, il bazında kurulacak olan RF Alt Sistem ve il merkezinde ve bu merkezlerin ülke genelinde toplanacağı ana merkezde kurulacak olan Yönetim Sistemi'nden oluşturulacaktır.

RF Alt Sistem; fonksiyonel grup tanımlamalarına göre iki sistemden oluşturulacaktır. Birinci sistem; Telsiz biriminin sisteme nasıl erişileceğinin belirlendiği ve havadaki ara yüzün sistem içi sinyalleşmeye dönüştürüldüğü yapı olacak ve Telsiz Erişim Sistemi olarak anılacaktır. İkinci sistem; sistem içindeki sinyalleşmenin yönlendirileceği ve dağıtılacağı yapı olacak ve Anahtarlama Sistemi olarak anılacaktır. Anahtarlama Sistemi, Telsiz Erişim Sistemi ile Yönetim Sistemi arasında bir köprü görevi görecektir. Anahtarlama Sistemi, ayrıca, ASELSAN APCO-25 Konvansiyonel Telsiz Sistemi'nin diğer sistemlere geçiş noktası olacaktır.

Yönetim Sistemi birimleri hiyerarşik olarak iki farklı yerde konumlandırılmaktadır. İl bazında RF Alt Sistem'in yönetimini sağlayacak olan birimler İl Kontrol Merkezi'nde, ülke genelindeki RF Alt Sistemler ile ilgili yönetimsel bilgileri tutacak olan birimler Ana Merkez'de bulunacaktır. Yönetim Sistemi'nde genel olarak sistemin denetimi, kullanıcı yönetimi ve veri haberleşmesinin yönetimi işlemleri yapılmaktadır. ASELSAN APCO-25 Konvansiyonel Telsiz Sistemi'nin Genel Mimari Yapısı Şekil 3.19'da gösterilmiştir [2].



Şekil 3.19 Genel Mimari Yapısı.

Telsiz Erişim Sistemi, Telsizlerden ve Sitelerden oluşacaktır. Telsizler, Telsiz Erişim Sistemi ve APCO-25 Konvansiyonel Telsizleri'ni destekleyecektir. Sistemde 3 çeşit Telsiz tipi bulunmaktadır. Bunlar; El Telsizi, Araç Telsizi, Sabit Merkez Telsizi.

Opsiyon olarak, Telsizlere kriptó özelliği yazılımsal ve donanımsal olarak kazandırılabilir. Sistem Telsizi, TIA APCO-25 Standartları'na uyumlu Telsizler ile grup, ASEL SAN APCO-25 Konvansiyonel Telsiz Sistemi dışına çıktığında analog ses görüşmesi yapabilmektedir. Site, sistem içinde diğer Sitelere ve/veya Kontrol Merkezi'ne bağlantısı bulunan, bir veya birden fazla Tekrarlayıcı Cihaz ve Yardımcı Birimlerden oluşturulan belli bir kaplama alanı sağlayan ekipman grubundan oluşturulacak yapıdır. Site iki farklı ortama ara yüz sağlayacaktır;

- a. RF Ortamına Ara yüz,
- b. Sistem Ortamına Ara yüz.

RF Ortamına Ara yüz: Telsizlerle haberleşmeyi sağlayacak olan bu ara yüz, APCO-25 Common Air Interface (CAI) Protokolüne göre gerçekteştirilmektedir. RF Ortamına Ara yüz sağlayacak ekipmanlar aşağıda verilmiştir;

- a. Tekrarlayıcı Cihazı,
- b. Güç Birleştirici Cihazı (Combiner), Almaç Çoklayıcı Cihazı,
- c. Dublekser (NOT: Güç Birleştirici Cihazı ve Almaç Çoklayıcı Cihazı'nın kullanılmadığı, her bir kanalın tek tek ayrı antene çıkılması durumunda kullanılacaktır),
- d. Anten.

Sistem Ortamına Ara yüz: Sistemle haberleşmeyi sağlayacak olan bu ara yüz, RF ortamından gelen sinyalleri sistem içi sinyalleşmeye, sistemden gelen sinyalleri RF ortamına aktaracaktır. Telsiz Erişim Sistemi ile Anahtarlama Sistemi'nin bağlantı noktası olacaktır. Sistem Ortamına Ara yüz sağlayacak ekipmanlar aşağıda verilmiştir;

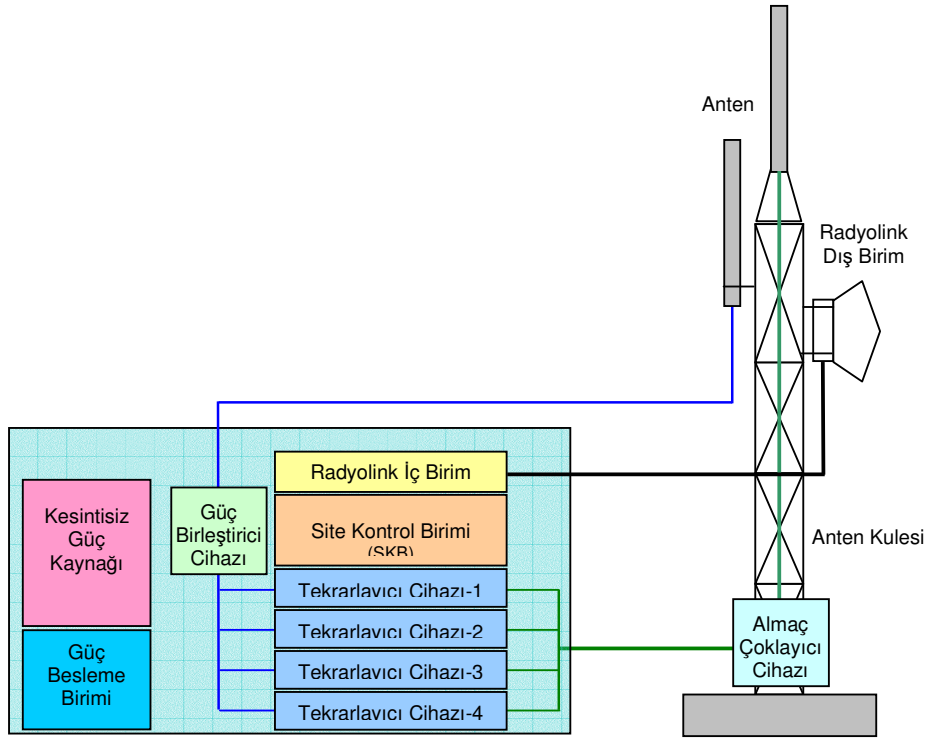
- a. Site Kontrol Birimi (SKB),
- b. Radyolink.

SKB, tersi yönde de çalıřmak kořulu ile Tekrarlayıcı Cihazlarından gelen iřlenmiř CAI sinyallerini trafik ačíısından ATM hücre formatında veri paketlerine, kontrol ačíısından

Q.2931 sinyalleşmesine dönüştürecek ve sisteme E1 (ITU-T G.703 Recommendations) ara yüzü üzerinden göndermektedir.

Radyolink Cihazları, Sitelerin birbirlerine veya Kontrol Merkezi'ne bağlantısını sağlayacak olan ekipmanlar olacaktır. Bağlantılarda mesafeye, mesafe içindeki coğrafik koşullara, ara Site olmaya ve taşıma kapasitesine göre Radyolink Cihazlarının konfigürasyonu 1+0 veya 1+1 seçilmiştir.

Site konfigürasyonunda ayrıca yerleşim yerindeki altyapı imkânlarına bağlı olarak kesintisiz güç kaynağı, anten kulesi ve prefabrik bina ile RF ortamındaki sinyal seviyelerine bağlı olarak alma filtreleri, zayıflatıcılar ve band geçiren filtreler (şekil 3.20) yer alabilmektedir.



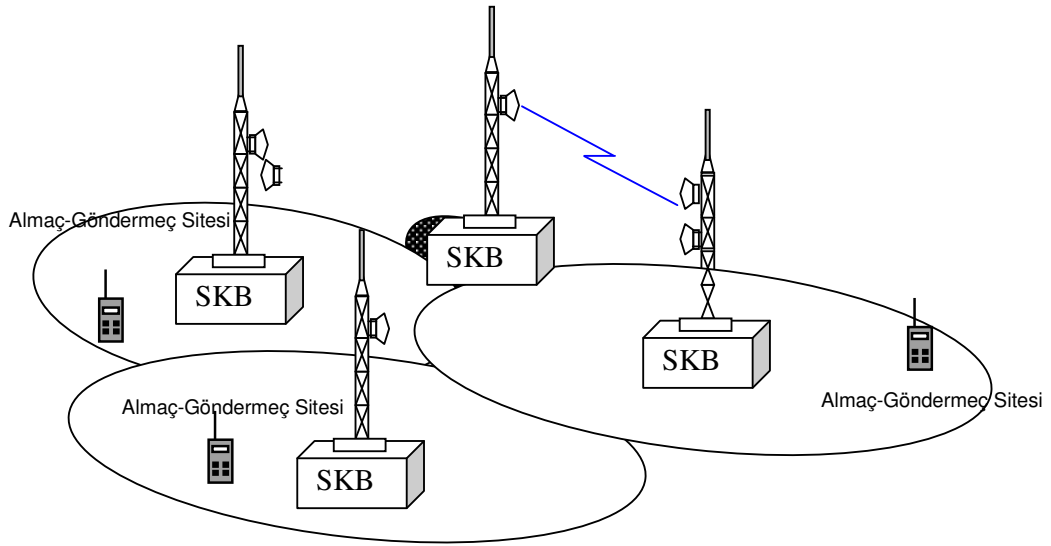
Şekil 3.20 ASELSAN APCO-25 Telsiz Sistemi Tipik Site Konfigürasyonu.

Site'de kullanılacak malzemeler, kurulacağı yerdeki altyapı imkânlarına, konfigürasyonuna ve trafik analiz değerlerine göre belirlenmektedir. Sitede kullanılacak malzemelerin cins ve miktarlarını belirlemek amacı ile sistem teklifinden önce üç boyutlu veri işlenmiş harita paftalarında simülasyon ve alan çalışmaları yapılmaktadır.

Telsiz Erişim Sistemi'nde, Tekrarlayıcı Cihazların konfigürasyonlarına bağlı olarak Siteler iki değişik konfigürasyonda kurulabilmektedir. Almaç-göndermeç sitesi ve almaç sitesi. almaç-göndermeç sitesinde tekrarlayıcı cihazların konfigürasyonunda almaç ve göndermeç birimleri yer alacaktır. Almaç sitesinde ise tekrarlayıcı cihazlar sadece almaç birimleri ile konfigüre edilmektedir.

Telsiz Erişim Sistemi konfigüre edilirken öncelikle kaplanacak alana bağlı olarak Almaç-Göndermeç Siteleri belirlenmektedir. Bu sitelerin etrafında Telsizlerin sisteme erişemediği kritik noktalar için kaplama alanını genişletme/ölü bölgeleri azaltma amaçlı Almaç Siteleri kurulabilmektedir. Her bir Almaç Sitesi, bir Almaç-Göndermeç Sitesinin uydusu gibi davranacak ve o Almaç-Göndermeç Sitesine direkt bağlanacaktır. Bir Almaç-Göndermeç Sitesine en fazla 3 (üç) Almaç Sitesi bağlanabilmektedir.

Sistemin kurulacağı bölgenin kaplamasının bir Almaç-Göndermeç Sitesi ile gerçekleştirilememesi durumunda birden fazla Almaç-Göndermeç Sitesi ile kaplama yoluna gidilmektedir. Bu durumda Almaç-Göndermeç Siteleri'nin kaplama alanları birbirlerinin içine girecek şekilde konumlandırılacaktır. Telsiz Erişim Sistemi'nin örnek konfigürasyonu Şekil 3.21'de verilmiştir.

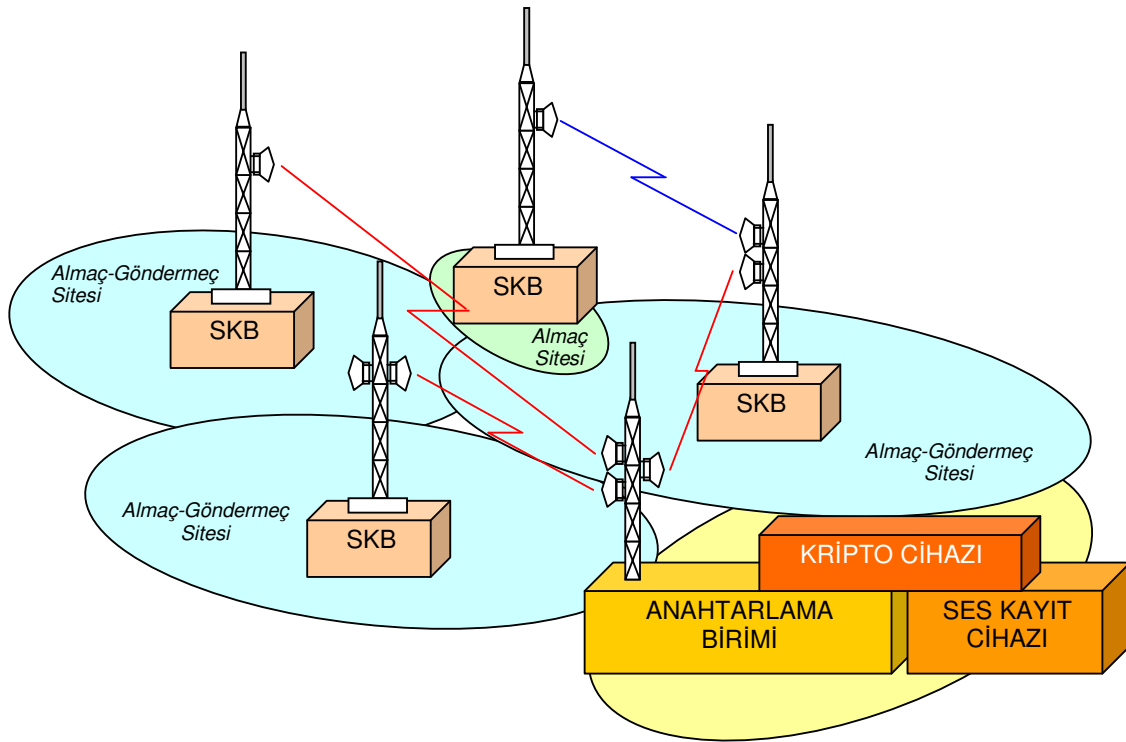


Şekil 3.21 Telsiz Erişim Sistemi Örnek Konfigürasyonu.

ASELSAN APCO-25 Konvansiyonel Telsiz Sistemi'nin Anahtarlama Sistemi, merkezi yapıda oluşturulmaktadır. Anahtarlama Sistemi, TIA APCO-25 Standartları'nda tanımlı Fonksiyonel Gruplardan RF Switch (RFS) ve RF Gateway (RFG)'in tüm fonksiyonlarını

ve RF Control (RFC)'un bazı fonksiyonlarını yürütmektedir. Bu amaçla tüm Sitelerin erişebileceği ve diğer sistemlere geçişin sağlanabileceği yerde, dolayısı ile Kontrol Merkezi'nde konumlandırılacaktır. Sitelere bağlantısı Radyolink ile sağlanacak ve Sitelerdeki SKB'ler ile haberleşmektedir.

Anahtarlama Sistemi'nin temelini ATM anahtarlama yapabilen ve Q.2931 kontrol sinyalleşmesini destekleyen APCO-25 Santrali oluşturacaktır. Anahtarlama Sistemi'nde yardımcı birimler olarak Radyolink ve Ses Kayıt Cihazı yer alacaktır. Anahtarlama Sistemi'nin Örnek Konfigürasyonu Şekil 3.22'de gösterilmiştir.



Şekil 3.22 Anahtarlama Sistemi Örnek Konfigürasyonu.

Tüm Sitelerdeki SKB'ler coğrafi koşullardan dolayı direkt olarak APCO-25 Santrali'ne bağlanamayabilir. Bu durumda, direkt olarak APCO-25 Santrali'ne bağlanamayan Sitelerdeki SKB'ler ATM Router/Switchler üzerinden bağlanacaktır. APCO-25 Santrali 20 Site ve her sitede 32 kanalı anahtarlatabilecek donanım ve yazılım gücüne sahip olacaktır.

Anahtarlama Sistemi, sistem içindeki yol verme işlemlerini statik adreslere dayalı olarak gerçekleştirmektedir. APCO-25 Santrali'ne, kendisine bağlı sistem içindeki düğümler (Tekrarlayıcı Cihazları) arasındaki tüm haberleşmeler için (point-to-point ve multicast)

ayrı bir Virtual Path Identifier (VPI) ve Virtual Circuit Identifier (VCI) numarası önceden programlanacaktır. Santral, aldığı ATM hücresinin VPI-VCI numarasına bakarak, daha önceden programlanan yol verme tablosuna göre hücreleri anahtarlayacaktır.

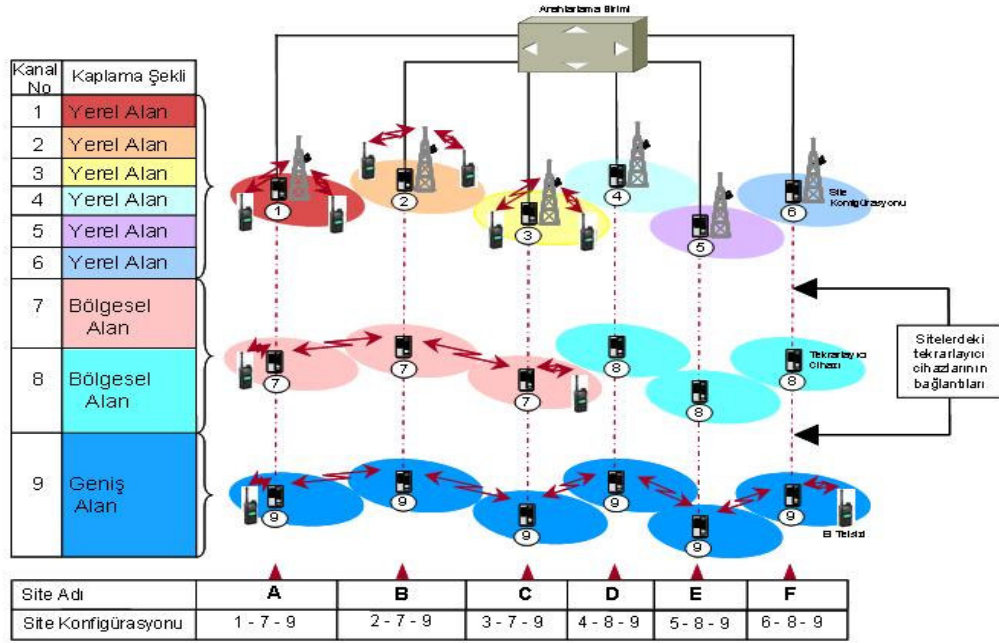
ASELSAN APCO-25 Sistem Konfigürasyonu: ASELSAN APCO-25 Konvansiyonel Telsiz Sistemi'nin Tipik Sistem Konfigürasyonu Şekil 3.22'de verilmiştir [2].

ASELSAN APCO-25 Konvansiyonel Telsiz Sistemi'nin Teknik Özellikleri; TIA APCO-25 Standartları'na uygun olarak FDMA Erişim Tekniğinde çalışır, Modülasyon tekniği olarak C4FM kullanılır, Ses kodlayıcı olarak 4.4 Kbit/s IMBE (Improved MultiBand Excitation) tekniği kullanılır [24].

Sistem mevcut PMR frekans bandlarını içeren bandlarda çalışabilmektedir. Bu frekans bandları 146-174 MHz, 406-470 MHz olarak belirlenmiştir. 12.5 ve 25 KHz kanal aralığında çalışabilmekte olan sistem, alma-gönderme frekans farkı olarak VHF' de 500 KHz, UHF'de 5 MHz gerektirir.

Sistemin konvansiyonel ve trunk çalışma modları mevcuttur. Konvansiyonel sistemin tek site veya çoklu tek site çalışabilme özellikleri vardır. Ayrıca simulcast (tüm sitelerde aynı frekansların kullanılabilmesi) özelliği de mevcuttur. (Şekil 3.23) Trunk sisteminde ise; tek site, çoklu site, bölgesel veya ülkesel geniş alan kaplama yapmak mümkündür. Havadaki RF bit hızı 9.6 Kbit/s, net veri hızı 7.2 Kbit/s (korumasız) ve 4.8 Kbit/s (korumalı)'dır [2].

Sistem telsizleri eski nesil analog telsizlerle analog olarak görüşebilmektedir. Kaplama alanı dışında veya kullanıcı tercih ettiğinde, sistem telsizleri sistem harici telsizlerle analog veya sayısal olarak görüşebilir. Tipik Sistem Konfigürasyonu Şekil 3.24'te verilmiştir. Yukarıda belirtilen Teknik Özellikler Çizelge 3.6'da özetlenmiştir [2].



Şekil 3.23 Sistem Modu Çalışma Şekilleri.

Çizelge 3.6 ASELSAN APCO-25 Teknik Özellikler.

ÖZELLİKLER	APCO 25
Frekans Bandı	146-174, 406-470 MHz
Erişim Tekniği	FDMA
Kanal Aralığı	12.5 KHz
Dupleks Aralık	0.5 – 5 MHz
Spektrum Verimliliği	0.77 bit/s/Hz
İletişim Modu	Half Dupleks
Modülasyon Tipi	C4FM
RF Bit Hızı	4.8 ksembol/s (9.6 Kbit/s)
Ses Kodlayıcı Tipi	IMBE (4.4 Kbit/s)

Şekil 3.24 Tipik Sistem Konfigürasyonu.

3.3 SİSTEM SEÇİM KRİTERLERİ

Açık Standart Sistem, seçilecek olan telsiz sisteminin, pek çok üreticinin sistem ve terminal ürünleriyle çözüm sunduğu açık standart bir telsiz sistemi olması, kullanıcılara seçim yapma esnekliği ve sistemin idamesi açısından da kolaylık sağlayan önemli bir kriterdir [3].

3.3.1 Telsiz Sistemlerinde Standartlaşma

Telsiz sistemlerinin tarihçesine bakıldığında, ilk kurulan PMR sistemlerinin analog yapıda ve kullanıcı kuruluşlarının ihtiyaçlarına göre özel olarak tasarlandığı görülmektedir. Daha sonraki sistemler ise altyapı maliyetlerinin düşürülmesi ve frekans spektrumunun daha etkin ve verimli olarak kullanılması için trunk tipinde tasarlanmıştır. Trunk telsiz sistemlerinin uygulaması sırasında, bu sistemlerde bir standartlaşmaya gidilmesine ihtiyaç duyulmuştur. Bu amaçla, İngiltere'de DTI (**D**e**T**artment of **T**rade and **I**ndustry – Ticaret ve Endüstri Dairesi) tarafından analog telsiz cihazları ve sistem arasındaki işaretleşme için, MPT 1327 standardı tanımlanmıştır. MPT 1327, dünyada telsiz sistemleri için tanımlanmış ilk açık standarttır [18]. Günümüzde sinyalin hatasız iletilmesi, veri aktarımında harici bir modeme ihtiyaç duyulmaması, sayısallaştırılmış sesin sıkıştırma teknikleri ile küçük bir band genişliğinde gönderilebilmesi gibi teknolojik gelişmeler sayısal tasarımların analogların yerini almasına ve yaygınlaşmasına etken olmaktadır.

GSM (**G**lobal **S**ystem for **M**obile – Küresel Mobil İletişim Sistemi)'in standartlaşmasındaki başarı, sayısal PMR sistemlerinin de standartlaşma sürecini başlatmıştır. Bu süreç içerisinde, kullanıcı-üretici-işletmeci organizasyonunda **TETRA** (**T**Errestrial **T**runk **R**adio – Karasal Trunk Telsiz) ve **APCO-25** açık standartları ön plana çıkmaktadır. Bu standartlarda, erişim tekniği, sistem servisleri ve sistem ara yüzleri ile bazı teknik özellikleri tanımlanmaktadır.

Erişim Tekniği: Standartlarda erişim tekniği, telsizlerin sisteme nasıl erişebildiklerini veya telsiz frekans spektrumunun nasıl kullanılacağını tanımlamaktadır. FDMA (**F**requency **D**ivision **M**ultiple **A**ccess - Frekans Paylaşımlı Çoklu Erişim) erişim tekniğinde frekans bandının parçalara bölünerek paylaşımı ilkesi kullanılırken, TDMA (**T**ime **D**ivision **M**ultiple **A**ccess – Zaman Paylaşımlı Çoklu Erişim) erişim tekniğinde zaman ekseninin parçalara bölünerek paylaşımı ilkesi kullanılmaktadır [17].

Sistem Servisleri: Standartlarda sistem servisleri tele servisler ile taşıyıcı ve tamamlayıcı servisler olmak üzere üç grupta toplanmaktadır.

Tele Servisler: Terminal kullanıcıları arasında iletişim kurulmasını sağlayan bireysel, grup ve anons çağrılarını kapsamaktadır. Ses tele servisleri; bireysel çağrı, grup çağrı, onaylı grup çağrı, çevrim içi yayın, acil çağrı.

Taşıyıcı Servisler: Devre anahtarlama veri, bağlantılı paket veri, bağlantısız paket veri.

Tamamlayıcı Servisler: Acil çağrı gruplaması, durum mesajı gönderme, DTMF ton, erişim önceliği, öncelikli çağrı, kesme öncelikli çağrı, geç katılma, konuşan parti kimliği, Trunk çalışma modunda iken konvansiyonel moda geçme, ortam dinletme, ses uygulamaları, telefon sistemlerine bağlanma, dispatcher(sistem yönetim konsolu) da haberleşme trafiğinin takibi ve tüm konuşmaların kayıtlarının tutulması.

Veri Uygulamaları: Araç takip uygulaması, veri tabanı erişimi(kimlik, plaka, stok vb. sorgulama) uygulamaları, mesajlaşma ve dosya transferi (doküman, görüntü vb. dosyalar).

APCO-25 telsiz sistemi ABD ağırlıklı olarak; ABD, Kanada, İngiltere ve Avustralya gibi ülkelerin Kamu Güvenliği Ofislerinin üye olduğu APCO (Association of Public Communication Offices) isimli birliğin başlattığı bir süreç sonrasında doğmuştur. APCO tarafından tanımlanan APCO Project-25 telsiz sistemi önce TIA (Telecommunication Industry Association) daha sonra ANSI (American National Standard Institute) onaylarıyla açık standart telsiz sistemi olarak yayınlanmıştır [8, 18, 31].

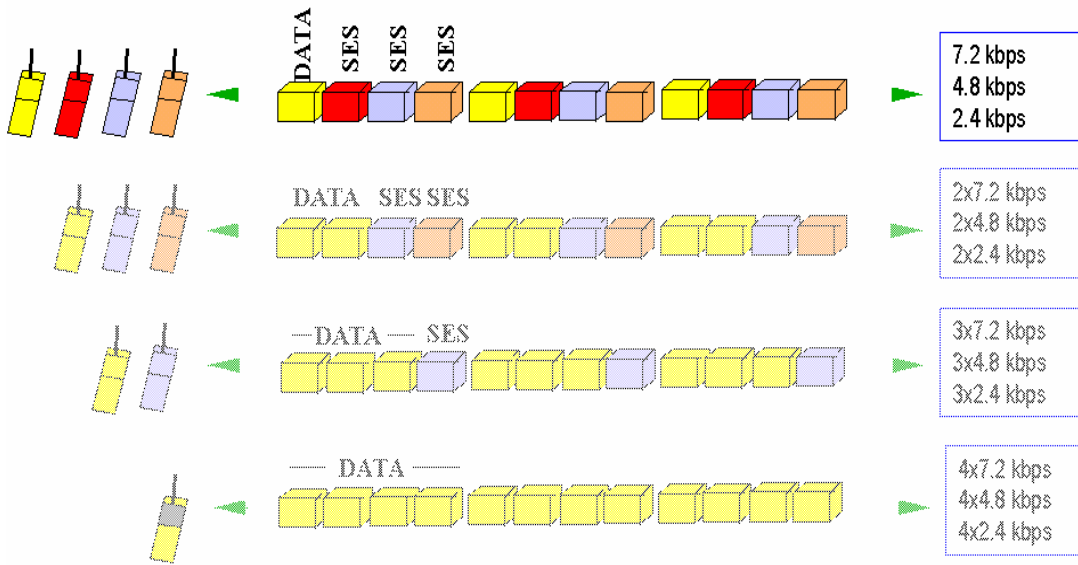
Diğer telsiz sistemleri standartları üreticilerin başını çektiği oluşumlar tarafından yönlendirilirken, APCO-25 telsiz sistemi standardı, APCO birliği üyesi olan kullanıcıların bir araya gelerek belirlediği ihtiyaçlar ve gereksinimler doğrultusunda ortaya çıkmış olan, “Kullanıcı odaklı” bir sistemdir.

3.3.2 Sayısal Ses Ve Veri Entegrasyonu

APCO-25 telsiz sistemi standardı, sayısal ses haberleşmesi yanında hem “Devre Anahtarlama(Circuit Switched)” hem de “Paket anahtarlama(Packet Switched)” veri haberleşmesine imkân vermektedir. APCO-25 standartlarında paket anahtarlama veri haberleşmesi için teknolojik olarak da popüler olan “IP” tabanlı veri haberleşmesi

tanımlıdır. APCO-25 sisteminde havadaki bit hızı 9.6 Kbps'dir. Bu hızın 2.4 kbps'i şebeke içi kontrol sinyalleşmelerinde kullanılırken 7.2 kbps'lik kısmı kullanıcı tarafından kullanılabilir. Kullanıcı tarafından kullanılan, korumalı net veri aktarım hızı, onaylı veya onaysız veri aktarım modlarının seçilmesine bağlı olarak değişse de kanal başına 6.008 Kbps (Max) 'e kadar çıkabilmektedir [19].

TETRA sisteminde ise 25 KHz kanal aralığında kullanıcılara tahsis edilmiş 4 zaman slotu bulunmaktadır. Standartta göre bu 4 slot'dan bir veya birkaçı üzerinden veri aktarımı yapılırken 7.2(Korumasız), 4.8(Korumalı) ve 2.4(Yüksek korumalı) Kbps veri hızlarına ulaşmak mümkündür. Ancak teorik olarak mümkün görünen 7.2 kbps'lik korumasız veri aktarım hızı, havadaki aktarım esnasında oluşabilecek bit hatalarının düzeltilememesi sebebiyle pratikte neredeyse imkânsızdır. Pratik olarak anlamlı olan veri hızları 4.8 ve 2.4 kbps'dir [17].



Şekil 3.25 TETRA Data-Ses Kanla Kullanımı.

Standartlarda tanımlanmış olan ve tüm TETRA sistemi sunumlarında Şekil 3.25'e benzer bir animasyonla gösterilen slotların birleştirilerek yüksek hızlı data uygulaması yapılması (Multislot data) üreticiler tarafından geliştirilmemiştir. TETRA sisteminin faz-II'sinde hedeflenen data hızları çok daha yüksek olduğu için üreticiler multi-slot data yapmak yerine faz-II'de tanımlanan/tanımlanmakta olan standartları gerçeklemeyi düşünmüşlerdir [29].

Yüksek Kaliteli Sayısal Ses; APCO-25 telsiz sisteminde, patenti DVSI(Digital Voice System Inc.) firmasına ait olan IMBE(Improved Multi Band Excitation) ses kodlayıcısı kullanılmaktadır. Sayısal olarak kodlanmış olan bu sesin analog telsiz sistemlerindeki ses kalitesinden çok daha iyi olduğu açıktır. Ayrıca, IMBE ses kodlayıcısının, ses kalitesi ve hata dayanıklılığı açısından, diğer telsiz sistemlerindeki ses kodlayıcılarına göre daha iyi performans verdiği yönünde test sonuçları bulunmaktadır.

Geniş Kaplama Alanı; Bir telsiz yayının, propagasyon(Yayılım) mesafesi temel olarak, Telsiz sisteminde kullanılan

- a. Erişim tekniğine,
- b. Çalışma frekansına,
- c. Terminal ve baz istasyonların duyarlılık seviyeleri ile çıkış güçlerine bağlıdır.

Erişim Tekniği; APCO-25 telsiz sistemi standardı FDMA(Frequency Division Multiple Access- Frekans paylaşımlı çoklu erişim) erişim tekniğini kullanmaktadır. FDMA'ın alternatifi olan TDMA(Time Division Multiple Access- Zaman paylaşımlı çoklu erişim) sistemlerde, yayının zaman senkronizasyonunun kaybetmeden yayılabileceği coğrafik mesafe limitli olduğu için, FDMA sistemlerde propagasyon mesafesi genel olarak daha uzundur. Bu da kaplama alanının daha büyük olması anlamına gelmektedir.

Çalışma Frekansı; RF(Radyo Frekansı) yayılımında sinyalin “frekansı” da yayılım mesafesi açısından önemli bir parametredir. Frekans ne kadar düşük ise yayılım mesafesi o kadar artmaktadır. Bu yüzden VHF(146-174 MHz) sistemlerin yayılım mesafesi dolayısıyla kaplama alanı UHF(406-470 MHz) sistemlere göre daha geniştir. APCO-25 telsiz sistemi standartlarında VHF, UHF ve 800 MHz bantları tanımlı durumdadır. Mümkün olan yerlerde VHF APCO-25 sisteminin kullanılması kaplama alanı açısından avantajlıdır.

Terminal ve Baz istasyon duyarlılık seviyeleri ile cihaz çıkış güçleri; APCO-25 ve diğer alternatif telsiz sistemlerine ait cihaz duyarlılık seviyeleri ve çıkış güçleri Çizelge 3.7 ve 3.8’de gösterilmektedir. Bir telsiz göndermecinin(Transmitter) cihaz çıkış gücü ne kadar yüksek ise RF sinyal yayılımı o kadar fazla olacaktır.

Bir telsiz alıcısının almaç duyarlılığı ne kadar düşük ise (Değerlerin eksi[negatif] olduğuna dikkat edilmeli) söz konusu almaç belirtilen değere kadar zayıflayacak sinyali

alabilmektedir. Bir başka deyişle sinyal yayılımı esnasında olabilecek zayıflamaları daha fazla tolere edebilecek ve daha uzaktan yapılan yayınları alabilmektedir. APCO-25 telsiz sistemi standardında tanımlanan alman duyarlılığı, (Çizelge 3.7) diğer sistemlere göre daha iyi olduğu, cihazlarının çıkış gücü (Çizelge 3.8) diğer sistem cihazlarına göre daha yüksek olduğu için, sistem kaplama alanı açısından diğer sistemlere göre avantajlı durumdadır.

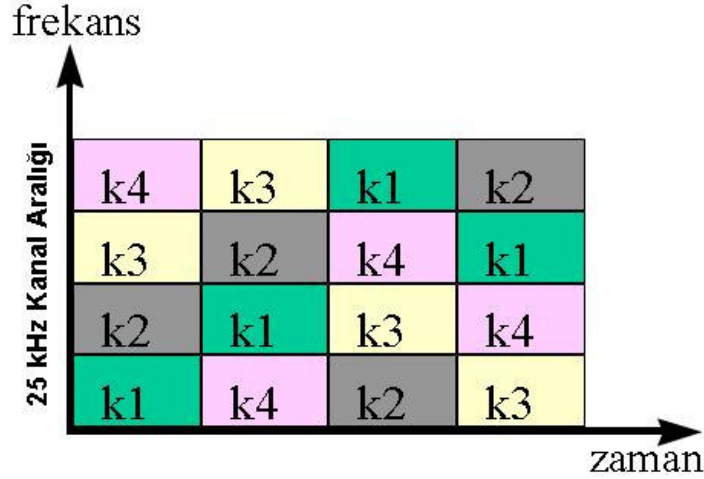
Çizelge 3.7 Duyarlılık Seviyeleri Açısından Telsiz Sistemleri.

DUYARLILIK SEVİYELERİ AÇISINDAN BAZI TELSİZ SİSTEMLERİ			
DUYARLILIK	TETRA	APCO-25	CDMA-450
BAZ İSTASYON	-106 dBm	-116 dBm	-117 dBm (%1 FER)
MOBİL TELSİZ (El, Araç)	-103 dBm	-116 dBm	-104 dBm (%1 FER)

Çizelge 3.8 Cihaz Çıkış Güçleri Açısından Telsiz Sistemleri.

CİHAZ ÇIKIŞ GÜÇLERİ AÇISINDAN TELSİZ SİSTEMLERİ			
DUYARLILIK	TETRA	APCO-25	CDMA-450
BAZ İSTASYON	0.6-40 W	500 W	Dynamic
ARAÇ TELSİZİ	0.03-10 W	100 W	0.063-10 W
EL TELSİZİ	0.03-3 W	5 W	0.063-10 W

Geriye Uyumluluk; APCO-25 sistemi sayısal modülasyon olarak C4FM'i (Constant envelope 4 level FM) kullanmaktadır. Temelde bu da bir frekans modülasyonu olduğu için analog-FM yayınlarının bir APCO-25 terminali üzerinde modüle ve demodüle edilmesi oldukça kolay bir tekniktir. APCO-25 kullanıcısı isterse Analog telsizlerle de haberleşme yapabilmektedir. Pi/4 QPSK modülasyonunu kullanan TETRA sisteminde veya B/Q/8 - PSK veya 16QAM modülasyon tekniklerinin kullanan CDMA (Code Division Multiple Access) (Şekil 3.26) sistemlerinde ise analog yayınların aynı modülatör/demodülatör devreleriyle kodlanıp/çözülmesi mümkün değildir. TETRA veya CDMA sistemi terminallerini analog-FM telsiz kullanıcıları ile doğrudan görüşemeyecek, teknik olarak pek de tercih edilmeyen altyapı veya merkezde audio-gateway'ler kullanmak gerekmektedir [3].



Şekil 3.26 CDMA Kanal Paylaşımı.

Kurumların envanterlerinde bulunan analog FM telsizler ile de haberleşme imkânının devam ettirilmesi açısından APCO-25 sistemi diğer sistemlere göre avantajlı durumdadır.

Frekans Kullanımı; Türkiye’de Telekomünikasyon Kurumu tarafından çeşitli kurumlara tahsis edilmiş VHF veya UHF nokta frekanslar mevcuttur. Bu frekans tahsisleri FDMA erişim tekniğindeki analog sistemler için yapılmıştı.

TETRA sistemi TDMA bir sistem olduğu için çalışılacak frekans bandında FDMA frekans kanallarının bulunması sistemin çalışmasını etkilemektedir. Sistemin hücresel olduğu, hücresel frekans planlaması kriterleri de düşünüldüğünde, TETRA sistemi için ayrı bir frekans bandının tahsisi daha uygun görünmektedir. APCO-25 sistemi ise mevcut tahsisler FDMA’ye göre yapıldığı için mevcut bantlarda noktasal frekans tahsisi ile (Hatta hali hazırda tahsisli olan analog frekansların bu iş için kullanılmasıyla) çalışabilmektedir. Bu açıdan APCO-25 sisteminin TETRA ve tüm diğer TDMA sistem çözümlerine göre, bir avantajı söz konusudur.

Spektrum Verimliliği; Türkiye’de Telekomünikasyon Kurumu tarafından geleneksel analog telsiz sistemleri için 25 KHz kanal aralıklı frekans tahsisleri yapılmıştır. APCO-25 telsiz sisteminde 12.5 KHz kanal aralığı tanımlı durumdadır ve 25 KHz kanal aralığında bir çağrının yapılabilirdiği analog sistemlerle karşılaştırıldığında frekans spektrumunun daha verimli kullanıldığı söylenebilir.

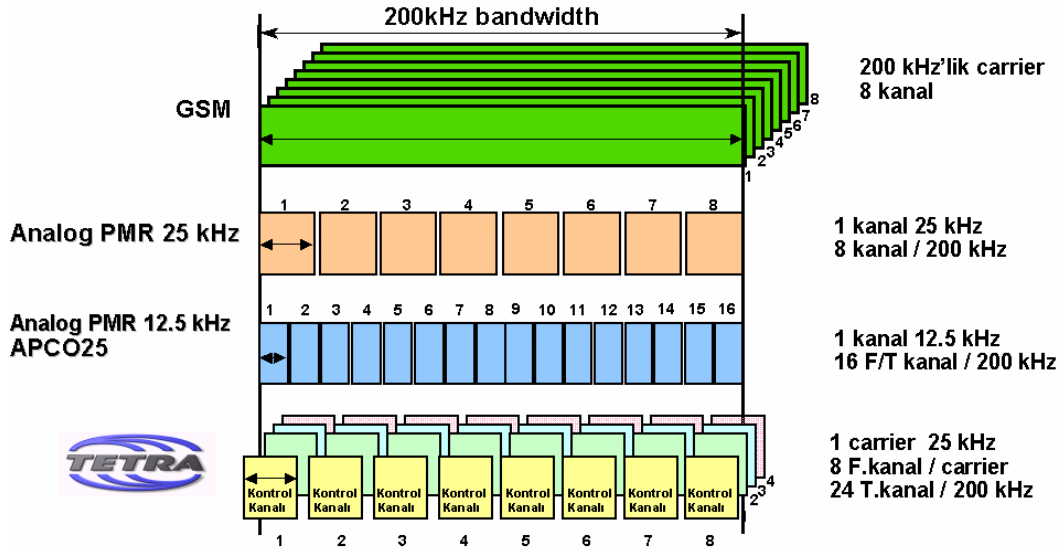
APCO-25 sistemini, spektrum verimliliği açısından TDMA sistemler ile karşılaştırdığımızda, TDMA sistemlerde aynı frekans kanalının zaman paylaşımı kullanabilmesi sebebiyle, TDMA sistemler öne çıkmaktadır.

“Direkt Mod” çalışma olarak anılan, sistem kaplama alanı dışında(Veya lokal) görüşme ihtiyacı ortaya çıktığında telsizlerin arada baz istasyon olmadan haberleşmeleri durumunda, farklı telsiz sistemlerin göreceli spektrum verimlilikleri değişmektedir. Örneğin TETRA sisteminde direkt mod çalışmada iki terminalin sisteme değil de birbirlerine senkronize olmaları söz konusu olduğu için 25 KHz kanal aralığında aynı anda 1 adet(Veya efektif modu olan bazı terminallerde 2 adet) çağrı yapılabilir. Direkt mod çalışmada TDMA sistemler spektral verimliliklerini kaybetmektedirler.

TDMA veya FDMA olsa da, sistemlerin hücresel olduğu göz önüne alındığında, hücresel frekans planlamasında büyük avantaj ve sonuç olarak ciddi bir frekans verimliliği sağlayacak olan SIMULCAST (Tüm hücrelerde aynı frekansın kullanılması) özelliğinin, APCO-25 gibi FDMA tabanlı bir sisteme kazandırılması göreceli olarak kolay ve mümkündür. 12.5 KHz kanal aralığında çalışması ve SIMULCAST özelliğinin kazandırılabilir olması sebebiyle APCO-25 sisteminin spektrum kullanımı açısından verimli olacağı (Şekil 3.27) söylenebilir.

Yaşayan/Gelişen Bir Telsiz Standardı; APCO-25 telsiz sistemi standardı yaşayan bir standarttır. Kullanıcı gereksinimleri ve ihtiyaçları doğrultusunda sistemin geliştirilmesi/iyileştirilmesi için çalışmalar APCO bünyesinde sürdürülmektedir. Faz-II çalışmaları devam etmekte ve sistem geliştirilmektedir. APCO-25 sistemi faz-II hedeflerinde 6.25 KHz kanal aralığına inerek spektrum verimliliğini daha da artırmak yer almaktadır. Bu konudaki çalışmalar ve standartlaşma tamamlanmak üzeredir. Ayrıca tüm bu çalışmalarda faz-I sistemlerle geriye yönelik uyumluluk vazgeçilmez kriter olarak tanımlıdır.

Aslında faz-II çalışmaları diğer telsiz sistemleri için de hızla devam etmektedir. Fakat bu çalışmalar stratejik açıdan APCO faz-II çalışmalarından ayrılmaktadır. Örneğin yüksek hızlı data hedefiyle yola çıkan TETRA sisteminde de faz-II çalışmaları sürmektedir. Ancak kullanıcılardan ziyade üreticiler tarafından yönlendirilen bu çalışmalarda önce “TAPS” daha sonra “TEDS” çözümleri planlanmaktadır.



Şekil 3.27 Frekans Kullanımı.

TAPS çözümünde hem terminal hem de altyapı olarak birinci ile haberleşemeyen ikinci bir şebekenin kurulması, TEDS’de ise TAPS altyapısı ile TETRA faz-I altyapısının birbirine bağlanması ve hem faz-I’i hem de TAPS’ı destekleyen yeni terminallerin tasarlanması planlanmaktadır. Ancak kullanıcıya yeni ve gelişmiş hizmet sunmaya yönelik tüm bu çalışmalarda geriye yönelik uyumluluk göz ardı edildiği için, TETRA faz-I için yapılacak terminal ve altyapı yatırımlarının ciddi bir kısmını kullanılamaz hale gelecek yeni yatırımlar kaçınılmaz olacaktır.

Sistem Maliyeti ; APCO-25 telsiz sistemi kaplama alanı açısından avantajlar sağladığı için site ve baz istasyon sayısı daha az olacak bu da maliyete direkt etkiyecektir. Ayrıca TDMA ve CDMA teknolojileri FDMA’ye göre daha karmaşık teknolojilerdir. TDMA ve CDMA tabanlı sistem geliştiren üreticiler GSM sistemleri için geliştirdikleri yüksek ölçekli teknolojileri ve ürünleri bu sistemlerde de kullandıkları için maliyetleri APCO-25 sistemine göre oldukça yukarda olmaktadır. TETRA ve CDMA-450 gibi sistemlerin özellikle altyapı (Baz istasyon ve Santral) maliyetleri oldukça yüksektir [3].

Profesyonel telsiz sistemlerinde şehir içinin olduğu kadar banliyö ve kırsalların da kaplanma ihtiyacı olabileceği düşünüldüğünde fazladan kullanılacak her bir site ve baz istasyonun, maliyeti gerçekten çok yüksek olan “Elektrik enerjisi götürülmesi”, “Prefabrik bina veya konteynırlar ile anten kulelerinin inşa edilmesi” gibi ciddi işlerin planlanması

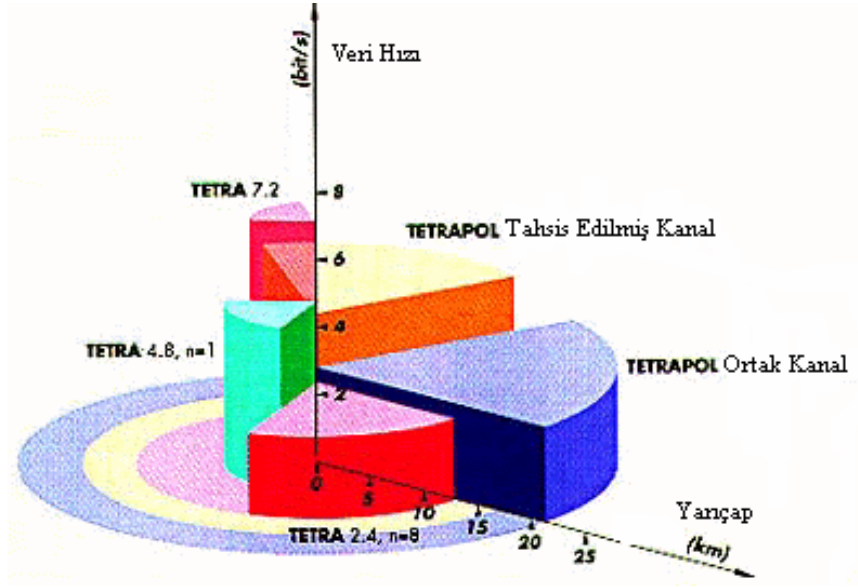
anlamına geleceği değerlendirilmelidir. APCO-25 telsiz sistemi alternatiflerine göre maliyet etkin bir çözüm olduğu için tercih edilmiştir.

Yukarıdaki açıklamalardan da anlaşılacağı gibi dünyanın çeşitli sosyoekonomik bölgelerinde çeşitli modülasyon ve erişim tekniklerinin kullanıldığı ikinci nesil sayısal sistemler kullanıma sunulmaktadır.

ETSI tarafından yapılan çalışmalara göre sayısal trunk sistemleri FDMA tade TDMA erişim tekniği ile oluşturulabilecektir. Düşük trafik yoğunluğuna sahip ve büyük kaplama alanı gereksinimi duyan, maksimum 10 kanal/site olan sistemler için optimum çözüm FDMA olacaktır. Yüksek yoğunluklu, site başına 15'den fazla kanala sahip ancak kaplama alanının dar olmasına müsaade edebilecek sistemler için TDMA optimum çözüm olacaktır. Güvenlik kuvvetleri tarafından kullanılan sistemler profesyonel sistemler (PMR) olarak adlandırılmakta olup, düşük yoğunluklu sistemlerdir. Dolayısıyla FDMA çözümü yeterli olacaktır. PAMR sistemleri ise (ASELSAN ticari trunk sistemi gibi) yüksek yoğunluklu olup TDMA çözümü gerektirirler.

TETRA sisteminde TDMA ve $\pi/4$ DQPSK teknikleri kullanılmaktadır. TDMA erişim tekniği bireysel kanal ihtiyacı olan kullanıcı yoğunluğunun fazla olduğu sistemlerde kullanılmaktadır Bunun yanında senkronizasyon gereksinimi sebebiyle almaç duyarlılığı çok iyi değildir. Yani TDMA sistemi yüksek yoğunluklu ancak kaplama alanının dar olduğu sistemlerdir. Aşağıdaki çizimde bu durum veri hızları açısından gösterilmiştir. Çizimde gösterilen değerler kentsel yayılım modeline göre hesaplanmıştır. Kapsama alanı veri kanalları için 0.15 BER (Bit Error Rate) ve işaretleşme kanalları için 0.20 BER esas alınarak Şekil 3.28'de gösterilmiştir [24].

Şekil 3.28'den anlaşılacağı üzere TETRA sisteminde sunulan yüksek hızlı veri servisleri kodlama yetersizliğinden dolayı sadece kısa mesafeli haberleşmede etkili olabilmektedir. TETRA sisteminde kaplama alanının dar olmasının ikinci sebebi ise TDMA yapıdan dolayı ortaya çıkan duyarlılık düşüklüğüdür. Sadece Temel band modülasyonu sayısal ancak taşıyıcı modülasyonu analog FM olan sistemler tamamen sayısal modüle edilmiş sistemlere göre yaklaşık 10 dB kadar daha fazla duyarlılığa sahiptir. Yani başka bir deyişle, TDMA TETRA sisteminde FDMA erişim tekniğinin kullanıldığı bir sisteme nazaran 1.5-2 kat daha fazla baz istasyon kullanılarak aynı kaplama alanına erişilebilir [3].



Şekil 3.28 Kapsama Alanı-Veri Hızı İlişkisi.

TETRA sisteminde senkronizasyon baz istasyondan gönderilen işaretler ile sağlanmaktadır. Direkt mod haberleşmede böyle bir imkân olmadığından direkt mod haberleşme yapacak terminallerin senkronizasyon işlemlerini kendilerinin yapmaları gerekmektedir. Bu da direkt mod yeteneğine sahip terminallerin daha pahalı olacağı anlamına gelmektedir.

$\pi/4$ DQPSK modülasyon tekniğinde filtreleme yapılmadığında modüle edilmiş işaret daha geniş bir frekans spektrumuna yayılmaktadır. 25 KHz kanal genişliğinin tanımlandığı TETRA sisteminde bu durumda yan kanallara taşma ve desentizasyon tehlikesi baş göstermektedir. Spektrum veriminin iyileştirilmesi amacı ile darbe şekillendirici filtreler kullanılmaktadır. Bu filtrelerin kullanılması, taşıyıcı işaretin genlik modüle olmasına yol açmaktadır. Genlik modüleli işaretin kayıpsız taşınması için ise doğrusal yükselteçler kullanılmaktadır. Doğrusal yükselteçler verimin düşük ve yapımın pahalı olduğu yükselteçlerdir. Doğrusal yükselteçlerin verimi maksimum % 25'ler civarındadır. Bu verim doğrusal olmayan yükselteçlerde % 75'ler civarına çıkabilmektedir. Yani doğrusal bir yükselteç kullanılan el telsizi batarya ömrü, doğrusal olmayan bir yükselteç kullanılan el telsizinin batarya ömrünün üçte biri kadar olacaktır.

TETRAPOL sisteminde FDMA ve GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying) teknikleri kullanılmaktadır. Burada ilk akla gelen FDMA baz istasyonunda birden fazla güç

yükseltecin kullanılacağı ve bunların karmaşık birleştiricileri ile birleştirildikten sonra kullanılabileceğidir.

TDMA sisteminde yalnızca bir zaman dilimi kullanılsa bile, zaman dilimlerinin tamamı gönderilmektedir. Yani düşük yoğunlukta bile gereksiz güç tüketimi ve kanal kullanımı ortaya çıkmaktadır. Oysa FDMA sisteminde bir kullanıcı için bir frekans bölgesi kullanılır ve sadece bu aralık için güç harcanır.

ABD APCO-25 sistemi FDMA ve C4FM tekniklerini kullanmaktadır. Sistem ABD ve Kanada güvenlik kuruluşlarının üretici firmalarla ortak çalışmaları sonucunda ortaya çıkmıştır. APCO-25 sistemi 12.5 KHz kanal aralığında hem analog hem sayısal haberleşmeyi desteklemektedir. Ülkemizde de ABD da olduğu gibi analog sistemler yaygın olarak kullanılmaktadır. Sayısal sistemlere geçişte bu sistemlerin tamamını atmak ve yeni yatırımlara girmek tamamen anlamsızdır. ASELSAN bu noktada ABD APCO-25 örneğinde olduğu gibi hem sayısal hem de analog konumda haberleşme yapabilen SK4000 telsizlerini üretmiştir [32].

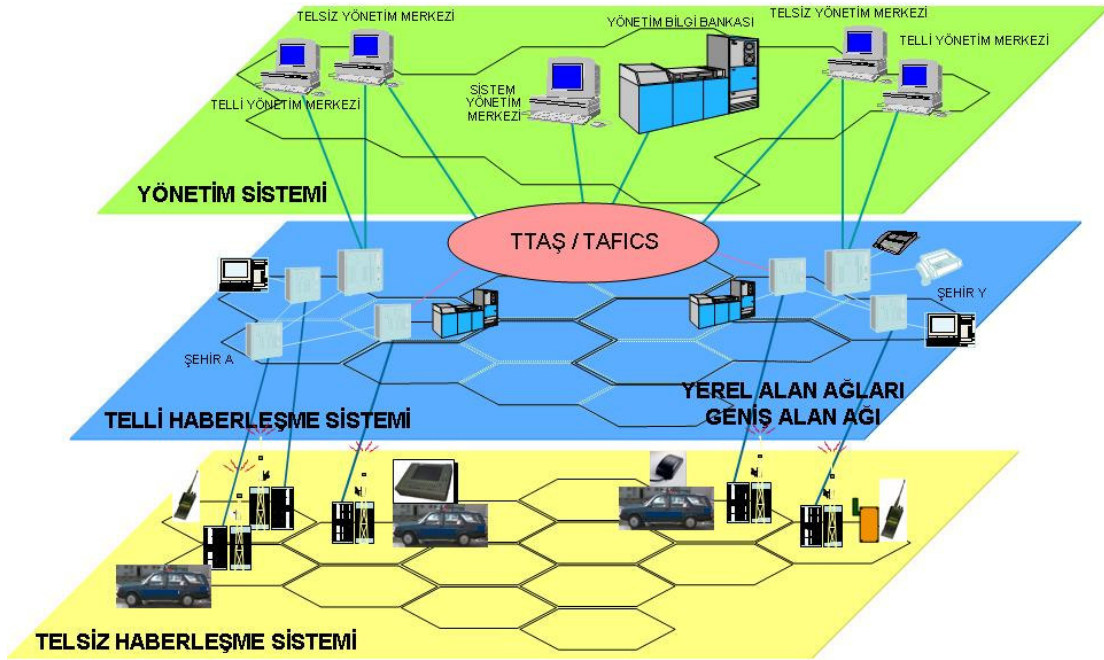
Analog telsizler kullanım ömrünü dolduruncaya kadar SK4000 telsizlerin analog özelliği kullanılmak suretiyle beraber çalışma özelliği verilmektedir. Analog sistemlerin tamamen atılması ve yerlerine pahalı sayısal sistemlerin konulması bu sistemlerin en az 15-20 yıl kullanılması demektir.

Oysa ETSI ve ITU-R tarafından yapılan çalışmalar 2006 yılından sonra gezgin haberleşme ortamı olarak UMTS/FPLMTS sistemlerinin kullanılacağını göstermektedir. UMTS/FPLMTS sistemlerinin de kullanılacağı GMM sisteminin yeni sistemlerin yanında şu anda var olan uygulama servislerine de destek vermesi beklenmektedir [33].

BÖLÜM 4

TELLİ-TELSİZ SİSTEM ENTEGRASYONU VE YÖNETİMİ

İl temsilciliği bazında kurulacak telsiz sistemi, yaya ve mobil devriye seviyesine kadar birimleri kapsayacak ve el, araç ve sabit telsizler, tekrarlayıcı cihazları ile yönetim ve denetim merkezinden oluşacağı örnek yapı Şekil 4.1’de gösterilmiştir. Telsiz haberleşme alt yapısı içinde yer alan tekrarlayıcılar tek başına hizmet verebilecekleri gibi, birbirlerine telli hatlar veya mikrodalga linkler ile bağlanarak geniş alan kaplama sağlanacaktır.



Şekil 4.1 Telli-Telsiz Sistem Entegrasyonu Ve Yönetimi.

Telsizlere GPS, bilgisayar ve yazıcı, manyetik kart ve barkod okuyucu bağlanarak ses ve veri haberleşmesi gerçekleştirilebilmektedir. Telsiz sistemi ile sınırlı bir teknolojik kaynak olan frekansın hâlihazırdaki analog sistemlerde 25 KHz olan kanal aralığı iki katına çıkarılmış olacak (12,5 KHz), ileriki yıllarda 4 katına (6,25 KHz) çıkarılması hedeflenmiştir. Böylece telsiz sisteminde frekans verimliliği sağlanacaktır. Telli

Kolluk birimleri ve mülki makamlar arasındaki ortak görev ihtiyaçları şu şekilde özetlenebilir; İl, İlçe ve bucakların emniyet ve asayişinden doğrudan doğruya vali, kaymakam ve bucak müdürleri sorumludur. İlde vali, ilçede kaymakam görevli oldukları mülki sınırlar içindeki huzur ve güvenliği, kişi dokunulmazlığını, emniyeti, kamu esenliğini sağlamakla ve önleyici kolluk faaliyetlerini yürütmekle yetkili ve görevlidir. Köylerde ise; köylünün canına, ırzına, malına el uzatanları ve kanunlara karşı gelenleri yakalamak, ya da koruculara yakalatarak güvenlik birimlerine teslim etmek, kaçakçılığın önlenmesi ve savuşturulmasına ilişkin ihbarlar ile doğal afetleri güvenlik birimlerine bildirmek köy muhtarlarının görevleri arasındadır. Emniyet ve asayişin sağlanmasından hem polis hem jandarma, kaçakçılığın men ve takibinden ise Emniyet Genel Müdürlüğü ve Jandarma Genel Komutanlığı birimlerinin yanı sıra Sahil Güvenlik Komutanlığı birimleri sorumludur.

Trafik hizmetlerinin yerine getirilmesinden Emniyet Genel Müdürlüğü ve Jandarma Genel Komutanlığı birimleri sorumludur. Bu kuruluşlar arasındaki tek fark, sorumluluk alanlarının değişikliğidir. Bu nedenle; kamu güvenliğinin sağlanmasında görevli kolluk birimlerinin kendi organizasyonu içerisindeki kadar; mülki amirler, diğer kolluk birimleri ve köy muhtarlarıyla da yakın işbirliği ve koordinasyon içinde olmaları gerekmektedir. Bu işbirliği ve koordinasyonun sağlanması ile müşterek yürütülen operasyonlardaki irtibatların tesisi için ortak bir haberleşme sistemine gereksinim duyulmaktadır. Toplum olaylarının önlenmesinde ve özellikle anarşi ve terörizmin yaşandığı dönemlerde ortak sistem ihtiyacı daha da önem kazanmaktadır.

İçişleri Bakanlığı Nüfus İşleri ve Vatandaşlık Genel Müdürlüğü tarafından yürütülen Merkezi Nüfus İdaresi Sistemi (MERNİS) Projesinin hedefi; kalıcı vatandaşlık numarasının verilmesi, nüfus kayıtlarının bilgisayar ortamında tutulması ve istatistik üretiminin (nüfus sayımı vb.) otomasyonudur. Ancak, tüm vatandaşlara ait nüfus bilgilerinin bulunacağı veri tabanının sağlıklı oluşturulamaması ve güncellemelerin zamanında gerçekleştirilememesinden dolayı her vatandaşa özgü tek bir numara verilememektedir. Bu nedenlerle, nüfus cüzdanları değiştirilememekte ve kolluk birimlerince kimlik sorma aşamasında beyanın doğruluğu kontrol edilememektedir. Kolluk birimlerinin elinde bulunan suçlu ve suç bilgileri nüfustaki bilgilerle eşleştirilemediğinden ve veri tabanlarına erişim için vatandaşlık numarası kullanılamadığından sorgulamalarda çok büyük hatalar ve zaman kayıpları yaşanmaktadır. Bunun için MERNİS Projesinin

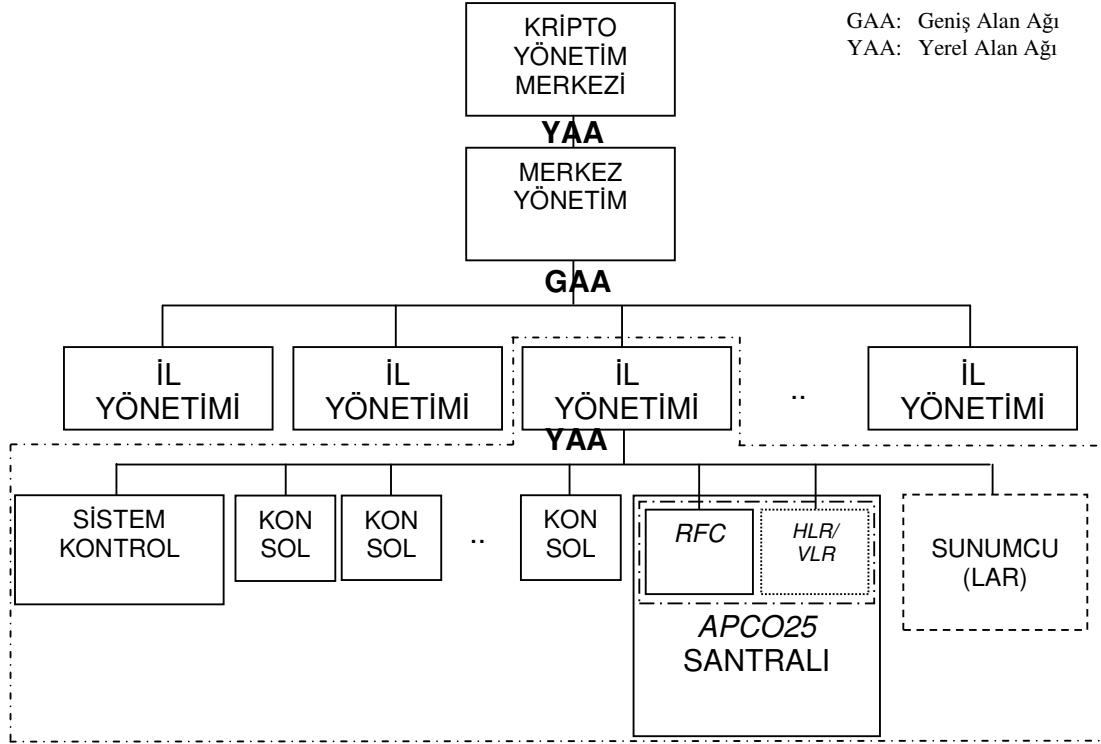
vatandaşı T.C. Kimlik Numarası verilmesini ve nüfus bilgilerinin taklit edilemeyecek bir nüfus cüzdanı üzerinden standart cihazlarla okunarak merkezi bir veri tabanından etkileşimli kontrol edilebilmesini sağlayacak şekilde hayata geçirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. T.C. Kimlik Numarası verilmesinin; ekonomik-mali, güvenlik, askerlik, sağlık, eğitim, nüfus sayımı ve sosyal güvenlik yönlerinden büyük faydalar sağlayacağı değerlendirilmektedir [1].

Yönetim Sistemi; El, Araç ve Sabit Merkez Telsizlerinin, Tekrarlayıcı Cihazların, APCO-25 Santrali'nin ve Kripto Anahtarlarının yönetiminin yapılmasını, arıza ve alarmların toplanmasını ve ilgili veritabanlarının tutulmasını sağlayacak donanım ve yazılımları içeren yapı olacaktır. Yönetim Sistemi birimleri hiyerarşik olarak iki farklı yerde konumlandırılacaktır. İl Kontrol Merkezi ve Sistem Yönetim Merkezi (SYM). İl Kontrol Merkezi'nde; TIA APCO-25 Standartları'nda tanımlı fonksiyonel gruplardan dört farklı Yönetim Birimi yer alacaktır. Bunlar;

- a. RFC,
- b. Konsol,
- c. İl sistemine ait Network Management End System (NMES),
- d. Sistem Kontrol birimleridir.

RFC'nin görev ve sorumlulukları üç değişik cihazda yerine getirilmektedir. APCO-25 Santralı, SKB ve Tekrarlayıcı Cihazı. Konsol, Telsiz özelliklerinin yanı sıra; sistemin çalışması ile ilgili bilgilerin görüntülenmesini/denetlenmesini ve sistem içindeki Telsizlerin görüşme denetimini sağlayacaktır. RFC ile sürekli iletişim halinde olacaktır.

İl sistemine ait NMES, il sisteminin şebeke yönetiminin yapılacağı merkez olacak ve İl Yönetimi olarak adlandırılacaktır [2]. Sistem Kontrol, hazır alınan birimlerin (örnek olarak Radyolink) Management yazılımlarını tutacak ve bunlara ilave olarak ASELSAN APCO-25 Konvansiyonel Telsiz Sistemi'nin Siteleri'ne ait bağlantısal kayıtları tutacaktır. Sistem Yönetim Merkezinde ise; Merkez Yönetim kurulacak ve NMES'in ülke sistemi şebeke yönetimi fonksiyonlarını yürütmektedir. Ayrıca, Sistem Yönetim Merkezinde kripto opsiyonlu sistemlerde kripto anahtarlarının üretilmesi amacı ile Kripto Yönetim Merkezi kurulacaktır. Yönetim Sistemi'nin konfigürasyonu Şekil 4.3'de verilmiştir [2].



Şekil 4.3 Yönetim Sistemi Konfigürasyonu.

Yönetim Sistemi'nde yer alan yukarıdaki birimlere ek olarak; kayıtlanma ve hareketlilik yönetimi ile ilgili işlemlerin yürütülebilmesi amacı ile Home Location Register (HLR) ve Visitor Location Register (VLR) veritabanı birimleri yer alabilmektedir. HLR ve VLR, trunk sistemlerde ve kayıtlanma ihtiyacı duyulan konvansiyonel sistemlerde yer alacaktır. VLR, tüm RF Alt Sistemlerde, HLR ise; RF Alt Sistemlerin birbirine bağlandığı ülkesel sistemde kurulacaktır.

Yönetim Sistemi birimleri arasındaki haberleşme birbirine yakın birimler arasında Yerel Alan Ağı (YAA) ve birbirine uzak birimler arasında Geniş Alan Ağı (GAA) üzerinden sağlanacaktır. Kripto Yönetim Merkezi ile Merkez Yönetim ve İl Yönetimi ile Konsollar, RFC ve Sunumcu(lar) arasındaki bağlantılar YAA; Merkez Yönetim ile İl Yönetimleri arasındaki bağlantılar GAA üzerinden sağlanacaktır. ASELSAN APCO-25 Konvansiyonel Telsiz Sistemi'nde İl Kontrol Merkezi'nde YAA'na bağlı tüm Sabit Şebeke Elemanları Fixed Network olarak adlandırılacaktır [2].

Kripto Yönetim Merkezi; krypto opsiyonlu sistemlerde, yönetim sistemi'nin en üst seviyesinde yer alacak ve krypto anahtarları'nın üretilmesi, dağıtılması, eski üretilen

anahtarların arşivlenmesi ve anahtar yükleme cihazlarının programlanması ve yasaklı telsizleri takip etme işlevlerinden sorumlu olacaktır.

Sisteme Kripto Anahtarları'nın dağıtımı merkez yönetim üzerinden gerçekleştirilmektedir. bu nedenle, kripto yönetim merkezi ile merkez yönetim'in haberleşmesi gerekmektedir. kripto yönetim merkezi ile merkez yönetim arasındaki haberleşme, elektronik olarak devre anahtarlama veri hatları üzerinden modemlerle, yerel alan ağı üzerinden elektronik posta ile on-line veya manuel olarak anahtar yükleme cihazı ile off-line yapılabilmektedir. Kripto yönetim merkezi ile merkez yönetim arasındaki on-line haberleşmenin gizliliği veri kripto cihazları ile sağlanması gerekmektedir.

Merkez Yönetim; ülke genelinde sistemin veritabanını oluşturacak, güncellemelerini yapacak ve anahtar dağıtımını sağlayacak olan tek bir merkezdir. Aşağıdaki işlevleri yerine getirmektedir. İl Yönetimleri'nin Kimlik Numaraları'nı tutacak ve istediğini adresleyen mesaj gönderip alabilmektedir. Tüm İl Yönetimleri'ndeki veritabanını tutacak, İl Yönetimleri'nden gelen güncellemeleri veritabanına işleyecek ve bir İl Yönetimi'nden gelen veritabanı güncellemesini diğer İl Yönetimleri'ne ve Yasaklama ve İşlev Kazandırma Listesini Kripto Yönetim Merkezi'ne de dağıtacaktır.

Ülke genelindeki RF Alt Sistemlerin Frekans Planlaması'nı yapacak ve İl Yönetimleri'ne dağıtacaktır. Gerekli durumlarda; İl Yönetimi'ne Frekans Planlaması yapabilmesi için yetki verebilmektedir. Kripto Yönetim Merkezi'nden gelen yeni Kripto Anahtarları'nı tüm İl Yönetimleri'ne dağıtacaktır. İl Yönetimi'ne bağlanarak geçmiş zamana ait trafik log kayıtlarını kendine yükleyip, inceleyebilmektedir. İl Yönetimi'ne bağlanarak, bu merkezin kontrolü altındaki RF Alt Sistem'e ait istatistiksel bilgileri yükleyip, inceleyebilmektedir.

İl Yönetimi; il bazında kurulacak olan RF Alt Sistem'in yönetimini sağlayacak ve aşağıdaki işlevleri yerine getirmektedir.

Merkez Yönetim'in ve Konsolların Kimlik Numaraları'nı tutacak, bu birimlere mesaj gönderip alabilmektedir. Aşağıda belirtilen konularda veritabanı tutacak ve bu veritabanında her yaptığı güncellemeyi Merkez Yönetim'e bildirmektedir. Ayrıca, bu veritabanı için Merkez Yönetim'den gelen güncellemeleri işlemektedir.

- a. Kendi RF Alt Sistem'inde tanımlanmış Terminallerin Kimlik-Grup Numarası,
- b. Yasaklama ve İşlev Kazandırma Listesi.

APCO-25 Santrali'ne IP Eşleme Tablosu'nu ve Yasaklama ve İşlev Kazandırma Listesi'ni gönderecek, APCO-25 Santrali'nin yasakladığı telsiz bilgisini alacaktır. Bu bilgilerin APCO-25 Santralında güncellenmesini otomatik yapacaktır. RF Alt Sistem'deki günlük trafik log kayıtlarını en az aşağıda belirtilen bilgileri içerecek şekilde tutacaktır. İstenildiğinde bu bilgilerden günlük, aylık veya yıllık Görüşme Raporu oluşturacaktır.

- a. Haberleşme Tipi (ses, veri),
- b. Çağrı Tipi,
- c. Arayan Terminal Kimlik Numarası ve Kısa Adı (Telefon Çağrısı'nda Tlf. No),
- d. Aranan Terminal Kimlik Numarası ve Kısa Adı (Telefon Çağrısı'nda Tlf. No),
- e. Grup Numarası, Kanal Numarası,
- f. Mesaj (durum, programlı),
- g. Çağrı Tarihi ve Zamanı, Çağrı Süresi ve
- h. Çağrının ait olduğu Site Kimliği.

Telsizlerden veya RF Alt Sistem'den gönderilen Sinyalleşme Mesajlarının log kayıtları da tutulacaktır. RF Alt Sistem'deki günlük trafik log kayıtları ile ilgili istatistik'i bilgileri çıkaracaktır. Aşağıdaki bilgiler, 24 saat esasına göre oluşturulacaktır. Bu bilgilerden istenilen zaman aralığı için raporlar çıkarılabilmektedir.

- a. Kanalların kullanım oranı,
- b. Her bir Terminalin çağrı yapma oranı,
- c. Kanalların arıza oranı,
- d. Bir kanaldaki çağrıların oranı,
- e. Acil Çağrı sayısı,
- f. Kısa Mesaj sayısı.

RF Alt Sistem'deki günlük trafik log kayıtlarının bellekte fazla yer kaplamaması amacı ile sorgulama yöntemi ile girilen tarihten önceki bilgiler arşivlenecek, arşivlenmeden silinmeyecektir. Merkez Yönetim'den gelen kendi RF Alt Sistem'ine ait Frekans Planlaması'na göre Terminallerin ve Tekrarlayıcı Cihazları'nın kanal frekanslarını programlayacaktır. Frekans Planlaması'nda; gerekli durumlarda, değişiklik yapabilmek amacı ile Merkez Yönetim'den yetki isteyebilecektir. Merkez Yönetim'den gelen yeni Kripto Anahtarları'nı uygulama zamanı geldiğinde sisteme otomatik olarak dağıtacaktır. Kendi RF Alt Sistem'ine ait APCO-25 Santrali'nin, Telsizlerin ve Tekrarlayıcı

Cihazlarının parametrelerini belirleyecek, bu parametreleri okuyabilecek ve yeniden programlayabilecektir [2].

Demet Kripto Cihazları; Bir hattın iki ucu arasında çalışarak hattan geçen tüm bilginin kriptolanmasını yapar, bu durum hatta gelen adres bilgilerinin de kriptolanmasına neden olur, Bir noktadan diğer noktaya bilgi akışı sırasında tüm ara noktalarda bilginin açılıp tekrar kriptolanması gerekir, Bir noktaya bağlantı durumuna göre bağlantı sayısı kadar kripto cihazı gerekir, Şebekede kripto cihazı sayısı önemli miktarlarda maliyet artışı ve yönetim zorluğu getirir,

Paket kripto cihazları; kullanılacağı teknolojiye göre ATM, FR, IP ve X.25 protokollerine destek verebilir. Buna göre paket kripto cihazlarının özellikleri incelendiğinde; İki nokta arasındaki haberleşmelerde paketin adres bölümü kriptolanmaz bilgi bölümü kriptolanır. Bir noktadan diğer noktaya bilgi akışı sırasında ara noktalarda bilginin açılıp tekrar kriptolanmasına gerek yoktur, Her noktaya bir kripto cihazı yeterlidir, Bir şebekede demet kripto cihazına göre daha az maliyet getirir ve yönetim kolaylığı sağlar.

Proje tanımlama çalışmaları asayiş ve emniyeti sağlamakla görevli kurum ve kuruluşların konu ile ilgili uzmanları ve milli firmalardan gelen uzmanlar ile oluşturulmuş çalışma grupları tarafından yapılmıştır. Çalışma grupları öncelikle ihtiyaçları tanımlamış ve bu ihtiyaçlar doğrultusunda prototip sistem kurularak sistem özellikleri geliştirilmiş ve tanımlanmıştır [1].

Bu projelerde, ihtiyaç tanımlanması, prototip sistem kurulması ve sistem özelliklerinin belirlenmesi aşaması en önemli aşama olarak görülmektedir. Prototipler sistemin son hali olmayıp üzerinde eksikliklerin görülebileceği ve yeni tanımlamaların yapılabileceği şekilde kurulmuştur.

Yukarıdaki açıklamalardan da anlaşılacağı gibi hiçbir devlet haberleşme alanında AR-GE ve üretim yapan milli firmaların dışında bir çözüm aramamıştır. Ancak; bu alanda milli üreticiye sahip olmayan ülkeler milli bir firmanın sorumluluğunda başka firma ürünlerini de kabul etmişlerdir.

Bazı ülkelerde, sistemlerin işletilmesi, bakım, onarım ve idamesinin, jandarma ya da polis gibi kuruluşlar tarafından yapılması planlanmış, bazı ülkelerde ise polis veya jandarmanın

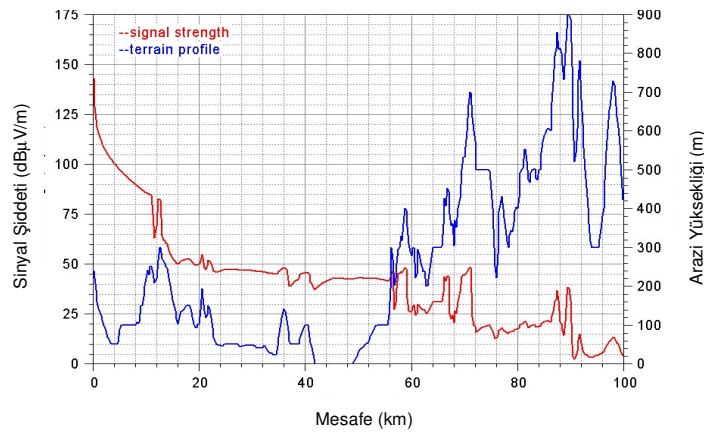
içerisinde bu şekilde bir organizasyon oluşturma'nın gerçekleştirilmesinde zorluklarla karşılaşılacağı göz önüne alınarak, bu görev ya ülkede var olan milli bir firmaya/firmalara verilmiş ya da bu işi yapabilecek bir firma ortaklaşa kurulmuştur.

4.2 TRAFİK ANALİZİ

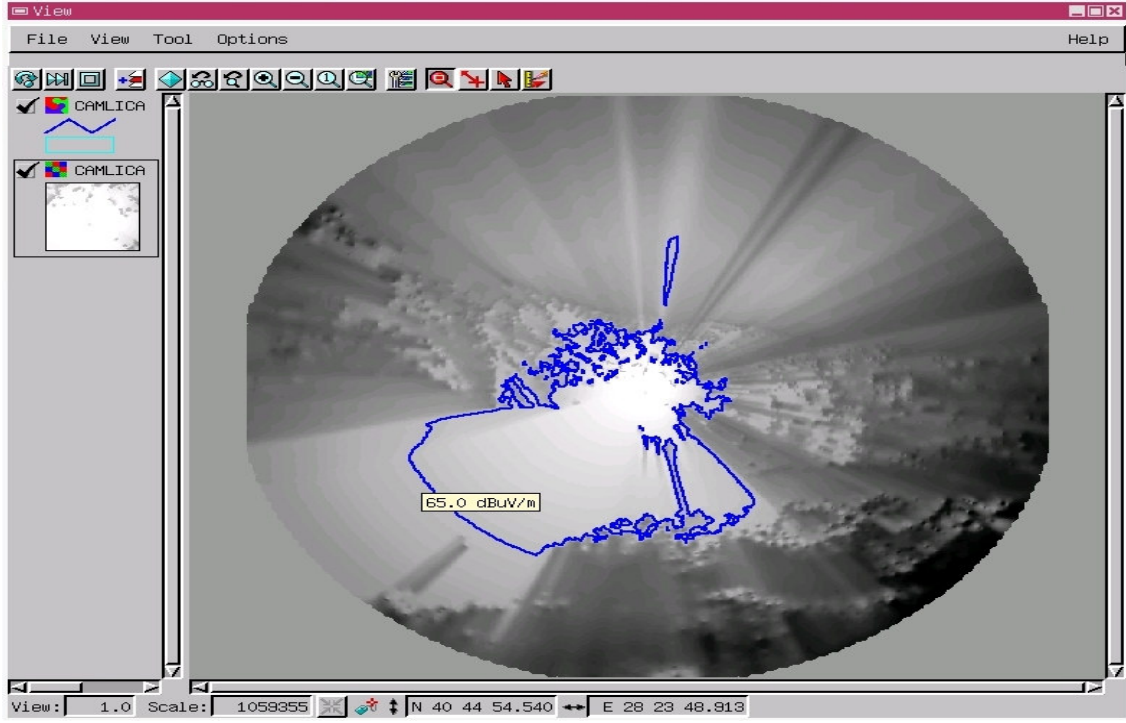
Trafik analizi (telli- telsiz etki eden kriterler); Propagasyon Analizi, Enterferans Analizi, Mikrodalga Link Analizi, Frekans Tahsisi ve Frekans Planlamadır. Bilkent Üniversitesi tarafından yapılmış olan örnek analiz çalışmaları incelendiğinde Şekil 4.4'de arazi yapısına göre iletilen sinyalin davranışı görülmektedir. Coğrafi yüksekliklerin düşük olduğu yerlerde sinyal güçlü olup yer yüksekliği artınca sinyal zayıflaması daha çok olmaktadır.

Örnek bir şehirde yüksek bir noktaya yerleştirilmiş olan bir tek vericinin il genelinde belirli bir sinyal seviyesine göre kapsama alanı (mavi çizgi ile belirtilmiş alan) Şekil 4.5'de, daha güçlü bir sinyal seviyesine göre kapsama alanı değişimi (siyah çizgi ile belirtilmiş alan) Şekil 4.6'da, yüzey yapısına göre dağılımı Şekil 4.7'de görülmektedir.

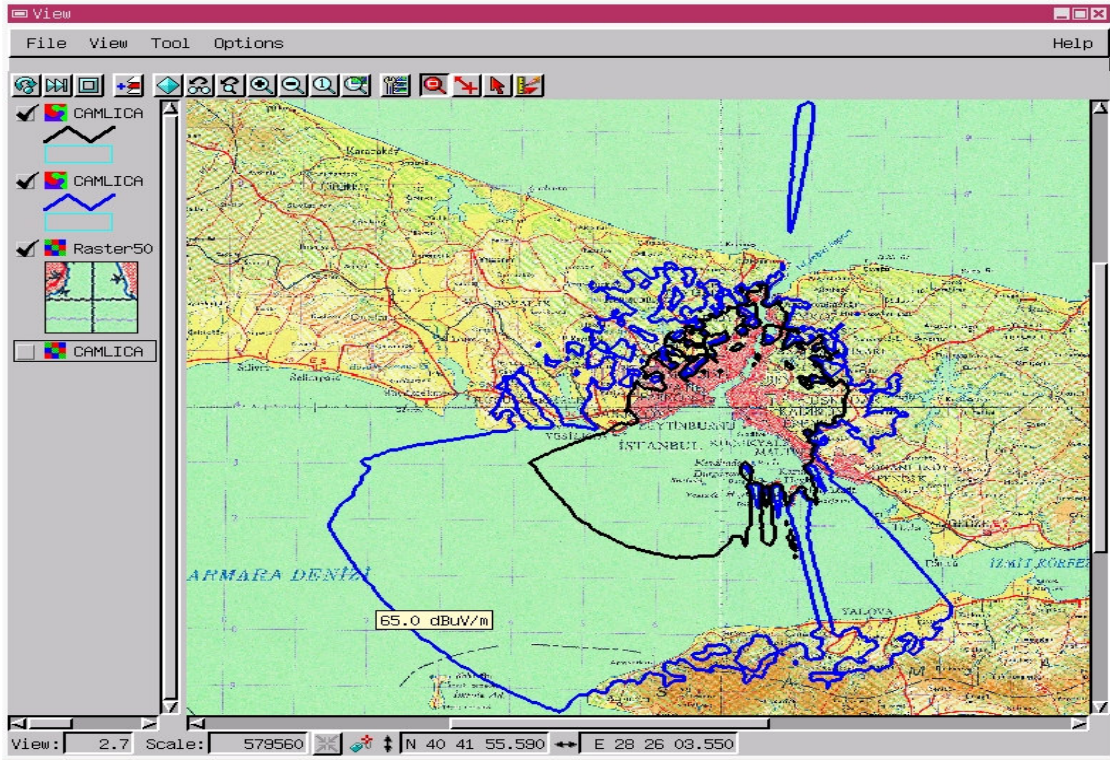
Aynı ilde il genelinde kapsama oluşturabilmek için yüksek noktalara yerleştirilmiş olan bir birden fazla vericinin il genelinde belirli bir sinyal seviyesine göre ayrı ayrı kapsama alanları ve kesişimleri Şekil 4.8'de, vericilerin birbirleri üzerinde oluşturdukları enterferans analizi Şekil 4.9'da, vericilerin birbirlerine bağlanmasında kullanılacak olan mikrodalga link bağlantılarının yapılmasında kullanılacak olan mikrodalga link analizi, vericilerin kullanacağı frekans tahsislerinin yapılmasında kullanılan frekans tahsis tablosu Şekil 4.11'de görülmektedir.



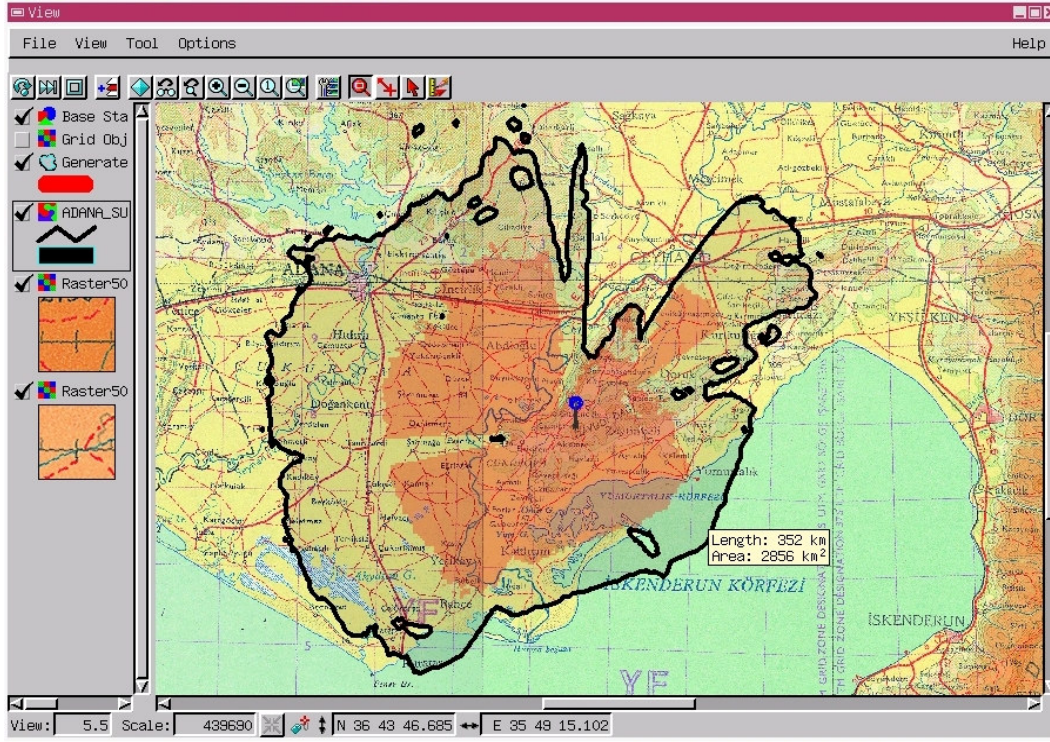
Şekil 4.4 Mesafeye Göre Sinyal Seviyesi.



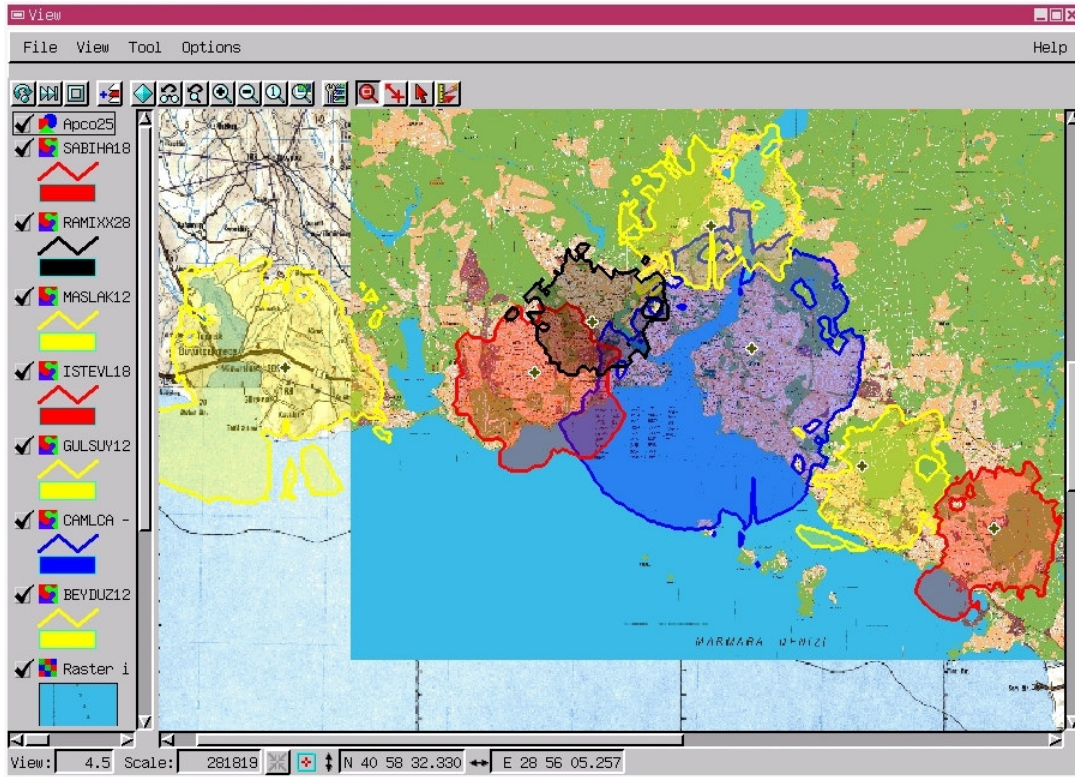
Şekil 4.5 Kapsama Alanı Analizi-1.



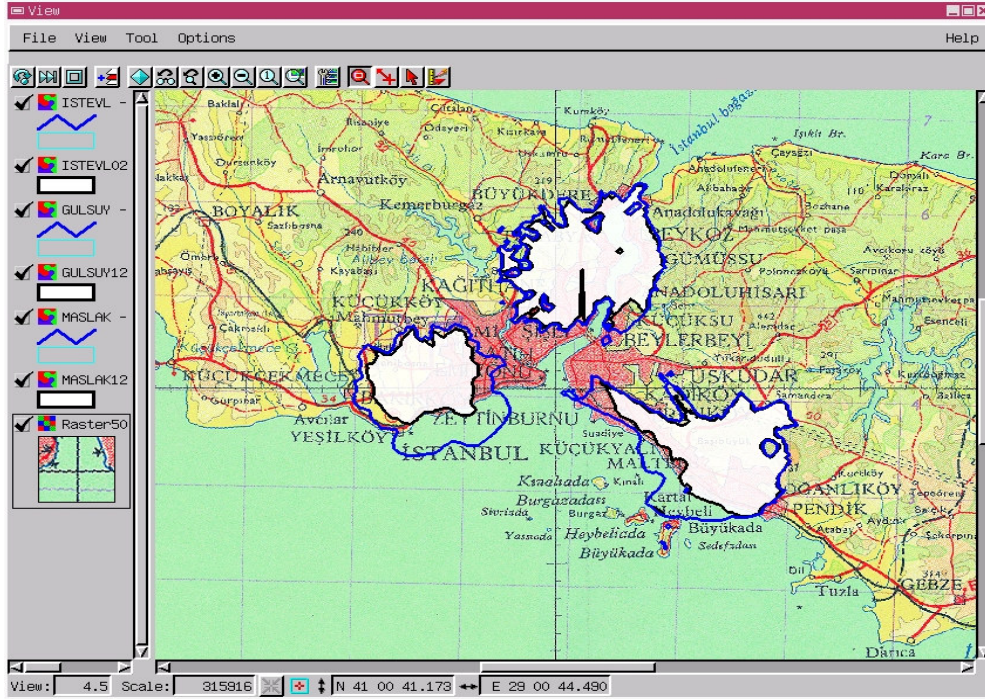
Şekil 4.6 Kapsama Alanı Analizi-2.



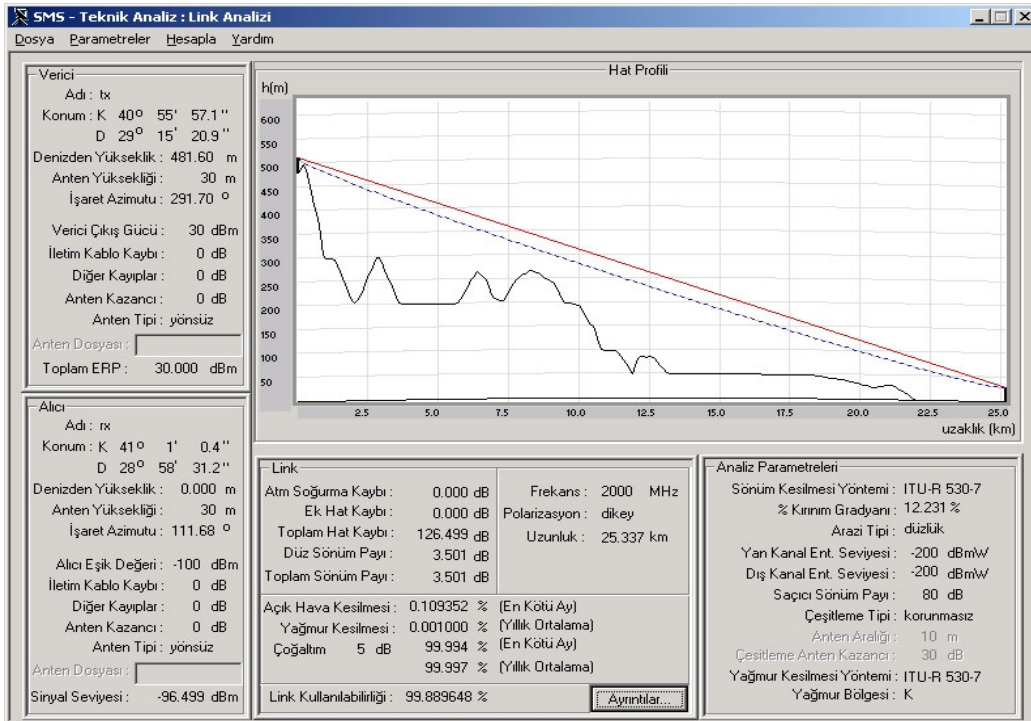
Şekil 4.7 Kapsama Alanı Analizi-3.



Şekil 4.8 Kapsama Alanı Analizi-4.



Şekil 4.9 Enterferans Analizi.



Şekil 4.10 Mikrodalga Link Analizi.

SMS-ITU Bildirim Formları: T11

Notification intended for (For BR use only) ☒ ADD ☐ MOD ☐ SUP

FORM OF NOTICE
TERRESTRIAL TRANSMITTING STATION (TX) IN THE FIXED SERVICE
(APPENDIX S4, ANNEXES 1A AND 1B)

T11

First notification ☐ Re-submission ☐ Withdrawal of a notice ☐

Administration Unique Identifier: Previously recorded Administration Unique Identifier:

0-7a: Designation of emission 0-7b: Class of operation 0-10b: Hours of operation From (UTC) To (UTC) 0-4c: Coordinates (Longitude / Latitude) deg. min. sec. E/W deg. min. sec. N/S

0-7a: Designation of emission 0-7b: Class of operation 10b: Hours of operation From (UTC) To (UTC) 7e: Frequency deviation (MHz) 7f: Energy dispersal (kHz)

Carrier frequency (kHz) 6a: Class of station 6b: Nature of service or Station identification (RR S19)

Frekans Tahsis No:

Provizyon Tipi:

Form Amacı:

Administrator Unique Identifier:

Adm. Uniq. Id. (Prev. Recorded):

Provizyon:

Koordinasyon Yapılmış Ülkeler

Carrier Frequency yaz ☒

Ek Bilgi (Ayrı) ☐

Şekil 4.11 Frekans Tahsisi.

Firma çözüm önerileri ve maliyete esas teşkil etmek üzere trafik analiz değerleri oluşturulmuş olup, söz konusu trafik analiz değerleri telsiz sistem çözümleri konusunda A, B ve C illeri için, Telli ve NETWORK sistemleri konusunda TÜRKİYE genelindeki birimler için oluşturulmuş olup anılan trafik analiz değerleri Çizelge 4.1’de gösterilmektedir [3].

İncelenecek İller: A, B, C

Kaplama Alanı: En az %85 olacaktır.

Çizelge 4.1 Trafik Analizinde Kullanılacak İl Bazındaki Yaklaşık Veriler.

KULLANICI		HABERLEŞME			
TİPİ	SAYISI	SES	SES+GPS	SES+GPS+DATA	SES+DATA
EL	300	270	30	-	-
ARAÇ	200	-	150	50	-
SABİT	70	-	-	-	70
TOPLAM	570	270	180	50	70

Ses ; 570 kullanıcının her biri her gün (17 saat) ortalama **10** kere konuşmakta ve her bir konuşma süresi ortalama **2** dk. sürmektedir.

Mobil Sorgulama ; 50 araç kullanıcısının her biri her gün (**17 saat**) ortalama **5** sorgulama yapacaktır. Sorgulama bilgisinin uzunluğu ortalama **50 byte** uzunluğundadır. Her bir sorgulamanın cevabı ortalama **200 byte** uzunluğundadır.

Mesajlaşma ; 50 araç kullanıcısının her biri her gün (**17 saat**) ortalama **2** mesajlaşma yapacaktır. Mesaj bilgisinin uzunluğu ortalama **20 KByte** uzunluğundadır.

GPS ; Dakikada **20** araçtan GPS bilgisi toplanacaktır. GPS bilgisi en az tarih, saat, enlem, boylam ve hız bilgilerini içerecektir.

Sabit Sorgulama ; 70 Sabit Merkez kullanıcısının her biri her gün (**17 saat**) ortalama **5** sorgulama yapacaktır. Sorgulama bilgisinin uzunluğu ortalama 50 byte uzunluğundadır. Her bir sorgulamanın cevabı ortalama **200 byte** uzunluğundadır.

Sabit Mesajlaşma ; 70 Sabit Merkez kullanıcısının her biri her gün (**17 saat**) ortalama **5** mesajlaşma yapacaktır. Mesaj bilgisinin uzunluğu ortalama **20 KByte** uzunluğundadır. Her bir kullanıcının çevrime katılmayı bekleme süresi ses ve data için 1 dk.'yı geçmeyecektir.

4.3 MALİYET ANALİZİ

Çözüm önerileri ve maliyete esas teşkil etmek üzere oluşturulan trafik analiz değerleri üzerinde ilgili firmalarla sahip oldukları teknoloji, bilgi ve sistemler konusunda çözümleri inceleyelim [3]. Burada firmalar arasındaki kıyaslamayı amaçladığımızdan değerler birim olarak ifade edilecektir.

PCM anahtarlamalı ISDN Santral ve IP santral olarak çözüm önerileri incelendiğinde; ALCATEL, ERICSSON, NETAŞ ve SIEMENS firmaları PCM anahtarlamalı ISDN santral önerileri bulunmaktadır. Bu firmalar ISDN santrale kart ilavesiyle (IP abone kartı) IP telefonların kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Bu önerilere göre 250 abonelik bir İl merkez santrali konfigürasyonu için (telefon setleri dahil);

FİRMA-A	:	110 birim	FİRMA-E	:	70 birim
FİRMA-N	:	40 birim	FİRMA-S	:	60 birim

Çizelge 4.2 İl Bazındaki Yaklaşık Maliyet Verileri.

İLLER	SİTE SAYISI	TOPLAM MALİYET
A	6	930 Birim
B	12	1170 Birim
C	4	850 Birim

Çizelge 4.3 İl Bazındaki Yaklaşık Maliyet Veriler.

İLLER	SİTE SAYISI	TOPLAM MALİYET
A	24	1685 Birim
B	18	1436 Birim
C	10	990 Birim

CISCO firması LAN kablolamasının (CAT-5) ve Ethernet switch'i kullanabilen paket anahtarlama IP telefon santralı önermiştir. IP telefon santralında kablolama ve Ethernet switch'e ilaveten Call Manager (PC + santral yazılımı) ile IP telefon setleri kullanılmaktadır. IP santraller paket anahtarlama olarak çalıştığı için halen alıcının envanterinde bulunan hiçbir telefon makinesi (analog telefon makineleri dahil) kullanılamayacaktır. Bu durumda santral fiyatları artmaktadır. 250 abonelik bir il merkezi için CISCO firması tarafından verilen IP santral önerisinin fiyatı 160 birim 'dir.

FİRMA-A: TETRA telsiz sistemi konusunda çözüm önerisi sunmaktadır. Trafik analiz değerlerine göre el telsizi için şehir içi kaplama alanı sağlanmasına yönelik sonucu Çizelge 4.2'de belirtilmiş olup, bu rakamlara mikro dalga linkler, kriptomodülleri, dispatcher ve uygulama yazılımları dahil değildir. Firmaca yapılan şehir içi kaplama çalışmasının coğrafi kaplama şeklinde olması gerektiğinin ifade edilmesi üzerine firmaca yapılan ikinci çalışma sonucunda; el telsizi kapsamı Çizelge 4.3'de belirtilmiştir. Yine bu rakamlara mikrodalga linkler, kriptomodülleri, dispatcher ve uygulama yazılımları dahil değildir.

MARCONİ: TETRA telsiz sistemi konusunda çözüm önerisi sunmaktadır. Trafik analiz değerlerine göre yapmış olduğu çalışma sonucunun şehir içi kaplama alanı sağlanmasına yönelik çalışma sonucuna göre, el telsizi kapsamı için;

A	6 adet
B	8 adet
C	7 adet site olarak belirtilmiştir. Coğrafiik kaplama

alanı ile ilgili çalışma sonucunda; el telsizi kapsaması için Çizelge 4.4’de belirtilmiş olup, rakamlara mikro dalga linkler, bilgisayar terminalleri, kripto modülleri dahil değildir [3].

Çizelge 4.4 İl Bazındaki Yaklaşık Maliyet Verileri.

İLLER	SİTE SAYISI	TOPLAM MALİYET
A	24	670 Birim
B	21	620 Birim
C	10	614 Birim

Çizelge 4.5 İl Bazındaki Yaklaşık Maliyet Verileri.

İLLER	SİTE SAYISI	TOPLAM MALİYET
A	8	260 birim
B	10	270 Birim
C	8	260 birim

Çizelge 4.6 İl Bazındaki Yaklaşık Maliyet Verileri.

İLLER	SİTE SAYISI	TOPLAM MALİYET
A	8	215 Birim
B	10	230 Birim
C	8	215 Birim

FİRMA-M: APCO-25 TRUNK, APCO-25 KONVANSİYONEL ve TETRA telsiz sistemi önerisi sunmaktadır. Trafik analiz değerlerine göre yapmış olduğu çalışmalar sonucunda;

APCO–25 TRUNK telsiz çözümü el telsizi kapsamı için Çizelge 4.5’de belirtilmiş olup bu rakamlara mikro dalga linkler, bilgisayar terminalleri, GPS alıcıları ve uygulama yazılımları dahil değildir.

APCO–25 KONVANSİYONEL telsiz çözümü el telsizi kapsamı için Çizelge 4.6’da belirtilmiş olup bu rakamlara mikro dalga linkler, bilgisayar terminalleri, GPS alıcıları ve uygulama yazılımları dahil değildir.

TETRA telsiz çözümü araç telsiz kapsamı için, Çizelge 4.7’de belirtilmiş olup bu rakamlara mikro dalga linkler, bilgisayar terminalleri, GPS alıcıları ve uygulama yazılımları dahil değildir [3].

Çizelge 4.7 İl Bazındaki Yaklaşık Maliyet Verileri.

İLLER	SİTE SAYISI	TOPLAM MALİYET
A	16	310 Birim
B	21	300 Birim
C	17	317 Birim

FİRMA-N: TETRA telsiz sistemi çözüm önerileri ve maliyete esas teşkil etmek üzere hazırlanan trafik analiz değerlerine göre yapmış olduğu çalışma sonucunda el telsizi kapsamı için;

A ili için	21 adet,
B ili için	15 adet,
C ili için	12 adet.

RF site ihtiyacı olduğu belirtilmiş ancak sistem maliyetleri konusunda herhangi bir bilgi verilmemiştir. Sadece A ili için şifahi olarak alt yapı maliyetinin yaklaşık 500 birim olduğu ifade edilmiştir [3].

FİRMA-S: TETRA telsiz sistemi çözüm önerileri ve maliyete esas teşkil etmek üzere hazırlanan trafik analiz değerlerine göre yapmış olduğu çalışma sonucunda el telsizi kapsamı için;

A ili için	53 adet,
B ili için	65 adet,
C ili için	35 adet.

RF site ihtiyacı olduğu belirtilmiş ancak sistem maliyetleri konusunda sadece A ili için maliyetin yaklaşık 1500 birim olduğu belirtilmektedir.

Trafik hesabı için, kullanıcı sayısının yanında, her kullanıcı başına belli bir zaman aralığında yapılan ortalama çağrı sayısı, yapılan çağrının ortalama süresi gibi parametrelere ihtiyaç vardır. Uluslararası kamu güvenliği standartlarına göre, meşgul saatlerde, bir görevli saatte 3 çağrı yapmaktadır. Yapılan çağrının ortalama olarak süresi 10 saniyedir. Trunk sisteminde çağrı kurmak için gereken ortalama süre 1 saniyedir. Çok siteli bir trunk telsiz sisteminde, yapılacak bir ses çağrısının meşgul edeceği site sayısı 2 olarak varsayılmaktadır [26].

Çağrı sayısının çıkan olay sayısı ile bağlantılı olacağı varsayımı ile kullanılacak ortalama çağrı sayısını her site için farklı ve site başına olay sayısı ile bağlantılı olarak değerlendirilmesinin uygun olacağı düşünülmüştür. Bu amaçla B ili genelinde çıkan olay sayıları ve olay mahalli bilgileri alınarak değerlendirilmiş ve her site için ortalama çağrı sayısı hesaplanmıştır (Çizelge 4.8). Olay olmayan bölgede saatte ortalama 2 çağrı yapılacağı ve yapılan çağrı sayısının olay sayısı ile doğru orantılı olarak artacağı varsayımı ile oluşturulan Çizelge 4.9 trafik hesaplarında kullanılmıştır. Belirtilen varsayımların dışında, el telsizlerinin %25'inin simpleks olarak görüşeceği, araç telsizlerinin sadece %25'inin veri çağrısı yapacağı, sabit merkez telsizlerinin tamamının veri çağrısı yapacağı, veri çağrısının da ses çağrısı yoğunluğunda olacağı (saatte ortalama 3 çağrı, her çağrı ortalama 10 sn) ve veri çağrılarında tek bir sitenin meşgul olacağı varsayılmıştır. Bu varsayımlar değerlendirilerek yapılan trafik hesaplarında sitelerin trafik yoğunlukları ve gerekli asgari kanal sayısı Çizelge 4.10'da verilmiştir [26].

B iline asgari 9 RF site, 33 trafik kanalı ve 9 kontrol kanalı (toplam 42 kanal) ile kurulacak bir sistem asgari haberleşme ihtiyacını ortalama 6 saniye bekleme süresi ile sağlayabilecek gibi görülmektedir.

Çizelge 4.8 Olay Sayısı ve Saatteki Ortalama Çağrı Sayıları.

Siteler	Olay Sayısı	Ortalama Çağrı / Saat
1	376	2.9
2	584	3.5
3	208	2.6
4	434	3.2
5	468	3.2
6	50	2.3
7	220	2.6
8	347	2.9
9	0	2.0

Çizelge 4.9 Trafik Hesabında Kullanılacak Varsayımlar.

Genel Varsayımlar	Ortalama Çağrı Süresi	11 saniye
	Ses Çağrısı Oranı	X2
Özel Varsayımlar	El Telsizi Sayısı	El Telsizi x 75%
	Veri Çağrısı Sayısı	Araç Telsizi x %25

Uygulanan 4 adet tekrar sitesi ile birlikte trafik kanalı ihtiyacı 24'e toplam kanal ihtiyacı da 29'a düşürülebilmektedir. B %90 araç kaplama alanını kurulacak 5 ana ve de 4 tekrar RF sitesi ile sağlamakta ve bu sitelerle asgari haberleşme ihtiyacını, kabul edilebilir bekleme sürelerinde, 24'ü trafik olmak üzere 29 kanal ile sağlamaktadır.

Bu hesaplamalarda el telsizlerinin %25'inin simpleks görüşeceği ve trunk sisteme dahil edilmediği, araç telsizlerinin ise %75'ine veri çağrısı yapma izni verilmediği göz ardı edilmemelidir. 29 kanallı 9 RF siteli bu sistemin, bu trafiği ancak kaldırabilecek durumda olduğunu ve olası trafik artışlarında problem yaşanacağını vurgulamakta fayda vardır [3].

Çizelge 4.10 Siteler ve Kanal Sayıları.

Siteler	Site Durumu	Trafik Yoğunluğu (Erlang*)	Bekleme Olasılığı	Ortalama Bekleme Süresi (saniye)	Trafik Kanalı	Toplam Kanal
1	Ana site	3.024	%52	5.9	4	5
2	Ana site	4.853	%54	5.2	6	7
3	Ana site	1.944	%42	4.4	3	4
4	Ana site	4.671	%48	4.0	6	7
5	Ana site	3.686	%44	3.7	5	6
6	Tekrar	1.463	%62	12.7	2	3
7	Tekrar	2.989	%52	5.7	4	5
8	Tekrar	1.455	%62	12.5	2	3
9	Tekrar	0.063	%8	1	1	2

* Erlang: Trafik miktarına ilişkin ölçüm birimi. Bir konuşma kanalının bir saatlik süre boyunca kullanılması ile oluşan trafik miktarını ifade eder.

Bu değerlendirmelerden sonra; Türkiye’de uygulanabilecek Sayısal Entegre Telli-Telsiz Haberleşme sistemleri mimari yapısı içerisinde yer alacak telsiz sistem ihtiyacını en yüksek oranda karşılayacağı değerlendirilen APCO-25 ve TETRA telsiz sistemlerinin en uygun çözümün ortaya çıkarılmasını sağlamak amacıyla detaylı inceleme ve mukayeseler yapılmıştır.

Ekonomik ve uygulanabilir olması; Telsiz haberleşmesinde görev alanının her yerinde kesintisiz iletişim kurabilmek çok önemlidir. Bu ise en az ölü bölge ile sağlanabilir. Etkin bir kaplama alanı sağlayabilmek için bazı kriterler dikkate alınmalıdır. Radyo Frekans sinyalinin frekansı, sinyal seviyesi, arazinin yapısı ve erişim tekniği (TDMA-FDMA) bu kriterlerden birkaçıdır.

Radyo frekans sinyalinin havadaki yayılım (propagasyon) mesafesini belirleyen önemli özelliklerden biri sinyalin seviyesi (gücü)'dir. MARCONI firmasının yaptığı çalışmalara göre aşağıdaki Çizelge 4.11'da belirtilen yayılım değerleri elde edilmiştir.

APCO--25 el telsizi çıkış gücü 35 dB, TETRA el telsizi 30 dB aradaki fark 5 dB'dir. APCO-25 el telsizi almaç hassasiyeti Standarda belirtilen minimum-116 dB (üretici değerleri -119 dB), TETRA el telsizi almaç hassasiyeti Standarda belirtilen minimum -112 dB (üretici değerleri -112 dB)'dir. Aradaki fark ortalama 5 dB alırsak, APCO-25 el telsizi en az 8 dB'lik bir fazla kazanç sağlayacaktır. Mobil (araç) telsiz için de aradaki fark APCO--25 terminalin değeri 10 dB daha iyidir. MARCONI firması çalışmalarına göre kaplama alanı yarıçapı 8 dB'lik fark için yaklaşık olarak 2,5 kat (10 dB'lik bir fark için üç kat) fazladır. Bu ise APCO-25 telsiz sisteminin TETRA telsiz sistemine göre el telsizi için yaklaşık altı kat, araç telsizi için yaklaşık dokuz kat daha fazla alan kaplaması sağladığı anlamına gelir.

MOTOROLA firmasının yaptığı çalışmalarda ise APCO-25 ve TETRA telsizleri için yayılım mesafesi yarıçap olarak aşağıdaki Çizelge 4.11'de belirtilmiştir.

Çizelge 4.11 Mesafe Yayılım Çizelgesi.

Mesafe (km)	El Terminali	Kilometrik zayıflama (dB)
5	-40.9693	-84.96929648
10	-46.9899	-90.98989639
15	-50.5117	-94.51172158
20	-53.0105	-97.01049631
25	-54.9487	-98.94869657
30	-56.5323	-100.5323215
35	-57.8713	-101.8712573
40	-59.0311	-103.0310962
45	-60.0541	-104.0541467
50	-60.9693	-104.9692965

Çizelge 4.12 Yayılım Mesafesi Yarıçapı.

Terminal (Telsiz) Tipi	APCO-25 (km)	TETRA (km)
El Telsizi (şehir içi)	7.6	3.8
Mobil Telsiz (kırsal alan)	35	17.5

Örnek bir hesaplama;

APCO-25 el telsizi kaplama alanı yarıçapı : 10 km

TETRA el telsizi kaplama alanı yarıçapı : 5 km

APCO-25 mobil telsiz kaplama alanı yarıçapı : 40 km

TETRA mobil telsiz kaplama alanı yarıçapı : 20 km

Kaplama alanı bir dairesel yapıya sahip olduğundan, bir dairenin alanının hesaplanma formülünden ($Alan=\pi r^2$)

APCO-25 el telsizi kaplama alanı= $3.14 \times 10^2 = 3.14 \times 100 = 314 \text{ km}^2$

TETRA el telsizi kaplama alanı= $3.14 \times 5^2 = 3.14 \times 25 = 78.5 \text{ km}^2$

APCO-25 mobil telsiz kaplama alanı= $3.14 \times 40^2 = 3.14 \times 1600 = 5024 \text{ km}^2$

TETRA Mobil telsiz kaplama alanı= $3.14 \times 20^2 = 3.14 \times 400 = 1256 \text{ km}^2$

Yukarıdaki örnekler MOTOROLA değerlerine göre yapılmıştır. Bu örnekler MARCONI değerlerine göre yapılırsa aradaki farkın APCO-25 lehine daha fazla olduğu görülür. Erişim tekniği yönünden incelendiğinde TDMA sistemlerde terminal ve altyapı cihazları arasında senkronizasyon sinyalinin alınıp gönderilmesi gerekmektedir. Söz konusu senkronizasyon sinyalinin RF ortamındaki gürültü içerisinden süzülüp alınabilmesi için terminal ve altyapı cihazlarının almaç hassasiyetleri düşük tutulmaktadır. FDMA sistemlerde ise senkronizasyon sinyali bulunmadığından almaç hassasiyetleri daha yüksektir. Almaç hassasiyeti yüksek olan sistemler almaç hassasiyeti düşük olan sistemlere göre daha büyük kaplama alanı sağlamaktadır.

Erişim tekniğinin TDMA veya FDMA olmasına göre ise bu mesafe yine farklılık göstermektedir. TDMA erişim tekniğine sahip olan TETRA için senkronizasyon mesafesi en fazla 58 km'dir. Radyo frekans sinyali havada daha uzun mesafe gitse bile sistem bu sinyalin TETRA sinyali olduğunu bilemiyor (senkronizasyon bozuluyor). Aynı erişim tekniğine sahip olan GSM' de ise bu mesafe 34 km'dir. APCO-25 FDMA erişim tekniğine sahip olduğundan dolayı senkronizasyon mesafesi diye bir kavram olmayıp sinyalin yayılım mesafesi çok uzundur. Onun için radyo frekans sinyalinin (Standarta belirtilen değerlerde) havadaki yayılım mesafelerinde bir kısıtlama olmayacaktır [3].

Konu frekans bandı yönünden incelendiğinde; elektromanyetik dalgalar farklı frekans bantlarında farklı davranış şekilleri gösterir. İnceleme altına alınan sistemlerden APCO-25 VHF bandında TETRA ise UHF bandında çalışan sistemlerdir. Elektromanyetik dalga

propagasyonun da yansıma (reflection) ve kırılma (difraction) özellikleri göz önünde bulundurulduğunda VHF bandındaki dalgalar UHF frekans bandındaki dalgalara göre daha geniş bir alana yayılım yaparlar.

Frekans değeri aşağıya doğru düştükçe aynı alan kaplaması daha az sayıda radyo frekans sitesi (tekrarlayıcı) ile sağlanabilir. Frekansın kaplama alanı üzerindeki etkisine örnek olarak, MOTOROLA firmasının Amerika Birleşik Devletleri Texas Eyaleti için yapmış olduğu çalışma gösterilebilir (Çizelge 4.13’de belirtilen değerler aynı büyüklüğe sahip farklı coğrafik yapılar için geçerli olmaz). Burada arazi yapısı ön plana çıkmaktadır. Texas Eyaletinin düz ve büyük bir bölümünün çöl olduğu dikkate alınmalıdır. 680.000 km²’lik yüzölçümüne sahip alanı, Türkiye yüzölçümüne (780.000km²) yakın bir değer olarak alındığında aşağıda belirtilen değerler hiçbir şekilde geçerli olmayacaktır. Çünkü Türkiye coğrafyası çoğunlukla dağlık bir arazi yapısına sahiptir.

Güney Afrika Cumhuriyeti’nde kamu güvenliği haberleşme şebekesi kurmak için SATRA adıyla 1996 yılında çalışmalara başlanılmıştır. Bu projenin teknik çalışmaları APCO-25, TETRA ve TETRAPOL sistemleri değerlendirilerek yapılmıştır. Yapılan çalışmalarda elde edilen kaplama alanı değerleri Çizelge 5.3’de belirtilmiştir. Güney Afrika Cumhuriyeti yüzölçümü yaklaşık 1.221.000 km²’dir. Şehir içi ve banliyöde %90 el telsizi kaplaması, kırsal alanda %95 mobil (araç) telsizi kaplaması planlanmıştır.

Çizelge 4.13 Kaplama Alanı Değerleri.

KAPLAMA ALANI TIPI	TETRA	TETRAPOL	APCO-25
Kırsal Alan RF Site Miktarı	1056	466	161
Şehir İçi Ve Banliyö RF Site Miktarı	2427	1071	683
Toplam RF Site Miktarı	3483	1537	844

İngiltere’de kurulmakta olan (PSRCP) TETRA telsiz sistemi projesinde yaklaşık olarak 3500 adet RF site kurulması planlanmaktadır. İngiltere yüzölçümü 244.000 km²’dir. En yüksek dağı yaklaşık 1100 metre yüksekliğinde ve genelde düz bir arazi yapısına sahiptir. Bir RF sitenin kapladığı alan yaklaşık olarak 70 km²’dir [9].

Hollanda’da kurulmakta olan (C2000) TETRA telsiz sistemi projesinde yaklaşık 400 adet RF site kurulması planlanmaktadır. Hollanda yüzölçümü 32.000 km²’dir. En yüksek tepesi yaklaşık 200 metre yüksekliğinde ve genelde düz bir arazi yapısına sahiptir. Bir RF sitenin kapladığı alan yaklaşık olarak 80 km²’dir. Türkiye yüzölçümü 780.000 km²’dir. Yüksekliği 3500 metreyi aşan yaklaşık 20 adet dağ ve sıradağlar vardır. Türkiye arazi yapısı radyo frekans sinyalinin yayılımı için çok daha engelli yapıya sahiptir. Türkiye coğrafyasında bir RF sitenin kaplayacağı alan 100 km² alındığında bile yaklaşık olarak 7800 adet TETRA telsiz sistemi RF sitesi gerekir.

Dünyadaki kamu güvenliği kuruluşlarında kurulu ve kurulmakta olan telsiz sistemlerinin büyük bir çoğunluğunda APCO için mobil telsiz kaplaması (en az 95), TETRA için kırsal alanda mobil (en az %85) ve şehir içinde el telsizi kaplaması (en az %85) planlanmakta ve uygulanmaktadır. Ancak bu uygulamalarda kamu güvenliği kuruluşlarının tamamı aynı haberleşme sistemini kullanmaktadır.

Yukarıdaki çeşitli hesaplamalardan da anlaşıldığı gibi APCO-25 telsiz sisteminde bir RF site ile kaplanan alan TETRA telsiz sisteminde en az dört RF site ile kaplanabilmektedir. Türkiye yüzölçümü APCO-25 telsiz sistemi ile en az %85 mobil kaplama istenildiğinde yaklaşık olarak 500-600 adet RF site gerekeceği tahmin edilmektedir. Türkiye yüzölçümü TETRA telsiz sistemi ile kırsal alan en az %85 mobil, şehir içi en az %85 el telsizi kaplaması istenildiğinde yaklaşık olarak; APCO-25 telsiz sisteminin dört katı alındığında 2000-2400 adet, İngiltere ve Hollanda projeleri dikkate alındığında ise 7000-8000 adet RF sitesi gerekeceği tahmin edilmektedir [3].

Telsiz sistemlerinde maliyetlerin hesaplanmasında; malzemelerin üretici firmadan alınma maliyeti, sistemin montajının yapılması ve işletme maliyetleri dikkate alınmalıdır. Bunlar açısından APCO-25 ve TETRA telsiz sistemlerini değerlendirdiğimizde;

Malzemelerin tedarik maliyeti: Firma-M firmasının vermiş olduğu değerler incelendiğinde; APCO-25 Trunk telsiz sistemi fiyatının TETRA telsiz sistemi fiyatından yaklaşık olarak %10-20 arasında daha ucuz olduğu, APCO-25 konvansiyonel telsiz sisteminin ise yaklaşık %25-30 daha ucuz olduğu görülmektedir. APCO-25 telsiz sistemi TETRA telsiz sistemine göre terminaller pahalı altyapı ucuzdur. TETRA telsiz sistemi için diğer firmaların verdiği fiyatlar dikkate alındığında APCO-25 telsiz sistemine göre TETRA

telsiz sisteminin (Firma-MA %15-20, Firma-A %60-300, Firma-N %100, Firma-S %500) daha pahalı olduğu gör÷lmektedir [3].

Malzemelerin montaj maliyeti: Bir RF siteyi kurmak için baz istasyonu/tekrarlayıcı ile birlikte anten kulesi, bina, elektrik, kesintisiz güç kaynağı veya akü grubu, mikrodalga link, anten, ulaşım için yol ve güvenliğinin sağlanmış olması gerekmektedir. Bir anten kulesinin metre fiyatı yaklaşık olarak montaj dahil 500 USD civarındadır. Bir mikrodalga link çiftinin fiyatı yaklaşık 20-30 bin USD civarındadır. Kesintisiz güç kaynağı ve akü grubunun fiyatı 2-3 bin USD' dir. Anten kulesi yüksekliğı 50 metre alındığında kule fiyatı 25 bin dolar olacaktır. Yol, elektrik, bina ve güvenliğin sağlanması haricinde her yeni RF site için yaklaşık 50 bin USD ek maliyet gerekecektir. Türkiye coğrafyasında (homojen dağılımlı) yaklaşık olarak 450-500 adet RF site kurmaya müsait yer bulunduğu tahmin edilmektedir. APCO-25 telsiz sistemini Türkiye çapında kurmak için ilave olarak yaklaşık 100 adet RF site yeri gerekeceğı tahmin edilmektedir. TETRA telsiz sistemini Türkiye çapında kurmak için ilave olarak; yukarıdaki hesaplamalardan 2200 RF siteye göre yaklaşık 1700 adet, 7000-8000 RF siteye göre ise yaklaşık 7000 adet RF site yeri gerekeceğı anlaşılmaktadır. Bu kadar yerde elektrik, yol ve bina gibi altyapı ihtiyaçlarının karşılanması ve sistem fiziki emniyetinin sağlanması ise başlı başına sorun olacaktır.

Yukarıdaki bilgiler çerçevesinde TETRA telsiz sistemi için gerekecek ilave RF site yerini bulmak, uygun hale getirmek ve fazla miktardaki malzemeyi sürekli faal halde tutmak ve en az 2-3 kat fazla maliyeti karşılamak gerek uygulanabilirlik, gerekse maliyet açısından mümkün gör÷lmemektedir. APCO-25 telsiz sistemi ise az sayıda RF site gerektirmesi, benzer özellik ve işlevleri çok daha düşük maliyete sağlamasından dolayı uygulanabilirliğı mümkün gör÷lmektedir.

İşletme maliyeti: APCO-25 ve TETRA telsiz sistemlerinde; el, araç ve sabit telsiz cihazlarının sisteme girişı RF sitesi (baz istasyonu) üzerinden olmaktadır. Sistemi sürekli çalışır ve aktif kullanılabilir tutmak için RF sitelerinin sürekli faal tutulabilmesi gerekmektedir. RF sitesini sürekli faal tutabilmek mümkün değildir. Çünkü elektrik kesintisi, yıldırım düşmesi, elektriğin düşük veya yüksek gelmesi ve telli haberleşme hattının arızası sistemin çalışması için dış etkenlerdir. TETRA telsiz sisteminde APCO-25 telsiz sistemine göre en az dört kat fazla RF site gerektiğinden malzeme miktarının artması bakım onarım ve işletme maliyetlerini de artıracaktır. RF sitesi arızalandığında telsiz sisteminin kaplama alanı içerisindeki kullanıcılara alternatif irtibat kurma imkânı

sağlaması önem kazanmaktadır. TETRA telsiz sisteminin APCO-25 telsiz sistemine göre; kaplama alanı, almaç hassasiyeti ve gönderme çıkış gücünün daha az olması nedeniyle direkt modda haberleşme mesafesi en az %50 daha kısadır. Sorumluluk bölgesinin çok geniş olduğu durumlarda sabit telsiz- sabit telsiz ve sabit telsiz-mobil telsiz direkt mod haberleşmesinde aradaki mesafe çok fazladır. RF site arızalandığında TETRA telsiz sistemi ile alternatif haberleşme yolu olarak direkt modda zafiyetle karşılaşılabilecek, APCO-25 telsiz cihazları ile direkt modda (simpleks) asgari düzeyde zafiyetle karşılaşılabileceği değerlendirilmektedir.

BÖLÜM 5

SONUÇ VE ÖNERİLER

Sayısal entegre telli-telsiz haberleşme sistemleri mimari yapısı içerisinde yer alan sistemler hakkında yapılan inceleme ve değerlendirmeler sonucunda sayısal entegre telli-telsiz haberleşme sistemleri konusundaki çözüm önerilerinden önemli olanlar detaylı olarak önceki bölümlerde incelenerek hangi çözümün uygun olacağı kararı verilmeye çalışılmıştır. Bu sonuçlar değerlendirildiğinde;

Telli (Santral) sistemlerinde; İhtiyaç duyulan kapasitelerde halen bir firma tarafından üretilen IP santrallerde güvenilirlik, ses kalitesi ve ses gecikmeleri yönünden sorunlar yaşanabileceği, teknolojisi ve güvenilirliği kanıtlanmış, Dünyada yaygın olarak kullanılan ve birden fazla üreticisi olan PCM anahtarlama ISDN uyumlu sayısal santrallerin kullanılması gerektiği değerlendirilmektedir.

WAN teknolojilerinde; hız, verim ve kullanıcı ihtiyaçları dikkate alınarak incelendiğinde, ilçe ve il arasında X.25 ve dial-up, il-bölge arasında Frame Relay bağlantı, merkez ana omurgada ATM bağlantısının uygun olacağı değerlendirilmektedir.

LAN teknolojilerinde; Dünyada yaygın olarak kullanılan ve gelişime açık olan (Fast Ethernet, Gigabit Ethernet) Ethernet teknolojisinin kullanılmasının uygun olacağı değerlendirilmektedir.

Kripto Cihazlarında; Belirtilen nedenlerle WAN protokollerinden ve hızlarından bağımsız şekilde çalışacak kripto cihazı olarak TUBİTAK tarafından geliştirilmiş olan IP kripto cihazı kullanılması uygun görülmektedir.

Sistem Emniyeti; Telli-Telsiz bütün haberleşme ortamları kripto cihazları ve kriptolu telsizler ile emniyete alınmalıdır. Sistem dahilindeki bütün kripto cihazlarının anahtar yönetimi Anahtar Dağıtım Merkezi bilgisayarı tarafından yapılmalıdır. Anahtar Dağıtım Merkezi kripto anahtarı üretme yeteneğine sahip olmalıdır. Anahtar Dağıtım Merkezi

bilgisayarında, güvenli bir işletim sisteminin dosya erişim ve güvenlik özellikleri kullanılmalı, bu bilgisayarın kullanımı sadece yetkili personel tarafından yapılmalıdır.

Telsiz sistemlerinde; Ülkemiz açısından çok önemli olan ve gizlilik içeren bilgilerin güvenlik birimleri tarafından kullanımı haberleşme araçları ile olmaktadır. Bu sebeplerden dolayı bilgi ve haberleşme teknolojisi ile kurulan sistemlerin maliyeti ne olursa olsun milli olması gerekmektedir. Bu ciddi hususu dikkate aldığımızda, Türkiye’de özellikle kamu kurum ve kuruluşları tarafından kullanılması planlanan telli-telsiz entegre haberleşme sistemlerinin en önemli kısmı olan telsiz sistemlerinde ASELSAN A.Ş. tarafından geliştirilen ASELSAN APCO-25 telsiz sisteminin hem milli olması hem de farklı ihtiyaçlar doğrultusunda geliştirilebilir olmasından dolayı en uygun çözüm olacağı değerlendirilmektedir.

Sonuç olarak, Türkiye’de kurulması gereken Entegre Telli-Telsiz Haberleşme sisteminden beklenenler genel olarak;

- a. Telli sistem çözümünde ağ yapısına uygun olarak ihtiyaç duyulan band genişliğini sağlayacak WAN ve LAN çözümünün, gelecekte ihtiyaç duyulacak kapasite artışına imkân verecek şekilde belirlenmesi,
- b. Santral çözümünde mevcut cihazların da kullanılabilecek şekilde olması,
- c. Sistemler/cihazların açık, yaşayan ve gelişen bir standart olması,
- d. Sayısal ses ve veri entegrasyonu, Yüksek kaliteli sayısal ses,
- e. Geniş kaplama alanı,
- f. Geriye uyumluluk,
- g. Tanımlı bandların kullanılması,
- h. Eski sistemlerden yeni sistemlere kademeli geçişe imkân vermesi,
- i. Spektrum verimliliği,
- j. Maliyet etkin sistem,
- k. Minimum kanal aralığından maksimum hızda ses/veri iletilmesi,
- l. İletişim mesafesinin maksimum olması,
- m. Kolay işletilebilir olması,
- n. Milli bir sistem olması olarak özetlenebilir.

KAYNAKLAR

- [1] **J.Gn.K.lğı** (2001) *JEMUS Projesi İhtiyaç Tanımlama Dokümanı*. 72 s.
- [2] **ASELSAN A.Ş.** (2003) *APCO 25- Çalışma Özellikleri Gereksinim Dokümanı*. 125 s.
- [3] **J.Gn.K.lğı** (2001) *JEMUS Teknoloji İnceleme ve Değerlendirme Raporu*. 49 s.
- [4] **Tapio Penkkala-Chairman** (2003) *PMR/PAMR Workshop on Strategic Plan for PMR/PAMR*, ECC/WGFM Project Team 38 15 p.
- [5] TETRA “TETRA Sistem Standartları”
<http://www.tetramou.com/tetramou.aspx?id=44>, Mart 2006
- [6] TETRAPOL “TETRAPOL sistem standartları”
<http://www.tetrapol.com/www/general/index.php>, Nisan 2006.
- [7] MOTOROLA <http://www.motorola.com/content.jsp?globalObjectId=731-1243>,
Şubat 2006
- [8] APCO-25 “APCO-25 sistem standartları”
<http://www.apcointl.org/membership/governing.php>, Nisan 2006
- [9] İngiltere “PSRCP Projesi”
http://www.dti.gov.uk/industry_files/pdf/environmentagency.pdf, Nisan 2006
- [10] Belçika “ASTRID projesi” <http://www.mobilecomms-technology.com/projects/astrid/> Mart 2006
- [11] Finlandiya “VIRVE Projesi”
http://www.hightechfinland.com/2006/communications/mobility/en_GB/virve/
Mart2006
- [12] **Kornel Terplan, Patricia Morreale** (2000) “*Basic Communication Principles*” *The Telecommunications Handbook*. Ed. CRC Press LLC. 192 p.
- [13] **Rıfat ÇÖLKESEN, Bülent ÖRENCİK** (2003) *Bilgisayar Haberleşmesi Ve Ağ Teknolojileri* Papatya Yayıncılık, 448 s.
- [14] X.25 standartları <http://www.itu.int/ITU-T/inr/forms/files/dnic-1508-en.pdf>, Nisan 2006
- [15] X.25 standartları <http://www.itu.int/rec/T-REC-X.25/e>, Nisan 2006
- [16] **Ömer TEKELİ** (2000) *Haberleşme Ve Telsiz*. 114 s.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- [17] **J. Dunlop, D. Girma, J. Irvine**, (1999) *Digital Mobile Communications and the TETRA System*, Glasgow. 397 p.
- [18] **MPT 1327** A Signalling Standard for Trunked Private Land Mobile Radio Systems. 290 p.
- [19] ANSI Standartları,
<http://publicaa.ansi.org/sites/apdl/Documents/Forms/AllItems.aspx>, Nisan 2006
- [20] EDACS Sistemi, <http://www.ericsson.com/ericsson/press/archive/2000Q1/20000107-0005.html>, Nisan 2006
- [21] **TIA Standardı** (1995) *TSB-102-A Project 25 System & Standards Definition*. 13 p.
- [22] **TIA Standardı** (1994) *TSB102.BAAD CAI Operational Description for Conventional Channels*. 37 p.
- [23] **TIA Standardı** (1994) *TSB102.BAFA* 42 p.
- [24] **Jerry C. Whitaker Boca Raton**. (2000) *Modulation Systems The Communications Facility Design*. CRC Press LLC. 485 p.
- [25] http://portal.etsi.org/portal_common/home.asp?tbkey1=TETRA
- [26] **Toni Janevski (2003)** *Traffic Analysis and Design of Wireless IP Networks (Artech House Mobile Communications)* 390 p.
- [27] **ERC Decision** (1998) *Interconnection of PMR and PAMR systems to a Public Telecommunication Network*, 8 p.
- [28] TETRA Arayüzleri <http://www.tetramou.com/tetramou.aspx?id=1181>, Nisan 2006
- [29] TETRA Faz-II <http://www.tetramou.com/tetramou.aspx?&id=1186>, Nisan 2006
- [30] TETRA Standartları
<http://portal.etsi.org/workshopps/Presentations/0103TETRA.pdf>, Nisan 2006
- [31] APCO Standartları <http://www.tiaonline.org/standards/technology/project%5F25/>, Şubat 2006
- [32] Aselsan SK-4000 Telsiz Sistemi http://www.aselsan.com.tr/urun.asp?urun_id=116, Nisan 2006
- [33] UMTS/FPLMTS Sistemleri
www.ofcom.org.uk/static/archive/ra/topics/pmc/document/3genmob/tagdtic2.doc, Nisan 2006

ÖZGEÇMİŞ

1972 yılında Malatya’da doğdu. İlk, Orta ve Lise öğrenimini Malatya’da tamamlayarak 1989 yılında Yunus Emre Endüstri Meslek Lisesi Elektronik bölümünü bitirmesini müteakiben Erciyes Üniversitesi Elektronik Mühendisliğinden mezun oldu. 1994-1998 yılları arasında özel sektörde çalıştıktan sonra, 1999 yılından itibaren kamu sektöründe çalışmaya başladı. Evli ve bir çocuk babasıdır.

e-posta: murat.mail@mynet.com