



# GSM" HÜCRESEL HAREKETLİ HABERLEŞME SİSTEMİ

Adnan ÇORA"

## ÖZET

Bu çalışmada, Avrupa Posta ve Telekomünikasyon İdareleri Konferansı'nın (*Conference on European Postal and Telecommunications Administrations*) oluşturduğu ve 1991 veya en geç 1992 ortalarında faaliyete geçecek olan bütün Avrupa'ya, tabi bu arada Türkiye'yi de kapsayacak olan hücreli hareketli bir yer haberleşmesi sisteminin (GSM) yapısı, GSM sisteminin tarihçesi ve Avrupa'da halen mevcut hücreli hareketli yer haberleşmesi sistemleri hakkında teknik bilgiler verilmiştir. Birinci bölümde, GSM sisteminin tanıtımı ve özellikleri iki ayrı kısımda incelenmiştir. İkinci bölümde ise GSM'in alt sistemi incelenmiş, bunu takiben 3. bölümde sistemin modülasyon, kodlama ve haberleşmesi sisteminde buna sağlanan imkânlar özetlenmiştir. Beşinci bölümde çok kısa olarak, GSM'in teknik parametreleri ve sistem olarak tavsiyeleri verilmiştir. 6. bölümde ise sonuçlar ve GSM'e ait geleceğe dönük düşünceler ifade edilmiştir.

## SUMMARY

In this paper, the structure, features and facilities of a cellular land mobile radio communication system, named Groupe Speciale Mobile (GSM), set-up by the Conference on European Postal and Telecommunication Administrations, which will operate in 1991 or at latest in mid 1992 and cover whole Europe (certainly will also include Turkey) is described. The introduction gives the history of GSM system and technical data on currently existing systems in Europe. In Section 1. defining and features of the GSM system are given. In Section. 2. GSM radio-subsystem is searched, following this in Section 3, Modulation, coding and performance features of the land mobile communication systems handover and its features are summarized. Technical parameters and recommendations made by GSM follows this in Section 5. At the end in Section 6 conclusions and future prospects of the GSM are expressed

(\*)  
(\*\*)

Groupe Speciale Mobile  
Karadeniz Teknik Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü

## GİRİŞ:

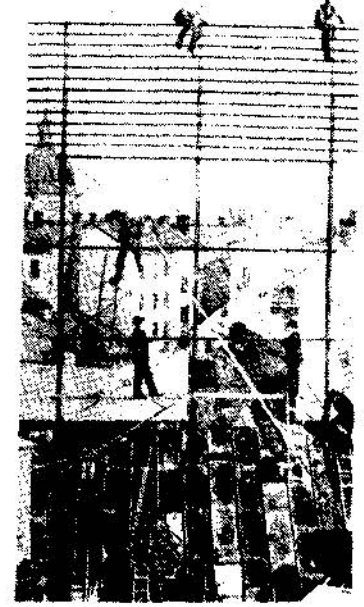
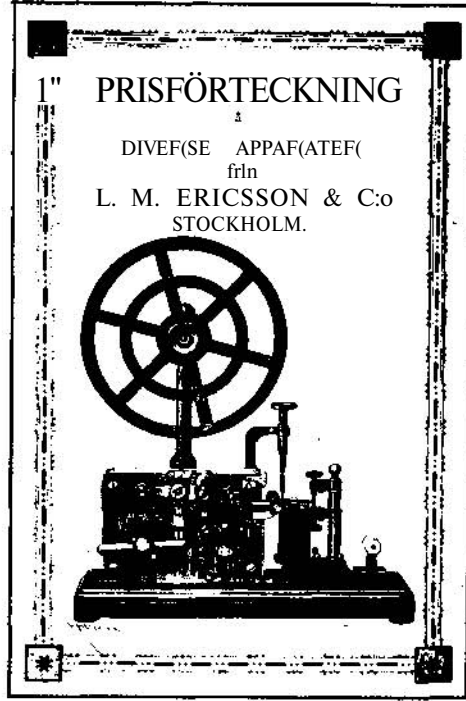
Avrupa endüstrisi 1992'de ticari erğellerin kaldırılması şartlarına kendisini hazırlarken, hareketli haberleşme konusu ile uğraşanlar bu yönelişi önceden farkettiler ve milletlerarası sanayicilere bütün Avrupa'ya kapsayacak bir Hareketli Telefon Sistemi'ni geliştirmeleri için izin verildi. Böylece Avrupa elektronik endüstrisinin tarihinde ilk defa politik, ticari ve endüstriyel güçler Avrupa endüstrisi için yerli bir pazar meydana getirmek üzere birleştiler.

Hücreli Radyo, gittikçe artan hareketli telefon talebi için, sınırlı olan radyo spektrumunu daha verimli kullanmak amacıyla tasarlanmıştır. Frekans spektrumunun her MHz'i sadece nispeten az sayıda eş zamanlı konuşmayı sağlamalı ve aynı frekans, ülke çapında veya bölgesel bir servis için gerekli kapasiteyi karşılamak amacıyla birçok defa tekrar kullanılmalıdır.

Hücreli Radyo, bunu, bütün bölgeyi petek şeklinde hücrelere bölmek ve frekansları ve güç seviyelerini iki veya üç hücre ödeten, aynı frekans farklı konuşmalarda kullanabilecek şekilde tahsis etmek suretiyle gerçekleştirir.

Halen, Avrupa'da kullanılmakta olan birçok sistem vardır ve bir sistem için tasarlanan hareketli ünite, bir diğeri ile kullanılamamaktadır. İngiltere ve İrlanda, Amerikan AMPS (*Advanced Mobile Phone System*) standardının bir türü olan TACS'ı (*Total Access Communication System*) kullanmakta, İskandinav ve Benelux ülkeleri ile İspanya ve Avusturya NMT 450 ve son olarak NMT 900'ün değişik türlerini kullanmaktadırlar. Buna karşılık, Federal Almanya C 450'yi geliştirmiş, İtalya RTMS, Fransa ise Radio Com 2000 sistemini başlatmıştır. Bu sistemlerin genel karakteristikleri Tablo. 1'de gösterilmiştir.

1981'de bir Fransız-Alman ortak çalışması, ortak bir yaklaşımı geliştirmek için başlatılmıştı ve bunun Avrupa için bir standart haline gelmesi ümit ediliyordu. Çok geçmeden Avrupa PTT'leri Birliği (*CEPT: Conference on the European Postal and Telecommunication Administrations*) işi ele aldı ve Harmonizasyon Komitesi'nin gözetimi altında Özel Hareketli Grubu'nu (*Group Speciale Mo-*



*Öte yandan, nem GSM sisteminin diğer kullanıcıları tarafından son derece kapsamlı bir şekilde hem de çok farklı diğer radyo servisleri tarafından paylaşılması gereken bir radyo iletim ortamı vardır. ,,*

bile, GSM) kurdu. GSM, 1990'larda bütün Avrupa'yı kapsayacak bir sistemi tanımlamakla görevlendirilmişti. Şimdi ise 1991'in ortalarında bir servisi işletmeye koyacak şekilde teçhizat temin etmek üzere 17 PTT idaresi, bu sistemi gerçekleştirmeye kendilerini adayan bir memorandum imzalamışlardır.

#### 1.1. GSM SİSTEMİNİN ÖZELLİKLERİ

GSM'in ilk yılları, esas olarak verinin

(data) hareketli (mobile) ile Yer İstasyonu (BS) arasında taşınması için radyo tekniklerinin seçimine tahsis edilmişti. 1986'dan önce GSM, üye ülkelerin farklı adaylarının bu bağlantı için yaptıkları teklifleri denemeye hazırı. 1986'nın sonunda Paris'te, altı farklı sistem denendi. GSM, adayları değerlendirmek için önem sırasına göre yedi kriterlik bir liste hazırlamıştı. Tablo. 2'de verilen bu listenin başında kilometre kare başına bir MHz'deki eş zamanlı konuşmaların sayısı olan spektral verimlilik gelmekteydi.

Sistemin Adı	Frekans Bandı (Mhz)	Kapsadığı Band(Mhz)	Kanal Aralığı (Khz)	Kullanıldığı Ülkeler	Abone Sayısı (Mayıs 1988)	İşletmeye Açılışı
NMT450	450	4.5	25	İsveç, Norveç, Danimarka, Finlandiya, İspanya, Avusturya, Hollanda, İzlanda, Lüksemburg, Belçika	505880	Ekim 1981
NMT900	900	25	12.5	İsveç, Norveç, Danimarka, Finlandiya, İsviçre	79990	Aralık 1986
TACS (ETACS)		900	15(16)	25	İngiltere, İrlanda	330620
Ocak 1985						
C450	450	4.5	20	F. Almanya, Portekiz	65620	Eylül 1985
RC2000	200	28	12.5	Fransa	62170	Ekim 1985
RTMS	150	?	?	İtalya	1986	Eylül 1985

Tablo 1: AVRUPA HÜCRESEL Radyo Standartları

- Spektrumun verimliliği
- Subjektif ses kalitesi
- Hareketlinin maliyeti
- Elde taşınabilirlik
- Yer İstasyonu maliyetleri
- Yeni servisleri destekleme imkânları
- Mevcut sistemlerde birarada varoabilme

**Tablo. 2:** GSM Sistemi Tarafından Karşılanması Gereken Kriterler:

Bu seçimde hiç bir adayın teklifi kabul edilmedi, fakat çok farklı sistemin yaklaşımı ve düşüncelerine dayalı bir sistemin tasiağını hazırlamak fikri kabui edilmişti.

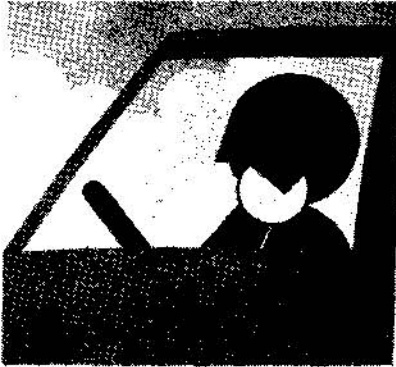
Ciddi olarak müzakere edilmeyen bir konu ise Hücreyel Radyo'nun performansı idi. Performans, ilk olarak ortak-kanal girişimi (*co-channel interference*) ile sınırlıdır ve telefonun kalitesi, şayet sayısal iletim kullanılıyorsa, ortak-kanal girişiminin çok yüksek seviyelerinde elde edilebilir. Bu, hücrelerin daha sık tekrarlanabilmelerine imkân verir ve sadece bu faktör ile GSM sisteminin NMT sistemine göre temelde spektral verimlilik açısından 3 kat daha gelişmiş imkânlar sunduğu tahmin edilmiştir. Sayısal iletimi destekleyen diğer bir faktör de bütün dünyada telekomünikasyon endüstrisinin hızla sayısal metodlara dönüşmesi ve ISDN'in gerçekleştirilmesi ile bugüne kadar olduğundan çok daha yüksek seviyede bir sayısal işaretleşmeyi sağlayacak oluşudur.

Önemli bir konu da en uygun iletim metodunun hangisi olduğudur. Adaylar tarafından çeşitli yaklaşımlar (FDMA, TDMA, CDM gibi) ileri sürülmüş fakat TDMA (*Time Division Multiple Access: Zaman Bölme Çoklu Girişim*)'in uygulanması için Nisan 1987'de nihai karara varılmıştır.

## 1.2. SİSTEMİN TANITIMI

Burada, tabiatıyla ancak sistemin ana elemanlarına kısa bir bakış verilecek ve bunların fonksiyonları kısaca tanıtılacaktır. GSM yaklaşımının altında yatan ana felsefelerden biri, sistemdeki ana bağlantıların (*interfaces*) halka açık olmasıdır. Bütün bağlantıların geliştirilmesi ve standardizasyo-

nu için önemli ölçüde zaman ve gayret sarfedilmiştir. GSM sisteminin katları 1, 2, ve 3 (fiziksel, veri linki ve şebeke katları) olarak belirlenmiştir. Bu durum, GSM sisteminin, halen mevcutsistemle olan önemli farklılıklarından birisidir. Şüphesiz diğer önemli bir farklılık, hava bağlantısı (*air - interface*) ve sayısal iletimin kullanılmasıdır.



Hareketli istasyon, klasik, araca monteli 20 W'da çalışan telefondan tipik olarak 5 W'ın altında yayın yapan ve gittikçe popüler hale gelen, elde taşınır ünitelere kadar değişik şekillerde olabilir. Elde taşınır ünitenin büyüklüğü ve ağırlığını belirleyen ana faktörlerden birisi batarya paketidir.

Sistemin bir özelliği de ya daha küçük boyutlarda olması veya yüklemeler (şarj) arasında daha uzun ömür vermek üzere tasarlanmış olmasıdır. Mevcut analog sistemlerde bu süre 24 saatten daha azdır.

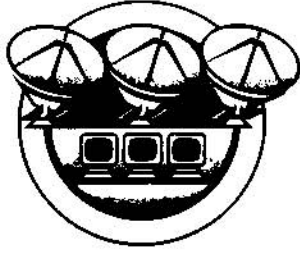
Hareketli kullanıcı bir konuşmayı başlattığında, kendi teçhizatı lokal bir Yer İstasyonu'nu (BS) arayacaktır. Bir Yer İstasyonu Sistemi (BSS), Bir Yer İstasyonu Kontrolörü (BSC) ile bir veya daha çok sayıda Yer Alıcı - Verici İstasyonlarını (*Base Transceiver Stations*) ihtiva eder. Bunların her biri bir veya daha çok frekans kanallı bir radyo hücresi temin eder (pratikte durum bundan çok daha kompleksdir.) BTS, radyo bağlantısının 1. ve 2. katlarını teşkil etmektedir. (Yani hatası düzeltilmiş bir veri yolu (*error - corrected data path*) Her BTS kanallarından birini kontrol fonksiyonlarına tahsis eder, kalan kanallar trafiğe ayrılır. Hareketli, bir defa, bir BTS'ye giriş yapıp senkronize olduğunda, BSC ona iki-yönlü bir işaretleşme kanalı tahsis edecek ve Hareketli Servisler

Bağlantı Merkezi'ne (*Mobile Switching Centre*) bu yol açacaktır. MSC, şebeke içerisinde trafiği işaretleşmeyi yönlendirir ve diğer şebekelerle birlikte çalışır. MSC, ilâve fonksiyonlarıyla birlikte bir ana ISDN santrali (*exchange*) ve hareketli uygulamaları destekleyecek olan bağlantılardan ibarettir. Bir hareketli, sisteme giriş yapmak için talepte bulunduğu, kendi IMS I (*International Mobile Subscriber Identity*) kimliğini belirtmek zorundadır. Bu kimlik abonenin sisteme girişine izm verildiğini doğrulamaya yarayacak özel bir numardır. Bu işlem, belgelenme (*authentication*) olarak isimlendirilir. Bununla birlikte, sistem abonenin nerede yerleşmiş olduğunu bulmak zorundadır. Her abone bir ana şebekeye ve mümkün olduğu takdirde de o şebeke içinde bir MSC'ye ait olmalıdır. Bu durum, Ana Yerleşim Kaydedicisi'ne (*Home Location Register - HLR*) bir giriş yapmak suretiyle gerçekleştirilir. Bu kaydedici, abonenin izin verildiği servisler hakkındaki bilgileri taşır. HLR aynı zamanda tek bir belgeleme anahtarı ve ilgili çağrı / cevap jeneratör de ihtiva eder.

## 2. GSM RADYO ALT SİSTEMİ

Bu bölümde de GSM radyo telefon şebekesinin radyo alt sistemi incelenmiştir. Lojik kanalların verisinin hatadan nasıl korunduğu, fiziksel kanallara nasıl yerleştirildiği ve son olarak da radyo linki üzerinden yarıklara (*burst*) nasıl yerleştirildiği kısaca anlatılacaktır.





**“CrSM sistemi, coğrafi bölgeyi kısımlara ayırmak için çok iyi bilinen hexagonal hücreler şeklinde bölgeyi hücrelere ayırır. Bu hücreler 1 km'ye kadar küçük çapta olabilir. „**

Radyo alt - sistemi linkin, hareketli ve Yer İstasyonları (BS) arasındaki fiziksel katı oluşturur. Öyle ki radyo alt - sistemi hareketli abone ile şebeke arasındaki fiziksel bağlantıyı temin eder. Şekil. 1 fiziki katın bir görünümünü göstermektedir.

Bir tarafta fiziksel kat, trafik kanalları (TCH) ve işaretleme kanalları (Yayın kontrol Kanalı •• BCCH), ortak kontrol kanalı (CCH), tahsis edilen kontrol kanalı (DDCH)'na ayrılabilen farklı bir grup lojik kanal yoluyla veri linki katı ile bağlanır. Şekilden görüldüğü gibi bu kanallardan bazıları alt kanallara da bölünmüştür. Trafik kanalı 6 farklı şekilde mevcuttur, yani hem tam-oranlı konuşma (*full-rate speech*) veya veri kanalı olarak (2, 4 - 4, 8 - 9, 6 kbit/s) hem de yarı - oranlı veri kanalı (2, 4 - 4, 8 ve 9, 6 kbit/s) olarak.

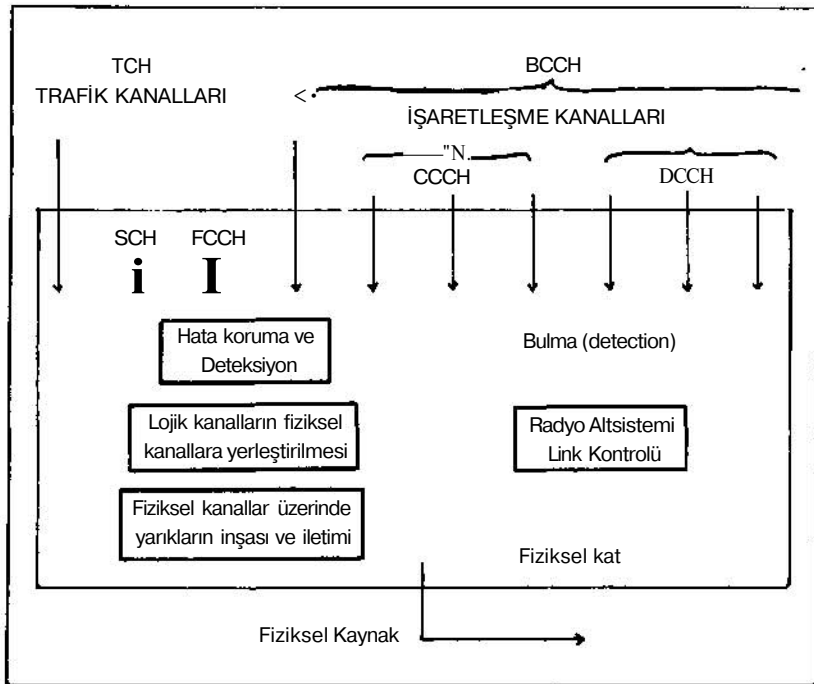
Öte yandan, hem GSM sisteminin diğer kullanıcıları tarafından son derece kapsamlı bir şekilde hem de çok farklı diğer radyo servisleri tarafından paylaşılması gereken bir radyo iletim ortamı vardır. Bu nedenle radyo frekans kaynaklarını tahsis ederken çok sınırlı bir imkân olan radyo spktrumu hesaba katılmalıdır. Ayrıca, hareketli terminalin hareketinden dolayı radyo linkinin güvenilemez ve zamanla değişen tabiatı gözönüne alınmayı gerektirir. Yüksek kapasiteli nücresele sistemin, karışık zaman ve frekans bölmeli çoklu girişli sayısal iletim ve

band genişliği verimli modülasyon kullanması bu gereklerden dolayıdır. İletim şekil ve modülasyon tipi bir sonraki bölümde daha geniş incelenecektir.

Radyo alt-sisteminin amacı, veri linki katına, baştan sona kadar tanımlanmış bir "bit pipe"ı kabul edilebilir bir iletim gecikmesi (*transmission delay*) ve lojik kanalların her biri için makul bir kalite temin etmektir. Bu maksadın tahakkuku için fiziksel kat 4 kategoride gruplandırılabilen çeşitli amaçları yerine getirir (şekil. 1).

Spektrum aralığı - frekans, zaman ve coğrafi bölge açısından spektrum kaynaklarının mümkün olduğu kadar küçük bir kısmını kullanmakta olan özel bir hareketli istasyonun ihtiyaçlarına uygun fiziksel kanallar temin etmek üzere kısımlara ayrılmalıdır.

GSM sistemi, coğrafi bölgeyi kısımlara ayırmak için çok iyi bilinen hexagonal hücreler şeklinde bölgeyi hücrelere ayırır. Bu hücreler 1 km'ye kadar küçük çapta olabilir. Her hücreye, önceden tahsis edilmiş belirli sayıda frekans/zaman kanallarıyla teçhiz

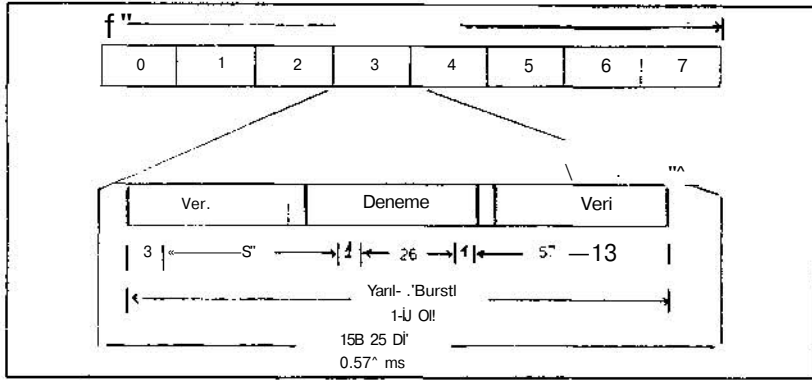


Şekil 1:MS- BS LİNKİNİN fiziksel katı

- \* Veri yarıkları inşa ederek bunları radyo yolu üzerinden iletmek suretiyle fiziksel kanalla meydana getirmek,
- \* Özel bir lojik kanalın baştan sona ihtiyaçlarını gözönüne alarak lojik kanalları bu fiziksel kanallara yerleştirmek,
- \* Özel ihtiyaçlarına göre her lojik kanala hata korumayı uygulamak.
- \* Verilen kaynakları tahsis etmek için radyo ortamını göziemek ve kontrol etmek; kanal değişikliği (*handover*) ve güç kontrolü gibi fonksiyonlarla propagasyon karakteristiklerinin değişimlerini saymak.

edilmiş olan bir Yer İstasyonu tarafından serviste bulunulur. Bu suretle radyo yayınının kapsayacağı alan çok küçük hale getirilir, böylece belirli bir Kanalın tekrar kullanılabilmesi mesafe de oldukça küçülür. Bu kavram -ki analog mobil telefon şebekelerinde başarıyla kullanıldı- son derece yüksek spektrum kapasitesi sağlar.

CEPT, GSM tarafından kullanılmak üzere iki frekans bandı tahsis etmiştir. Bunlardan 890-915 MHz bandı hareketli terminalden yer istasyonuna doğru kullanılacaktır. Bu bandlar 890,2/935,2 MHz'den başlayan çiftler şeklinde 200 kHz aralıklarla 124 taşıyıcı çiftine bölünmüştür. Şekil. 2'den de görüldüğü gibi frekans spektrumu,



Şekil 2: TEMEL ZAMAN ÇERÇEVESİ, zaman aralığı ve yarıklar yapısı

sabit tahsisli TDMA sistemi kullanılarak zaman aralıklarına bölünmüştür. Bu sistemde zaman eksenini 0,577 ms'lik zaman aralıklarına bölünmüş olup 8 aralık (0'dan 7'ye kadar numaralanan) 4,615 ms'lik bir zaman çerçevesi teşkil ederler. Özel bir zaman aralığının tekrar vuku bulması (mesela, slot no.3) —her çerçeve bir fiziksel kanal teşkil ettiğinden— her 4,615 ms'de bir olur. Bu yapı her iki yönde de yani hem aşağı doğru hem de yukarı doğru kullanılmıştır. Veri bu zaman aralıklarına (time slots) yerleştirilen yarıklarda iletilir. Bu yarıklar aralıklardan biraz daha kısadır, 0,546 ms.

Şekil. 2 bir yarıktaki veri yapısını da göstermektedir. Bu 271 kbit/s oranında iletilen 148 biti ihtiva eder. Gerçek veri iletimi için 114 bit elde edilebilmektedir. Kalan bitler yarıkların alınmasında (reception) ve bulunmasında (detection) yardımcı olmak üzere kullanılır, her iki uçtaki 3-bitlik kuyruk bitleri, veri bitlerinin eşit bir şekilde kenarlara doğru ve ortada

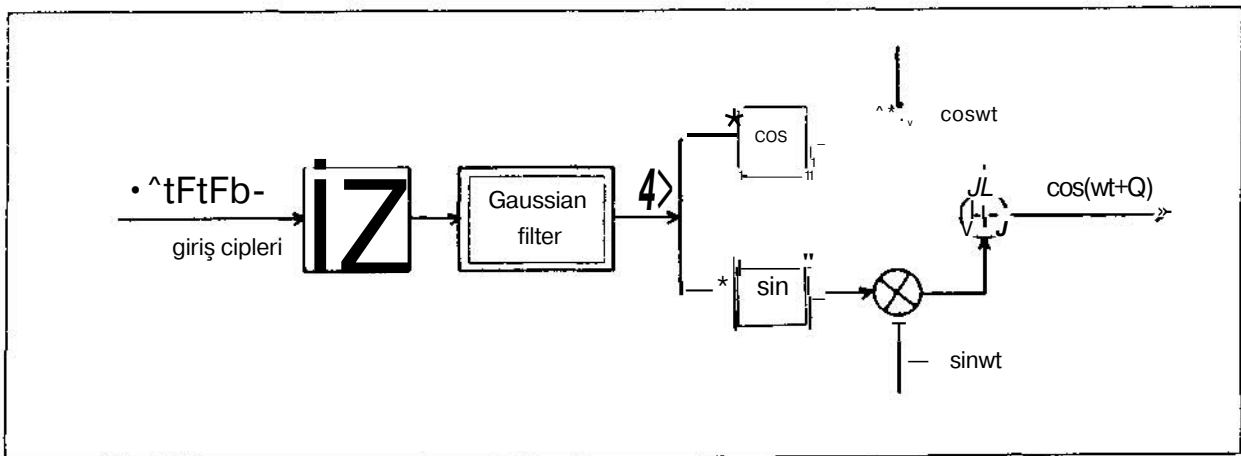
eşit bir şekilde yerleşmesini sağlar. Yarığın ortasındaki deneme (training) dizisi, alıcı (receiver) tarafından saçım dengeliyicisini (dispersion equalizer) ayarlamak, oropagasyon karakteristiklerini senkronize ve tahmin etmekte kullanılır.

Yarıklar, band genişliği zaman çarpımı (BT-product) 0,3 olan Gausstan minimum Shift Keying tekniğini kullanarak özel bir hücreye tahsis edilenlerden bir taşıyıcıyı modüle eder. Frekans sıçraması (hopping) olmaksızın bir fiziksel kanala ait olan her yarıklar aynı taşıyıcı frekansını kullanarak iletilir. Bu durumda frekans, yarıklar arasında değişir, ifade edildiği gibi fiziksel kanallar 4, 615 ms'de 114 bit çıkışı veya 24,7 kbit/s'lik hız temin ederler.

### 3. MODÜLASYON, KODLAMA VE SİSTEMİNİN PERFORMANSI

GSM sisteminde TDMA faktörünün 8 olması kararlaştırılmıştır. Bu, taşıyıcı başına 8 tam oranlı trafik kanalı yer-

leştirilecek demektir. Konuşma için 65 ms'lik bir gecikme marjını giriş işlemleri için kabul edilmiştir. Modülasyon tipi olarak DPM (Digital Phase Modulation) seçilmiştir. Bu bir yarıktaki sabit envelop modülasyonunun arzu edilen bir özelliğini ihtiva eder. Spektral verimlilik açısından C/I oranı ortak kanal direnci olarak 10-12 dB'den daha iyidir ve spektral verimlilik sayısı en azından mevcut analog sistemler kadar iyi olacaktır. 8'lik bir TDMA faktörü 200 kHz'lik taşıyıcı aralığı ile birlikte taşıyıcı başına tek kanallı bir sistemde 25 kHz olarak iyi bir karşılık olacaktır. Sayısal iletim için sabit envelop modülasyonu, her modülatör yongası, zamanla sınırlı veya hatta sınırsız aralıkta belirli bir faz değişikliğine sebep olur. Maksimum faz değişikliği modülasyon indeksi h tarafından belirlenir:  $h=1$  (faz değişikliği  $180^\circ$ ),  $h=1/2$  (faz değişikliği  $90^\circ$ ) dir. Bu değerlerle arzu edilen basitleştirilmiş alıcıların gerçekleştirilmesi mümkündür. GMSK (Gaussian minimum Shift Keying) modülasyon türü olarak kabul edilmiştir. GMSK, Minimum Shift Keying (MSK)'m bir türü veya türevidir. Burada, faz her yonga aralığında, en son yonganın sonunda gerçekleştirilen açıdan başlayarak, doğrusal bir şekilde davranır. Böylece, MSK faz eğrileri doğrusaldır ve faz zaman eksenine devamlıdır. Bununla birlikte, birinci türev, yani frekansın ani değeri düzgün değildir ve spektrum nisbeten genişler. Şekil.3 bir GMSK modülatörünün şematik blok diyagramını göstermektedir. GMSK'in kontrol parametresi, normalize edilmiş band genişliği BT'dir (T: çip süresi).



Şekil 3: BİR GMSK MODÜLATÖRÜNÜN şematik blok diyagramı



**\*Bu gerçekleştirme işlemi esnasında, ses kalitesi ve gerçekçi iletim hata istatistikleri, eşığe göre bir gösterge temin etmek üzere belirtilmelidir. Gerçekçi demek propogasyon ve girişim çalışması esnasındakiLere benzer olacak demektir. „**

Kodlama ve Tarama (*Coding and Interleaving*): Sayısal iletimin en önemli avantajlarından biri kanal kodlaması yoluyla hata korumasının mümkün hale gelmesidir. Özellikle, son derece değişen propagasyon şartları olan hareketli radyo ortamında hata düzeltme kodlaması, '1a-d/ngntn oluşturduğu boşlukları kapatmakta son derece etkindir. Bir TDMA sisteminde frekans sıçramaları ile hata yarıkları meydana gelebilir. Bunlar ortak-kanal işaretlerini karıştırarak ortaya çıkarlar. Böylece alıcının hassasiyetinde ve C/I'nin eşik değerinde önemli gelişme sağlanabilir. GSM'in ilgili çalışma grubu kodlama türü olarak blok kodlama veya katlamalı (*convolution*) kodlama; hatta bunların seri bir bileşimini de öngörmektedir.

Performans: Bir sistemin nihai iletim performansı, onun tasarımı, fiyat - etkin bir gerçekleştirme kolaylaştırmak üzere gerçekleştirme kayıpları için bir miktar pay bırakılmalıdır. Bu gerçekleştirme işlemi esnasında, ses kalitesi ve gerçekçi iletim hata istatistikleri, eşığe göre bir gösterge temin etmek üzere belirtilmelidir. Gerçekçi demek propogasyon ve girişim çalışması esnasındakilere benzer olacak demektir.

İşaret işleminin (*signal processing*) ve çok - yollu yayılımın, saçılım özelliği gösteren kanallar boyunca yayılımının çok boyutlu istatistik tabiatından dolayı iletim performansının analitik olarak rakamlarla elde edilebilmesi için bir yol yoktur. Şekil. 4 simülasyon modelinin yazılım bloklarını göstermektedir.

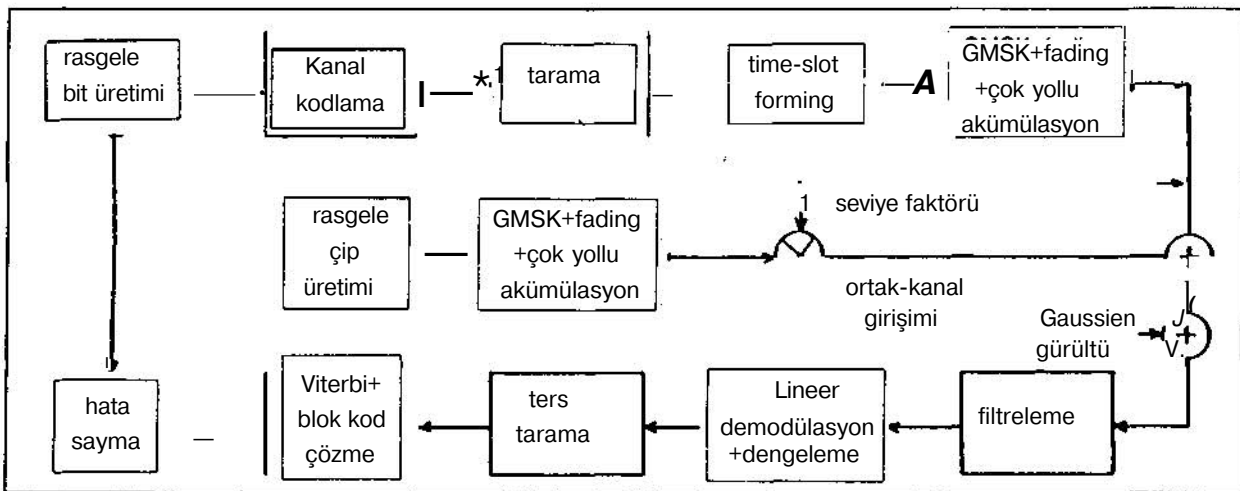
Şimülasyon modelinin blokları iki grup halinde incelenebilir. Birincisi, işaret formatı ve propagasyon modelleri tarafından belirlenir. Bu gruptaki bloklar (şekilde 1. ve 2. satırları) kendi kendine izah edilebilir. GMSK modülünü ihtiva eden blok, ayırgan (*dispersive*) kanalın farklı yollarında katkıda bulunanları taşıdıkları gibi toplamalıdır. İkinci grup yazılım modülleri ise alıcının işaret işleme zincirini gösterirler Burada, ilk adımda, alınan işaret filtrelenir. Burada karakteristik öyle seçilmelidir ki komşu kanallardaki girişimin bastırılması sağlanmalıdır.

Hata Koruma ve Deteksiyon: Radyo yolu üzerinde veriyi iletim hatalarından korumak için 3 tip koruma mekanizması uygulanır: Tarama (*in-*

*terleaving*), katlamalı kod (*convolution code*) ve blok kodlama (*block coding*). Tarama, bir hareketli ortamında meydana gelen iletim hatalarını (*randomize*) rastgele dağıtmak için kullanılır. Katlamalı kodlama, iletim hatalarını düzeltmek için güçlü bir araç teşkil ederken blok kodlama esas olarak, alıcının veri linkinde düzeltilemeyecek hataların olduğunu göstermek için kullanılır. Kodlama ve tarama düzenleri kodlanacak lojik kanala bağlanır. Genel olarak, n bit ihtiva eden bir veri çerçevesi m adet kodlanmış bite dönüştürülür (Şekil. 2). Normal yarığın yapısı (herbiri 57 bit'lik iki kısım) 19'un tamsayı çarpımı olan bir m sayısını gerektirir. Bu bitler, ondan sonra değiştirilir (*scrambled*) ve l adet gruba bölünür. l grupları artık l adet yarığa iletilir, l'nın sayısı tarama derecesi olarak isimlendirilir. Kod oranları farklı sayıda olabilir. Kodlama ve kod çözme mekanizmalarını basitleştirmek için, kodları belirlemek üzere sadece 4 polinom belirlenmiştir. Bu ise  $r = 1/4$  oranında bir katlamalı kod temin eder. Lojik kanalın ihtiyaçlarını yerine getirmek için, yarıkların bit yapısına, kod oranlarına, meselâ,  $r=244/456=0.535$ 'e uydurmak gerekir. Şekil. 5 ses kodlama işleminin tarama şeklini, şekil. 6 trafik kanallarının fiziksel kanallara yerleştirilişini, şekil. 7 genel kodlama ve taramayı gösterir.

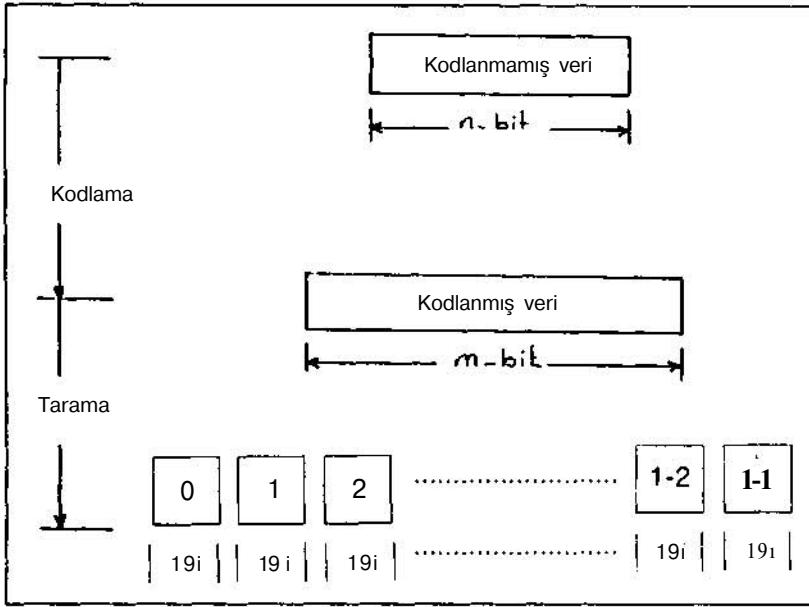
#### 4. KANAL DEĞİŞİKLİĞİ VE GSM SİSTEMİNİN GELİŞTİRİLMİŞ İMKANLARI

Kanal Değişikliği (*Handover*) işle-



Şekil 4: ŞİMÜLASYON modelinin modülleri





Şekil 7: GENEL KODLAMA ve tarama düzeni

konuşma için serbest hale getirmek üzere bir konuşmayı yarı - oranlı bir kanala aktarmak.

Kanal değişikliğini gerçekleştirmek üzere gerekli kararları alabilmek için şebeke, hareketlinin çalıştığı ortamın tam bir haritasına sahip olmalıdır. Bu, bir grup ölçmelerin toplamını kapsar, meselâ işaret seviyeleri, girişim seviyeleri, mesafeler, trafik yüklen v.s. gibi. Ondan sonra bu ölçmeler işlenir, ortalaması alınır, karşılaştırılır vs. ve o anda ortamda, kanal değişikliği için optimum hücreye ve başlangıç şartlarının yerine getirilmesine karar verilir.

GSM sisteminin geliştirilmiş özellikleri:

Ölçmeler: GSM sistemi aşağıdaki parametrelerin ölçülmesini sağlamak üzere dizayn edilmiştir.

a) Yukarı - link servis hücresi için, alınan işaret seviyesi ve alınan işaretin kalitesi serviste bulunan YER İSTASYONU tarafından ölçülür.

b) Aşağı - link servis hücresi için, alınan işaret seviyesi ve alınan işaret kalitesi HAREKETLİ İSTASYON tarafından ölçülür, ve her 0,5 s. de yaşı işleyen ilgili kontrol kanalı yoluyla şebekeye bildirilir.

c) Komşu hücreler için, BCCH taşıyıcısının aşağı - link işaret seviyesi, hareketli istasyon tarafından ölçülür.

Komşu hücre, Yer İstasyonu Tanıtım Kodu ve taşıyıcının frekansı okunarak tanınır. En kuvvetli 6 hücre için neticeler her 0,5 s. de bir SACCH yoluyla şebekeye bildirilir.

d) Hücre içinde hareketlinin "yeri" serviste bulunan Yer İstasyonundan uzaklığı ile belirlenir.

e) Serbest trafik kanallarındaki girişimlerin seviyeleri, kanal değişikliği için hizmet eden hücrede ve muhtemel hedef hücrelerde ölçülebilir.

f) Serviste bulunan ve hedef hücrelerdeki trafik yükleri, işletme ve bakım fonksiyonları vasıtasıyla ölçülebilir.

Komşu hücre seviyelerinin Yer İstasyonundan ziyade Hareketli İstasyon tarafından ölçülmesinin iki türlü faydası vardır. İlki, işlemin gereği, şimdi nisbeten daha az sayıda yer İstasyonlarında yoğunlaşmaktan ziyade geniş bir hareketli kitleye dağıtılmıştır, ikinci olarak, anormal propagasyondan ileri gelen problemler çözülebilir.

##### 5. GSM SİSTEMİNİN TEMEL HAVA BAĞLANTISI PARAMETRELERİ VE TAVSİYELERİ

Buraya kadar izah edilen GSM sisteminin özellikleri ve sistem yapısından sonra sistemin temel hava - bağlantısı parametrelerini kısaca şöyle özetlemek mümkündür.

Kanal aralığı: 200 kHz

Modülasyon tipi: GMSK  
 Modülasyon derinliği: BT 0,3  
 Veri iletim oranı: 270.883 kbit/s  
 Kanal/band sayısı: 8(16)  
 Kullanıcı veri oranı (Nominal): 16 (8) kbit/s  
 TDMA çerçeve periyodu: 4, 62 ms  
 Zaman aralıklarının süresi: 0,58 ms

GSM'in tavsiyeleri:

- 00 Başlangıç
- 01 Genel
- 02 Servis durumları
- 03 Şebeke durumları
- 04 MS-BS bağlantısı ve protokoller
- 05 Radyo yolundaki fiziksel kat
- 06 Ses (*audio*) durumları
- 07 Hareketli istasyonlar için terminal adaptörleri
- 08 BTS/BCS ve BSC/MSC bağlantıları
- 09 Şebekelerarası çalışma
- 10 Servislerarası çalışma
- 11 Teçhizat ve tip uygunluğu özelliği
- 12 Şebeke idaresi (işletme ve bakım dahil).

##### 6. SONUÇ VE GELECEK

GSM, gayelerini gerçekleştirme yolunda faydalı bir davranışı kabul etmiş ve bunu başarmak için çalışmalarına devam etmektedir. Bu şüphesiz, PTT idareleri ve mahalli endüstrilerin rekabete dayalı baskılarıyla meydana gelebilecek, işletmecilerle endüstri arasında bir ortaklığı gerektirmektedir. Bu çalışmalara, global pazar ortamında, Japonya ve Amerika Birleşik Devletleri ile rekabet edebilecek, Avrupa'nın teknolojik bir bütünlüğü olarak ümitle bakılabilir.

##### KAYNAKLAR

- 1) Balston, DM : "Pan - European cellular radio.or 1991 and ali that" Electronics and Communication Engineering Journal, Jan. Feb. 1989.
- 2) Ochsner, Heinz: "Overview of the radio subsystem": Session 3-The radio subsystem, Digital Cellular Radio Conference. Hagen, FRG, October 198
- 3) Langewellpot, u. and Reiner, Michael; "Modulation. coding and performance". Session 3. Adı geçen konferans.
- 4) Targette, Davit and Rast, Herbert; "Handover capabilities of the GSM System" Session 3. Adı geçen konferans.