

T.C.
GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GSM'DE YENİ AÇILAN HÜCRE İÇİN
FREKANS PLANLAMA MODELİ

PINAR TANRIVERDİ
YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

GEBZE

2013

T.C.
GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GSM'DE YENİ AÇILAN HÜCRE İÇİN
FREKANS PLANLAMA MODELİ

PINAR TANRIVERDİ
YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMANI
DOÇ. DR. HACI ALİ MANTAR

GEBZE

2013



**GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ
ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS JÜRİ ONAY FORMU

GYTE Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 24.06.2013 tarih ve 2013 / 34 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 26.06.2013 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Pınar TANRIVERDİ'nin tez çalışması Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE

(TEZ DANIŞMANI) : Doç. Dr. Hacı Ali MANTAR
Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

ÜYE

: Yrd. Doç. Hasari ÇELEBİ
Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

ÜYE

: Yrd. Doç. Köksal HOCAOĞLU
Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

ONAY

GYTE Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
..... tarih ve/..... sayılı kararı.

İMZA/MÜHÜR

ÖZET

GSM şebekelerinde, mobil kullanıcı ve kullanılan servis sayılarının hızla artması sonucu operatörler bu trafiği karşılayabilmek için, ağ kapasitelerini artırmak zorundadır. Kapasiteyi artırmak için yeni hücreler eklenmektedir. Geleneksel yöntem olan, her yeni eklenen hücre için atanacak frekans manuel şekilde seçilmektedir. Kısıtlı kaynak olan frekans aralığı operatörler tarafından efektif şekilde kullanılması için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Bunların birçoğunda her yeni hücre ile beraber komşu hücrelerinin de frekanslarının yeniden tanımlanması gerekmektedir. Bu da servis kesintisi ve yeni hücre için otomatik frekans planı uygulanana kadar geçen süredeki servis kalitesini düşürmektedir.

Bu tezde, otomatik frekans planlama ile ilgili çalışmalar incelenmiştir. Yeni bir hücre tanımlandığında ona atanacak frekans aralığı için akıllı öneri getiren bir model sunulmuştur. Bu modelin uygulandığı bir yazılım gerçekleştirilmiştir. Yazılımın nasıl kullanıldığı ve çıkan sonuçların değerlendirilmesi paylaşılmıştır. Yeni hücreye daha sonra servis kesintisine neden olmayacak en uygun frekans aralığını tahsis edildiği gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: GSM frekans planlama; komşu hücre; frekans girişi.

SUMMARY

Operators have to increase their network capacity to meet the traffic caused by increased mobile user and use of services. To increase capacity new cells are added. As a traditional method, for every added new cell, frequency is chosen manually. Several approaches have been developed by operators for frequency assignment which spectrum is a limited source. In most of them, along with new cells, neighbour cell frequencies need to be redefined. This causes service failures and decreases service quality at the time spent for application of automatic frequency plan.

With this thesis, studies related to automatic frequency planning for new cell, are investigated. A model that gives smart ideas for frequency assignment to new cell is introduced. A software is implemented based on this model. Software using information and software's outputs are shared. Assignment optimum frequency range for new cell is observed.

Keywords: GSM frequency planning; neighbour cell; frequency interference.

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tezimde bana destek olan danışmanım Sayın Doç. Dr. Hacı Ali Mantar'a, tezimle ilgili GSM bilgisine çok güvendiğim, çalışmalarım boyunca yardımları ve tavsiyeleri ile desteğini eksik etmeyen çalışma arkadaşım Cengiz Kaymazalp'a, tez çalışmalarını ile ilgili tecrübelerini paylaşan, zaman ayırıp destek olan Turkcell Teknoloji'den Esen Tuna ve Hasan Tonguç Yılmaz'a, tez çalışmalarına zaman ayırmamı sağlayan ve gösterdikleri anlayış için Turkcell Teknoloji'den eski yöneticilerim; Ayhan Yılmaz ve Murat Ayyıldız'a, yüksek lisansı bitirebilmem için gereken uluslararası konferans yayını çalışmalarımda, gerekli desteği ve yönlendirmeyi sağlayan yöneticilerim, Volkan Seçginli, Erdoğan Bayrak ve katılım ile ilgili gerekli desteği sağlayan Turkcell Teknoloji'ye, geliştirilen yazılım içerisinde kullanılan veriler ve test ortamının sağlanmasında katkılarından dolayı Turkcell firmasına desteğinden dolayı, konferans yeri ile ilgili yönlendirmeleri ve yayın hazırlığım için uzmanlığını esirgemeyen Turkcell Teknoloji'den Selçuk Abi'ne, tezim ilerlerken tavsiyelerini esirgemeyen Turkcell'den arkadaşım Mahmut'a, Hasan'a ve GYTE'den Salih'e, tezim ilerlerken motivasyonumu yüksek tutan, ilgisi ve yönlendirmesi ile yanımda olan çalışma arkadaşlarım Volkan ve Kaan'a, gitar öğretmenim Berna Hocaya, zor zamanlarda yanımda olan, hızlıca toparlanmamı sağlayan çalışma arkadaşlarım Elif ve Funda'ya, tez çalışmalarım boyunca sıcacık anne yemekleri ile beslenmeme özen gösteren ev sahibim Gül Teyzem'e, tezim ilerlerken sunumlarımı sabırla izleyen ve yorumlarını eksik etmeyen, mühendislik becerilerinin yanında müzisyen yanıyla ruhumuzu da besleyen arkadaşım İlyas'a, hep yanımda olan aileme annem Filiz, babam Ali, kardeşlerim Rabia ve Uğur'a, en içten teşekkürlerimi sunuyorum.

Son olarak tezimi her kararında beni destekleyen ve hiç yalnız bırakmayan, çok sevdiğim ANNEM'e armağan etmek istiyorum...

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	iv
SUMMARY	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiii
TABLOLAR DİZİNİ	xiv
1. GİRİŞ	1
2. GSM SİSTEMİ MİMARİSİ ve TEKNOLOJİLER	4
2.1. GSM'in Tarihçesi	4
2.2. Erişim Teknikleri	5
2.2.1. TDMA	5
2.2.2. FDMA	5
2.2.3. CDMA	5
2.3. Hücresel Ağ Kavramı	5
2.3.1. Hücre Çeşitleri	6
2.3.2. Hücrelerin Bölünmesi	7
2.4. GSM Mimarisi Elemanları	7
2.4.1. Hücreler	8
2.4.2. Abone Kimlik Modülü - SIM	8
2.4.3. Baz Alıcı – Verici İstasyonu	9
2.4.4. Hava Arayüzü	9
2.4.5. Baz İstasyon Denetleyicisi	11
2.4.6. Mobil Servisler Anahtarlama Merkezi	11
2.4.7. İşletme ve Bakım Merkezi	12
2.4.8. Dahili Yer Kaydedicisi	12
2.4.10. Cihaz Kimlik Kaydedicisi	12
2.4.11. Doğrulama Merkezi	13
2.5. GSM Prosedürleri	13

2.5.1. Kaydetme	13
2.5.2. Arama Kurulumu	14
2.5.3. Aktarma	14
2.5.4. Doğrulama	16
2.5.5. Şifreleme	17
2.5.6. Modülasyon	18
3. GİRİŞİM	19
3.1. Ortak Kanal Girişimi	19
3.2. Komşu Kanal Girişimi	20
3.3. Kanal Girişim Oranı	20
3.4. Girişimi Engelleme Yöntemleri	21
3.4.1. Frekans Atlaması	21
4. HÜCRE PLANLAMA	22
4.1. Hücre Planlama Adımları	22
4.1.1. Trafik ve Kapsama Analizi	23
4.1.2. Nominal Hücre Planı	26
4.1.3. Saha İncelemeleri	26
4.1.4. Hücre Tasarımı	26
4.1.5. Hücre Gerçekleştirimi	27
4.1.6. Hücre Düzenlenmesi	27
5. FREKANS PLANLAMA YÖNTEMLERİ	28
5.1. Kullanıma Uygun Frekans Bandı	28
5.2. Frekansın Yeniden Kullanılması	29
5.3. Frekansın Kullanım Teknikleri	29
6. YENİ HÜCREYE FREKANS ATAMA MODELİ	31
6.1. Yeni Hücresinin Komşuluklarının Tahmin Edilmesi ve Sınıflandırılması	31
6.1.1. Referans Hücre Seçme İşlemi	31
6.1.2. Uzaklığa Bağlı Sınıflandırma	32
6.1.3. Açığa Bağlı Sınıflandırma	32
6.1.4. Karşı Hücrelerin belirlenmesi	33
6.1.5. Sınıflandırma İşleminin Yapılması	34
6.2. Hücre Komşuluk Sınıflarının Genel Girişim Değerlerinin Hesaplanması	35
6.3. Maliyet Fonksiyonu Tasarımı	36
7. FREKANS ATAMA YAZILIMI	40

7.1. Geliştirme ve Test Ortamı	40
7.2. Yazılımın Kullanımı	40
7.3. Yazılımın Sonuçları ve Ölçümler	45
8. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	47
KAYNAKLAR	48
ÖZGEÇMİŞ	50

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler ve</u> <u>Kisaltmalar</u>	<u>Açıklamalar</u>
AFP	: Automatic Frequency Planning
AGCH	: Access Grant Channel
ARQ	: Automatic Repeat Request
AUC	: Authentication Center
BCCH	: Broadcast Control Channel
BCH	: Broadcast Channel
BER	: Bit Error Rate
BSC	: Base Station Controller
BSIC	: Base Station Identity Code
BSS	: Base Station System
BTS	: Base Transceiver Station
CCCH	: Common Control Channel
CDD	: Cell Design Data
CEPT	: Conferance of European Posts and Telgraphs
CGI	: Cell Global Identity
CIR	: Carrier Interference Ratio
CSSR	: Call Setup Success Rate
DCCH	: Dedicated Control Channel
EIR	: Equipment Identity Register
FACCH	: Fast Associated Control Channel
FCCH	: Frequency Correction Channel
FDMA	: Frequency Division Multiple Access
FLP	: Fractional Load Planning
GMSC	: Gateway Mobile Services Switching Center
GMSK	: Gaussian Minimum Shift Keying
GoS	: Grade of Service
GSM	: Global System For Mobile Communications
HLR	: Home Location Register

HSN	: Hopping Sequence Number
ICDM	: Inter Cell Dependency Matrix
IMEI	: International Mobile Equipment Identity
IMSI	: International Mobile Subscriber Number
ISI	: Inter Symbol Interference
KPI	: Key Performance Indicator
LA	: Location Area
LAI	: Location Area Identity
MAIO	: Mobile Allocation Index Offset
MCC	: Mobile Country Code
MMR	: Mobile Measurement Report
MNC	: Mobile Network Code
MOC	: Mobile Originated Call
MoU	: Memorandum of Understanding
MRP	: Multiple Reuse Pattern
MS	: Mobile Station
MSC	: Mobile Services Switching Center
MSIC	: Mobile Subscriber Identification Number
MSISDN	: Mobile Station International Services Digital Network
MTC	: Mobile Terminated Call
NSS	: Network Switching System
OMC	: Operation and Maintenance Center
PCH	: Paging Channel
PCM	: Pulse Code Modulation
PIN	: Personal Identification Number
PUK	: Personal Unblocking Key
RACH	: Random Access Channel
SACCH	: Slow Associated Control Channel
SCH	: Synchronization Channel
SDCCH	: Stand Alone Dedicated Control Channel
SIM	: Subscriber Identity Module
SRES	: Signed Response
SS	: Switching System

TCH	: Traffic Channel
TDMA	: Time Division Multiple Access
TMSI	: Temporary Mobile Subscriber Identity
TRU	: Transceiver Unit
TS	: Time Slot
VLR	: Visitor Location Register

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil No:</u>	<u>Sayfa</u>
2.1: Hücreler ve Kapsama Alanlarına Göre Şekilleri	6
2.2: Hücre Çeşitleri	6
2.3: GSM Sisteminin Ana Bileşenleri	8
2.4: BTS'ler Arası Aktarma	15
2.5: MSC'ler Arası Aktarma İşlemi	16
2.6: Doğrulama Prosedürü	17
2.7: Şifreleme Prosedürü	18
3.1: Ortak Kanal Girişimi	20
4.1: Hücre Planlama Adımları	22
4.2: Erlang B Tablosunun Bir Bölümü	25
4.3: Erlang B Tablosunun 33 E GoS %2 Satırı	26
6.1: Örnek Referans Hücre Seçimi	32
6.2: Katmanlara Ayırma İşlemi	32
6.3: İç – Dış Hücre İlişkisi Örneği	33
6.4: Ön – Arka – Yan Hücre İlişkisi Örneği	33
6.5: Karşı Hücre Örneği	34
6.6: Frekans Atama Yaklaşımının Temel Süreci	37
6.7: Maliyet Fonksiyonu Akış Diyagramı	38
7.1: Yeni Hücre Bilgileri Giriş Ekranı	40
7.2: Yeni Hücre Detay Bilgileri Giriş Ekranı	42
7.3: Frekans Önerme Ekranı	43
7.4: Frekans Önerme Ekranı Sonuç Listesi	44
7.5: Test Hücresi İçin CSSR Değerleri Grafiği	45
7.6: Test Hücresi İçin Integrity Değerleri Grafiği	45
7.7: Test Hücresi İçin Retainability Değerleri Grafiği	46
7.8: Test Hücresi İçin Drop Değerleri Grafiği	46

TABLÖLAR DİZİNİ

<u>Tablo No:</u>	<u>Sayfa</u>
2.1: GSM 900 Şebeke Standartları	4
6.1: Hücre Komşuluk İlişkisi Sınıf Çeşitleri	34
6.2: Komşuluk İlişki Sınıfının Tahmini Girişim Değerleri	35
6.3: Maliyet Fonksiyonu İçinde Kullanılan Sabit Katsayılar	36

1. GİRİŞ

GSM dünyası kullanıcılarının sayısı çok hızlı şekilde artmaktadır. Operatörler sayısı hızla artan kullanıcılara, verdikleri servislerin kalitesinin azalmaması veya kesinti yaşanmaması için yeni hücreler ile veya mevcut hücreler için kapasitesini artıracak ekipmanlar ile şebekelerini büyütüyorlar. Bu büyüme yeni bir frekans ataması işlemini gündeme getiriyor. En efektif şekilde frekans ataması, operatörlerin yeni yatırımının en verimli şekilde kullanması için önem arz etmektedir.

Genel olarak kablosuz iletişim de olduğu gibi GSM teknolojisinde de verici ve alıcı adı verilen iki nokta arasında gerçekleştirilir. Verici; elektriksel taşıyıcı frekans adı verilen yayılımlar üretir. Alıcı bu yayılımları yakalar ve verinin tipine; ses veya resme; dönüştürür. Eğer iki verici aynı taşıyıcı frekansı kullanılırsa, bu girişime neden olur. Girişim seviyesi bir çok parametreye bağlı olarak değişiklik gösterir. Verici ve alıcı arasındaki mesafe, vericinin jeografik pozisyonu, signal gücü, vericinin yaydığı sinyalin yönü ve hava koşulları gibi bir çok etkene bağlıdır. Buna bağlı olarak girişim seviyesi çok yüksek olursa alınan sinyal gürültü oranı altına düşebilir, ki bu durumda kalite için kabul edilemez olmaktadır [1]. Frekans aralığının kısıtlı olması ve donanımsal kısıtlar yüzünden frekans atama işlemi planlanarak gerçekleştirilir. Bu problemin karmaşıklığı NP – Complete olarak kabul ediliyor [1]. Mevcutta yapılan çalışmaların bir çoğu problemin çözümü ile ilgili hata paylarını kabul ederek en iyi sonucu elde etmeye çalışıyor. Bu çalışmalardan bazıları:

Frekans planlama sürecine alternatif bir yaklaşımda bulunarak, var olan frekans planının bölgesel optimizasyonunun kritik hücrelerin kalitesinin artırılması hedeflenerek sabit atama yöntemi ile yeni frekans planı oluşturmasına dayanmaktadır [2].

Sürücü araç ile toplanmış veriler kullanılarak frekans planlama yapılmasına dayanmıştır. Kullanılan frekans planlama yöntemi sabit frekans atama modelidir. Sürücü araç ile toplanmış verinin kullanılması, ağda varsayımda bulunarak ilerlenilmesinden daha güçlü olduğu iddaa edilmiştir. Doğrusal programlama algoritması frekans atama probleminin çözümünde kullanılmıştır. Sonucunda KPI verilerinin %75 iyileşme gözlemlendiği iddaa edilmiştir [3].

HiPlan adı verilen frekans planlama programının nasıl çalıştığından bahsedilmiştir. Bu program ağdaki gerçek veriler ve genetik algoritma kullanılarak

gerçekleştirilmiştir. Kullanılan genetik algoritma içerisinde frekans planlaması yapılan alan için parça CIR tabanlı maliyet fonksiyonu koşulmuştur [4].

Frekans planlama başlığı içerisinde çok geçen frekans tekrar kullanım modeli ile ilgili spesifik bir problemin çözümü ile ilgilidir. 4x12 Frekans tekrar kullanım ile frekans ataması yapılan ağ içinde aynı kanalı kullanan ve komşu hücrenin iletim hattı boyunca aynı antenlerden eksen boyunca bulunmamaktadır. Bu da kör noktalara sebep olmaktadır. Alternatif satır anten rotasyon tekniğinin kullanımını, 4x12 frekans planı için bu eksikliği gidermek için önerilmiştir [6]. Bu çalışma özetle, frekans planlama adımından sonraki optimizasyon çalışmasını içermektedir.

Yeni hücre için otomatik frekans planlama yöntemi iddaa edilmiştir. Bu yeni yöntem ile sistemde önceden var olan diğer hücrelerin frekanslarında değişiklik yapmaya ihtiyaç duyulmamaktadır. Yeni hücrenin frekans planının bu çalışma ile komşuluk bilgisinin listelenmesi ve potansiyel girişimlerinin tahmin edilmesi işlemlerine dayanarak yapılması sağlanmıştır [5].

Son zamanlarda otomatik frekans planlama uygulamaları çoğunlukla GSM ağ planlamasında girişim matrisine dayalı olarak hazırlanmaktadır. Çoğu girişim matrisi oluşturan algoritmalar MMR verisini kullanarak çalışmaktalar. MMR raporu GSM standartları gereği mobil kullanıcının servis aldığı hücre ve altı komşu hücresinden daha alışı sinyali seviyesi ölçümüne dayalı olarak hazırlanmaktadır. Bu data doğru bir AFP için yeterli değildir [7]. CIR simulasyon ve şebeke harita verisinde kullanıldığı girişim matrisinin oluşturulması üzerinde durulmuştur. Kullanılan yöntem, servis veren hücre ismi, enlem ve boylam bilgisi ile eşleşen CIR ve trafik bilgisi girişim matrisinin oluşum sürecinde kullanılacaktır. Bu yöntemde fark yaratan CIR bilgisi sadece o an mevcut değeri ile değil, gelecekte CIR ve trafik değerinin öngörülerek girişim matrisi hassasiyetinin artırılması amaçlanmaktadır. Yeni yöntem ile oluşturulan girişim matrisinin kullanıldığı AFP ile daha doğru frekans planı elde edildiği iddaa edilmektedir [7].

GSM sistemi iki tip taşıyıcı frekans kanalı için frekans planlamasına ihtiyaç duymaktadır. Bunlar BCCH ve sadece trafik taşıyıcı olan TCH'dir [8]. Çalışmada iki strateji arasındaki fark incelenmiştir. Birinci strateji; frekans atlama sistemi sadece TCH veya sadece BCCH kanalları için atanan frekans grupları arasında, TCH ve BCCH arasında hiç bir zaman girişim olmamasını sağlayacak şekilde atlama yapılmaktadır. İkinci strateji TCH ve BCCH için atanan frekans gruplarının birlikte kullanılarak frekans atlama yapılmasıdır. İki stratejinin birbirlerine göre durumları

analiz edilmiştir. Sonuç olarak ağ trafiğinin durumu ne olursa olsun her iki strateji içinde kontrol kanallarının etkilenmedi görülmüştür [8]. Bu çalışma için de, frekans planlama adımından sonraki optimizasyon çalışmasını içerdiğini söyleyebiliriz.

“Yeni hücre sistemde kurulum aşamasında olduğu için henüz diğer hücreler ile olan mobil istasyon devir teslim ölçüm raporu bulunmamaktadır. Bu bilgi yerine yeni hücreye ait keşif raporundaki bilgiler kullanılarak komşuluk bilgisinin listelenmesi sağlanmaktadır. Geleneksel yöntemler de sadece uzaklık bilgisine bağlı olarak komşuluk bilgisini tanımlanmaktadır. Bu çalışmada ise, komşuluk bilgilerini çıkartırken; yeni hücrenin etrafındaki diğer hücrelere olan uzaklığına, anten açlarına dikkat edilerek potansiyel komşuları çıkartılmıştır [5].” Bizim yaptığımız çalışma, [5] nolu çalışmadaki komşuluk sınıflandırma yönteminden esinlenerek, bazı iyileştirmeler ekleyerek, yeni hücrenin potansiyel komşuları ve bu komşularla ilişkileri sınıflandırma methodunu içermektedir. Sonrasında Turkcell operatörünün şebeke verilerinin yardımı ile her komşuluk sınıfı için frekans planı katsayısı olarak kullanmak üzere girişim oranları elde edilmiştir.

Yeni hücreye ait komşuluk sınıflandırılması ve ihtimal girişim oranları elde ettikten sonra, [9] nolu çalışma da bahsi geçen otomatik frekans yazılımı içerisinde kullanılmış maliyet hesaplama fonksiyonuna benzer şekilde, bizim çalışmamızda ICDM verisi yerine, girişim oranları ve ilerleyen bölümlerde detaylandırılacak olan sabit katsayılar kullanılarak maliyet hesaplama methodu tasarlanmıştır.

Çalışmanın içerisinde GSM sistem mimarisi ve teknolojilerine değinilmiş, hücre planlama ve girişim başlıkları detaylandırılmıştır. Yeni hücre için frekans atama yöntemi ile ilgili tüm adımlar ayrıntılı şekilde açıklanmıştır. Yöntem içerisinde izlenen yol, öncelikle yeni hücrenin komşuluklarının tahmin edilmesi ve tahmin edilen komşusu ile aralarındaki girişim miktarının öngörülmesine dayanmaktadır. Bu algoritmayı kullanarak yazılan bir uygulama ile yeni hücrelere bu yöntem ile atanan frekans için KPI değerleri gözlenmiştir.

2. GSM SİSTEMİ MİMARİSİ ve TEKNOLOJİLER

2.1. GSM'in Tarihçesi

Mobil iletişimin tarihi için 1920'li senelere dayandığı idda ediliyor. Tren telefon şeklinde manuel yönlendirme işlemi yapılan ve ABD askeri tarafından kullanılan, ilk ilkel mobil iletişim teknolojisinin varlığından söz edilmektedir [10].

GSM sisteminin tarihinin başlangıcı ise, 1982'de yapılan Nordic PTT'sinin CEPT konferansı tarihi kabul edilmektedir. Bu konferansta, Avrupa'yı kapsayan telekomünikasyon servisi kurulması fikri ortaya çıkmıştır [9]. Sonrasında, Mobil Uzmanlık Grubu adlı çalışma ekibi kurulmuştur. Bu ekibin amacı kamuya açık hücresel iletişim sisteminin oluşturulması olmuştur.

Avrupa'da kullanılmak üzere geliştirilmiş olan ilk GSM 900 sistemi, sayısal iletişim teknolojisiyle çalışan hücresel mobil haberleşme sistemidir aynı zamanda uluslararası mobil haberleşme standartının ilk aşaması kabul edilmektedir [11].

Tablo 2.1: GSM 900 Şebeke Standartları [9]

Frekans Bandı	Yukarı Link : 890 Mhz – 915 Mhz Aşağı Link : 935 Mhz – 960 Mhz
Duplex Mesafe	45 Mhz
Taşıyıcı Ayırıştırması	200 Khz
Modülasyon	GMSK
Transmisyon Oranı	270 kbit/sn
Erişim Metodu	TDMA
Konuşma Kodlayıcısı	RPE LPC 13 kbit/sn
Çeşitlilik	Kanal Kodlama Araya Yerleştirme Adaptasyon Dengeleme Frekans Atlaması

2.2. Erişim Teknikleri

Sınırlı kaynak olan spektrumun en verimli şekilde kullanmak için çeşitli kanal erişim teknikleri geliştirilmiştir.

2.2.1. TDMA

Bu yöntem zaman bölmeli olarak tek bir kanalın farklı zaman dilimlerinde birden fazla kullanıcıya hizmet vermesini sağlar. Bu zaman dilimleri ses iletiminin etkilenmeyeceği aralıklarla olmaktadır. Bu sayede simultane olan birden fazla arama aynı kanal üzerinden birbirinden etkilenmeyerek gerçekleştirilebilir.

2.2.2. FDMA

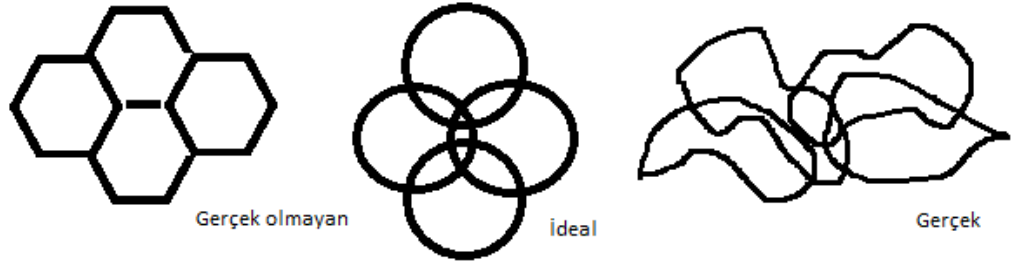
Bu yöntem, kullanılan frekans genişliğinin bir çok kullanıcı arasında bölüştürülmesi esasına dayanmaktadır.

2.2.3. CDMA

Günümüzde 3G teknolojisinin kullandığı erişim yöntemidir. Zaman ve frekans uzayından bağımsız olarak, kod bölmeli oklama tekniğidir. Gönderilen veri alıcıya özel bir kod ile çarpılmakta, tüm veri sinyalin ulaşabildiği, tüm kullanıcılara gitmekte fakat hedef kullanıcı ancak kendisine özel olan kod ile veriyi anlaşılabilir hale dönüştürebilir.

2.3. Hücresel Ağ Kavramı

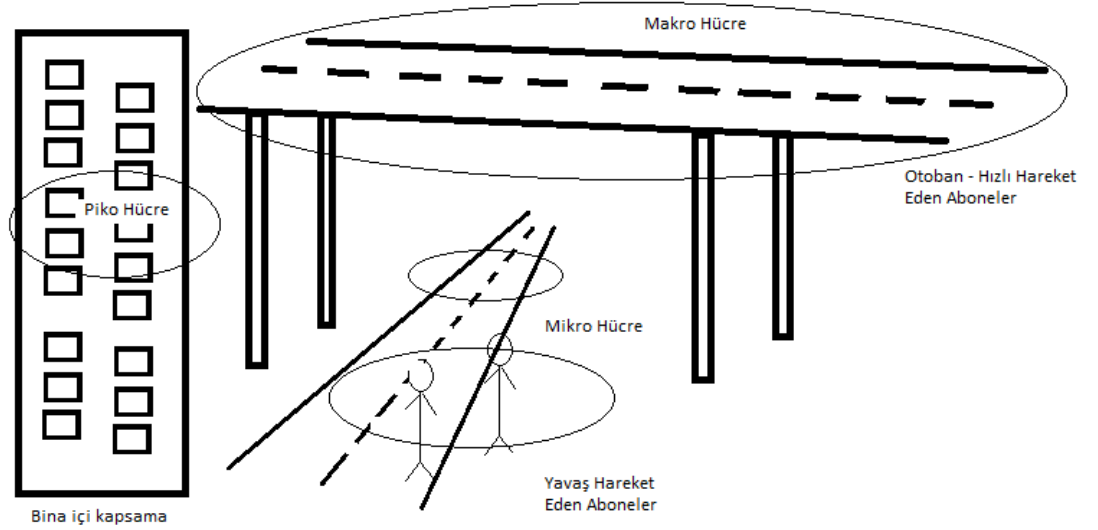
Hücresel ağın temel birimi hücredir [11]. Hücre terimi GSM sisteminde bir sahadaki anten açısının kapsadığı alanı ifade eder. Bir altıgen şekli ile tasvir edilen hücre, altıgenlerin bitişik şekilde bal peteğini andıran görüntüsü ise hücresel ağı oluşturur. Ağın mevcut durumu ise bal peteği görüntüsü gibi olmaz, coğrafı koşullar, kırsal veya kentsel alanlar için çeşitli büyüklükte ki, kesişen dairemsi hücrelerden oluşur.



Şekil 2.1: Hücreler ve Kapsama Alanlarına Göre Şekilleri.

2.3.1. Hücre Çeşitleri

GSM sisteminde kapsama yapılacak bölgenin ihtiyacına göre farklı hücre tipi kurulumu yapılır. Mikro, makro ve piko olmak üzere üç ana hücre çeşidi vardır.



Şekil 2.2: Hücre Çeşitleri.

GSM sistemi için makro hücreler, yerleşimin seyrek olduğu bölgelerde 25-35 km yarıçapında bir alana servis vermektedir. Şehir içi bölgeler içinde de okul kampüsleri gibi geniş ve seyrek yerleşim göstermiş sahalar içinde makro hücre kurulumu tercih edilebilir. Bununla beraber kesintisiz iletişim sağlamak için hızla akan trafiğe sahip otobanlarda kullanılmakta. Makro hücrelerde antenlerinin çıkış güçleri 40-60 Watt olabilir.

Mikro hücreler, yoğun yerleşme bölgelerinde kullanılması tercih edilir. Mobil kullanıcı sayısının artmasıyla beraber kapasite artırılması ihtiyacının yoğun olduğu bölgelerde çok kullanılır. Birkaç yüz metrelik yarıçapı olan alanları kapsar ve çıkış güçleri makro hücrelere göre düşüktür (5-10 Watt civarında).

Piko hücreler ise daha çok bina içi haberleşmelerde kullanılır ve birkaç watt çıkış gücündedir. Konferans salonu gibi küçük alanda çok fazla kullanıcı servis verilebilmesi için tercih edilir. Aynı zamanda bina içerisinde sinyal kalitesinin düştüğü durumlarda tercih edilir.

2.3.2. Hücrelerin Bölünmesi

Hücre bölünmesi işlemi, artan kullanıcı sayısı ile beraber oluşan trafiği karşılayabilecek kapasitede kanal sayısına sahip olmak için mevcut hücrenin daha küçük hücrelere ayrılarak servis vermesi demektir.

GSM sisteminin içinde methodun kullanıldığı ilk uygulamalarda, hücrelerin bölünmesi ile oluşan hücrelerde kullanılan güç miktarı da düşürülmüş. Bundaki amaç ise paralelde mobil istasyonlar için gerekli olan pil büyüklüğünün azaltılmasıdır. Dolayısıyla mobil cihazların ebatları ve ağırlıkları da düşmüştür. Bu da GSM sistemini kullanıcılar için daha cazip hale getirmiştir [9].

2.4. GSM Mimarisi Elemanları

GSM sistemi 4 ana bileşenden oluşmaktadır. Her bir bileşen içinde birden fazla GSM ekipmanı vardır. GSM standartlarında sistem yapısı ve ekipmanları arasındaki ilişki ifade edilmiştir [12]. Bu sayede bu standartlara göre üretilen ekipmanlar üretici firmaları farklı dahi olsa uyumlu çalışabilmektedir. Bu kolaylık işletmeciler ve aboneler için esneklik sağlayarak iki taraf içinde yararlı olmaktadır [12]. Sistemin bu şekilde ana parçalara bölünmesi yönetilebilirliğini artırmakta olup. Büyümesi ve planlaması aşamasında da bir çok kolaylık sağlamaktadır.

GSM sisteminin ana bileşenleri:

- Mobil istasyon – MS

Abonenin sisteme dahil olmasını sağlayan cihazdır. En bilinen ismiyle cep telefonudur.

- Baz istasyonu sistemi - BSS

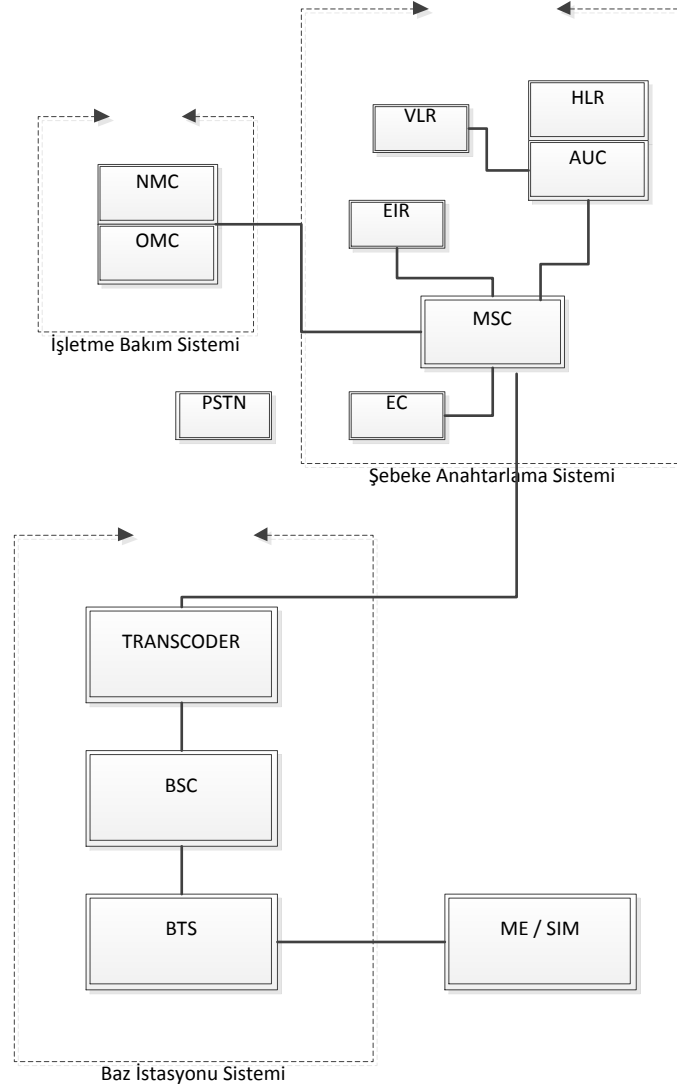
Mobil kullanıcının sisteme dahil olmasını sağlayan ve santrale bağlayan bileşendir.

- Santral sistemi - NSS

Mobil kullanıcının GSM ağı içinde veya diğer ağlarda bulunan telefon kullanıcılar ile bağlantısını sağlayan ve abonelik işlemlerini yürüten sistemdir [12].

- İşletme-Bakım sistemi - OMS

GSM sisteminin kontrolünü ve bakımını sağlayan işletme bileşenidir.



Şekil 2.3: GSM Sisteminin Ana Bileşenleri.

2.4.1. Hücreler

Önceki bölümlerde açıklandığı gibi, hücre GSM sistemi içinde servis verilen, kapsama yapılan en küçük alandır. Hücreler bitişik şekilde bir araya gelerek o şebekenin kapsama alanını oluşturur.

2.4.2. Abone Kimlik Modülü - SIM

SIM, kullanıcı bazlı bilgilerin tutulduğu ve mobil cihazlara entegre edilen modüldür. Bu modülün kendi içindeki alt başlıklardan bazıları şu şekildedir:

- MSISDN

Bu abonenin kullandığı telefon numarasıdır. Ülke kodu, şebeke kodu ve abone telefon numarasının birleşmiş halidir.

- IMSI

Kullanıcı bazlı olarak tek olan numaradır. Kullanıcının sisteme dahil olması sırasında kullanılır. Kalıcı veridir, değişmez.

- TIMSI

Geçici kimlik numarası olarak kullanılır. Belirli aralıklarla değiştirilir. Değiştirilmesinin nedeni ise aramaların dinlenmesine karşı kullanıcının çağrılarının kurulmasında kullanılan parametrelerden biri olmasıdır.

- Ki

IMSI ile SIM içerisinde bulunur, kullanıcı bazlı tektir ve gizlidir. Konuşma ve veri transferi sırasında şifreleme algoritmaları içerisinde kullanılan parametrelerden biridir.

2.4.3. Baz Alıcı – Verici İstasyonu

BTS'ler diğer bir adıyla baz istasyonları hücreleri oluşmasını sağlayan GSM sistemi elemanlarından biridir. Bir grup radyo kanalını işletilmesinden sorumludur. Girişim engellenmesi amacıyla komşu hücrelerden farklı frekans atamaları gerçekleştirilir. BTS'ler mobil kullanıcılar ile sistemin arayüzüdür. BTS'ten çıkan güç hücrenin büyüklüğünün belirleyen parametrelerden biridir. Baz istasyonu alıcı verici olarak kullanılan her biri ayrı radyo kanallarına sahiptir [13].

2.4.4. Hava Arayüzü

Mobil istasyon ile BTS arasındaki bağlantının genel adıdır. Bu arayüzde iletişim aşağı (downlink) BTS'ten Mobil istasyona veya yukarı mobil istasyondan BTS'e doğru şekilde olabilir.

- Kanal Kavramı ve Mantıksal Kanallar

GSM 900 MHz bandında 1'den 124'e kadar numaralandırılmış taşıyıcılar içerir ve her taşıyıcı sekiz zaman aralığına bölünmüş Zaman Bölmeli Çoklu Erişim metodu (TDMA) kullanılır. TDMA çerçevesindeki her bir zaman aralığı fiziksel kanalı ifade eder [9]. BTS ve MS arasında gönderilen farklı bilgi türleri fiziksel kanal üzerinde belli bir düzen içinde için de iletilir. Bu düzen ve diziler mantıksal kanalları ifade

eder. Mantıksal kanallar, fiziksel kanallar üzerindeki bilgi türlerine göre kontrol ve trafik kanalları olmak üzere ikiye ayrılır [9].

Kontrol Kanalları: Mobil istasyon açıldığı anda bir BTS bağlanmak için havadaki frekansları süzmeye başlar. Operatör için ayrılmış frekans aralığı içinde, BCCH kanal taşıyıcısı ile BTS bağlanma işlemi gerçekleşir. Mobil istasyon, BCCH seçimi yaparken sinyal gücü en yüksek olanı tercih eder. BCCH taşıyıcı kanal vasıtasıyla, diğer kontrol kanallarında kullanabilecektir [9].

BCH : Sadece tek yönlü yayınlanır. Senkronizasyon ve frekans düzeltilmesinden sorumludur [11]. Bir mobil istasyon hücre değiştirdikçe bu kanalları tekrar dinlenmesi gerekmektedir. Çünkü BTS'ler senkron değildir. Aşağıdaki kanalları içerir:

FCCH : Mobil istasyonun frekanslarının düzeltilmesi, standartlara uygun hale getirilmesi işleminin yapıldığı kanaldır. Bununla beraber TDMA çerçevesi için ilk zaman aralığının belirlenmesi ile senkronizasyonun sağlanmasında kullanılır [11]. Yayın yönü BTS'ten MS'e doğrudur.

SCH : Mobil istasyon bir hücreye bağlandıktan sonra o hücrenin TDMA çerçeve yapısına ait bilginin ve BTS ait kimlik kodunun BSIC değerinin iletilmesi bu kanal ile sağlanır. Bu sayede senkronize olur [9]. BTS'ten mobil istasyonlara doğru yayın yapılır.

BCCH: Mobil istasyonun görüşme yapabilmesi veya servis alabilmesi için gerekli bilgilerin taşındığı kanaldır. BTS'ten mobil istasyonlara doğru yayın yapılır.

Bu kanal vasıtasıyla taşınan bazı bilgiler; hücrenin ve komşularının kullandığı frekanslar, hücre içinde izin verilen maksimum çıkış gücüdür.

CCCH: Yayın yönü hem BTS'ten MS'e hem MS'ten BTS'e doğrudur. Sistemin anlık durumunun bilgilendirilmesi ve mobil istasyonun sisteme erişimini sağlar.

PCH: Yayın yönü BTS'ten MS'e doğrudur. Mobil istasyona arama veya SMS geldiği bilgilendirilmesi yapılır. IMSI veya TMSI kullanılır. Mobil istasyon kendisine bir arama veya kısa mesaj olup olmadığı kontrolünü bu kanalı dinleyerek yapar.

RACH : Yayın yönü MS'ten BTS'e doğrudur. Mobil istasyon servis almak istediği durumda kendine özel servis kanalı ister, bunun bilgisinin sisteme iletilmesi için kullanılan kanaldır.

AGCH : Yayın yönü BTS'ten MS'e doğrudur . Mobil istasyonun RACH kanalı vasıtasıyla istekte bulunduğu ve sinyalleşme kanalı için geri dönüş yapıldığı kontrol kanalıdır.

DCCH : Hücreler arası çağrı aktarma, şifreleme gibi işlemlerin gerçekleştirilmesi için kullanılan kanallardır.

SDCCH : Yayın yönü hem BTS'ten MS'e hem MS'ten BTS'e doğrudur. Sistem ile ilgili sinyalleşme, arama kurulumu, yetkilendirme, lokasyon güncelleme, trafik kanalı ataması, kısım mesajların iletilmesi bu kanal üzerinden yapılır.

SACCH : Acil olmayan işlemlerin yapıldığı kanaldır. İki yönlü iletim vardır. Hücre aktarma vb. operasyonda kullanılacak bilgilerin transferi için kullanılır. Bu bilgiler, mobil istasyonun bağlı olduğu hücre ile komşu hücreler arasındaki sinyalleşmeye ait ölçüm raporlardır.

FACCH : Konuşma sırasında hücreler arası aktarma gerektiği durumlarda kullanılan kanaldır.

Trafik Kanalları: Yayın yönü hem BTS'ten MS'e hem MS'ten BTS'e doğrudur. Konuşmanın ve veri aktarımının yapıldığı kanaldır. Bir TS'ü kullanma şekline bağlı olarak ikiye ayrılır. Tam hızlı TCH, bir TS fiziksel kanalının tamamını kullanır. İki yarı hızlı TCH ise fiziksel kanalı paylaşıp kullanırlar. Yarı hızlı kullanımı kapasiteyi artırmış olur fakat kaliteden ödün verir [9].

2.4.5. Baz İstasyon Denetleyicisi

BSC bir veya birden fazla BTS'i izler ve kontrol eder. Kontrol ettiği BTS sayısı üreticiye bağlı olarak değişmektedir. Öncelikli görevi BTS frekanslarını ve mobil kullanıcının hücre değiştirme fonksiyonlarını düzenlemektir. BSC donanımı BTS ile aynı sahada veya ihtiyaca bağlı olarak MSC ile aynı sahada konumlandırılabilir. BTS ve BSC birlikte yürüttükleri fonksiyonel işlevler nedeniyle BSS olarak da isimlendirilir [14].

2.4.6. Mobil Servisler Anahtarlama Merkezi

MSC, belirli sayıdaki BSC denetlenmesi ve farklı şebekelere geçiş için yönlendirme süreçlerinin işletildiği birimdir. ISDN, PLMN ve PSTN ve bir çok özel şebeke ile yapılacak karşılıklı görüşmelerin sağlanmasından sorumludur [9]. Bu

şekilde PSTN den gelen aramalar bir arayüzden geçirilerek yapılır. Bu işlemi yürüten MSC bir geçide sahip olur. Bu MSC'ler GMSC şeklinde isimlendirilir.

2.4.7. İşletme ve Bakım Merkezi

(G)MSC ve BSC'ler OMC ile etkileşim içindedir. OMC'ler şebekede oluşan hata mesajlarını yakalar ve ağdaki trafik yükünü kontrol eder. OMC'ler BSC'ler üzerinden BTS etkileşim içindedir, gerekli düzenlemeleri ve operatöre ait komponentlerin kontrol edilmesi görevini yürütür. GSM sistemlerinde kullanıcı sayısına bağlı olarak yük hızla artmaktadır. Bu nedenle, sistemin bakım ve uzaktan kontrolü gün geçtikçe daha önemli bir hal almaktadır. Bu amaçla kullanılan BTS'lerdeki kendi kendini test etme fonksiyonunun eklenmesi üretici tarafından isteğe bağlı karşılanmaktadır [14].

2.4.8. Dahili Yer Kaydedicisi

Bu birimin görevi, mobil kullanıcıların şebeke kapsama sahasındaki hangi lokasyon da olduğu bilgisinin sistem tarafında tutulmasıdır.

HLR herhangi bir abonenin, operatöre bağlandığında kimlik ve lokasyon bilgilerinin tutulduğu veritabanıdır. HLR, bağlı bulunduğu MSC'nin bölgesindeki tüm kullanıcıların kimlik ve veri bilgilerini saklar. Bu bilgiler; IMSI, doğrulama parametreleri gibi abone için tek olan verilerdir. Bunlarla beraber tutulan geçici verilerde vardır. HLR ile birlikte SIM üzerinde de tutulan geçici verilerden biri; abonenin anlık konum bilgisidir. Bu bilgi aynı zamanda VLR birimlerince de saklanır. Diğer tutulan geçici bilgiler ise; abone yönlendirme servisini seçmiş ise gelen aramaların aktarılacağı numara bilgisi, güvenlik ve şifreleme ile ilgili bilgilerdir [14].

2.4.10. Cihaz Kimlik Kaydedicisi

SIM kart ve mobil cihaz birlikte mobil istasyonu oluşturur. SIM kart olmadan, sadece mobil cihaz ile şebekeden acil durumlar çağrıları gerçekleştirilebilir. Aynı mobil cihaz içerisinde farklı SIM kartlar yerleştirilebilir. Bu durumda çalıntı mobil cihaz problemi doğmaktadır. Bunun önüne geçmek için mobil cihaz donanımına ait bir kimlik tanımına ve bunun sistem içerisinde tutulmasına gerek duyulmaktadır. Bu işlevi yerine getiren birim EIR. Donanıma ait kimlik bilgisi IMEI'dir. IMEI sadece

seri numarası bilgisini içermez aynı zamanda üreticiyi ve üretilen ülkeyi de bilgisinide içerir [9].

2.4.11. Doğrulama Merkezi

AUC ile HLR ilişkilendirilmiştir. Kullanıcı sisteme dahil olmak istediği anda kullandığı operatörün abonesi olduğunu kanıtlanması için doğrulama prosedüründen geçmesi gerekmektedir. Bu sürecin yürütüldüğü sonucunda doğrulanan kullanıcıya ait verilerin HLR transfer edilmesi görevlerinin yerine getirildiği birimdir. Doğrulama prosedürü içinde kullanılan güvenlik sağlanması için geliştirilmiş özel algoritmalar vardır. Bu algoritmalar kullanıcı bazlı değerleri giriş parametresi olarak alır [14].

2.5. GSM Prosedürleri

2.5.1. Kaydetme

Mobil istasyon açıldıktan sonra, şebekeye dahil olmak için belirli tarama algoritması kullanarak bütün GSM frekanslarını hızlıca tarar. Şebeke sinyallerini yakaladığında, sistem ile ilgili bilgileri okur. Bu bilgiler temel kanal ile ilgili olabilir veya yönlendirici bilgiler olabilir. Bu bilgi alışverişi sırasında mobil istasyonun şebekede o anki lokasyonunuda belirtir. Eğer mobil istasyonun yeri en son sistemden ayrıldığı yer değilse, kaydetme prosedürü çalışmaya başlar [14].

Mobil istasyonlar açıldığında kaydetme prosedürü ile kapatıldığında ise kayıt silme prosedürü ile sistemi şebeke içindeki durumundan haberdar eder. Eğer kapalı bir mobil kullanıcı aranmak isterse sistem zaten bundan haberdar olduğu için arayan kullanıcıya bu bilgiyi geri döner. Bazı durumlarda kullanıcı sistemden kayıt silme işlemini gerçekleştiremeden şebekeden ayrılabilir. Şarjının bittiği veya kapsama alanı dışına çıktığı durumlar buna örnektir. Bu durumda, sistemin bu kullanıcıya arama geldiğinde sistemde kaydı silinmediğinden tüm şebekede kullanıcıyı arar. Bu da şebeke için gereksiz yük demektir. Bunun önüne geçmek için belli aralıklarla kullanıcılardan yer bilgilendirme işlemi yapılır. Ulaşılamayan kullanıcı için ise sistemden kayıt silme işlemi yapılmaktadır.

2.5.2. Arama Kurulumu

Arama kurulumu başlatılmadan önce kaydetme prosedürünün arama yapacak mobil istasyon için gerçekleştirilmesi gerekiyor. Arama kurulumu iki şekilde gerçekleşebilir. Mobil çıkışlı ve mobil sonlandırılmalı şeklindedir. İkisi de birbirine benzerdir. Sadece birbirine göre terse akan süreçlere sahiptir [14]. Biz çalışmamızda sadece mobil sonlandırılmalı aramadan bahsedeceğiz.

Arama kurulumu prosedürü şebekeden kanal isteme adımıyla başlar. Sistem neden kanal istendiğini sorgular, mobil istasyon arama gerçekleştirme amaçlı talep ettiğini belirterek tekrar haberleşir. Sistem devamında dışarıdan izinsiz konuşmanın dinlenmesini engellemek amacıyla mobil istasyondan verileri şifreleyerek gönderilmesi konusunda bilgilendirme yapar. Bu sayede yapılan şifreleme ile verinin sadece BTS ve mobil istasyon tarafından anlaşılması sağlanmış olur. Devamında, aranmak istenen numara bilgisi gönderilir. BSC verilerin aktarılacağı kanalı tahsis eder. Aranılan kişinin mobil istasyonu uygun ise görüşme gerçekleşir [14].

2.5.3. Aktarma

Mobil kullanıcı konuşma esnasında hareket halinde iken servis aldığı hücrenin kapsamında çıktığında veya mesafe arttığı için sinyali zayıfladığında aktarma prosedürü çalışır. Amaç konuşmanın kesintisiz olarak devam etmesini sağlamaktır.

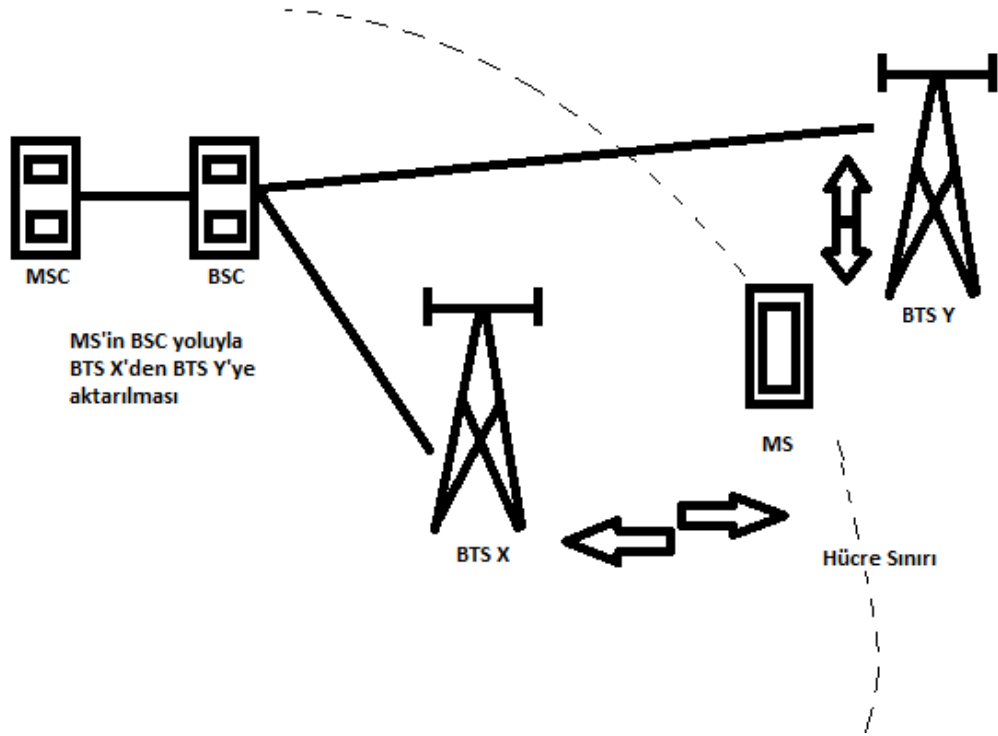
Hücresel ağlarda, bir hücrenin bitişiğindeki diğer hücreler ile komşuluk ilişkisi vardır. Hücre planlama ve kurulum aşamasında komşu hücre tanıtılması işlemi de gerçekleşir.

Bu sayede mobil istasyon aktarma işlemi gerçekleştireceğinden hangi hücrelere geçiş yapabileceğini biliyor olacak. Geçiş yapacağı hücreyi saptama metodu analog ve sayısal sistemlerde farklılık gösterir. “Handoff” terimi analog sistemlerdeki aktarma prosedürü için, “Handover” metodu sayısal sistemlerde kullanılan aktarma prosedürüdür [14].

GSM sistemi için mobil istasyon sık aralıklarla servis aldığı ve komşu hücrelerdeki güç seviyelerini göstermelidir. BTS mobil istasyona güç ölçümleri yapması için gerekli olan kanal listesini gönderir. Bu kanal mobil istasyon açıldığında senkron almasını sağlayan kanaldır. Oluşturulan ölçüm raporuna göre BTS aktarma işlemi gerçekleştirip gerçekleştirilmemesine karar verir. Aktarma

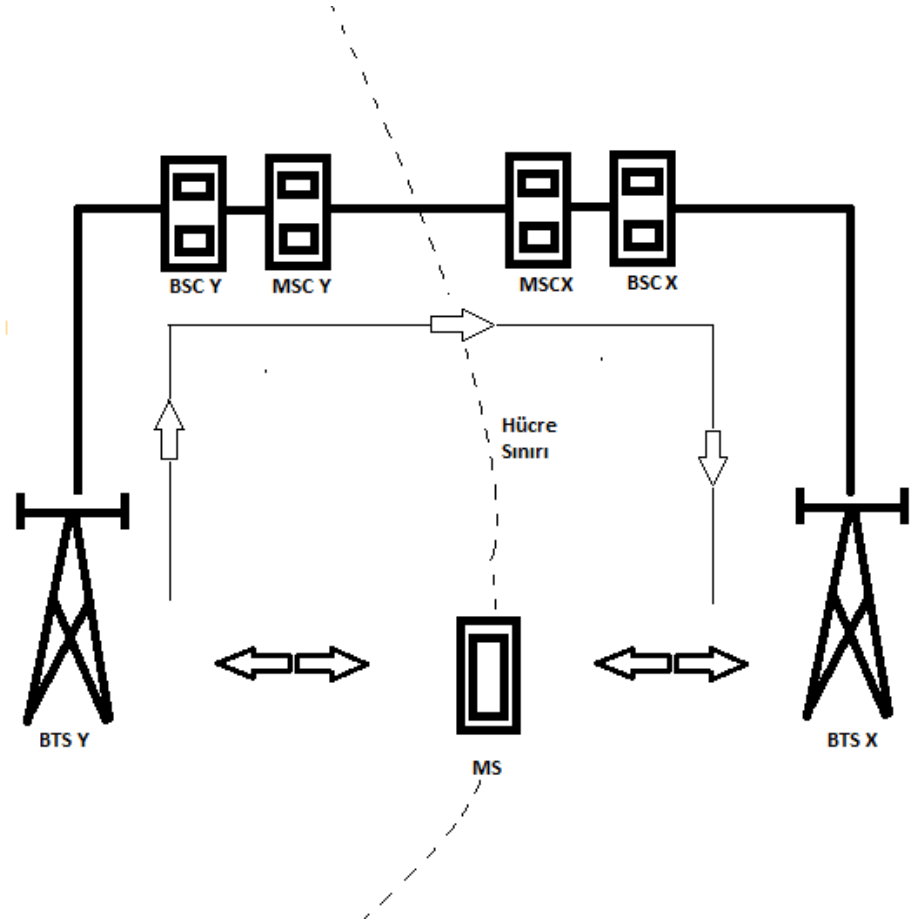
gerekli ise önceden belirlenmiş olan en uygun BTS'e aktarma işlemi gerçekleştirilir [14].

Aktarma yapılma işlemi mobil istasyonun geçeceği diğer hücrenin bağlı olduğu BTS'e göre değişiklik gösterir. Eğer aynı BSC'lere bağlı BTS'ler arasında gerçekleşecekse BSC alanı içinde basit aktarma şeklinde yapılır [14]. Şekil 2.4'de özetlenmiştir.



Şekil 2.4: BTS'ler Arası Aktarma.

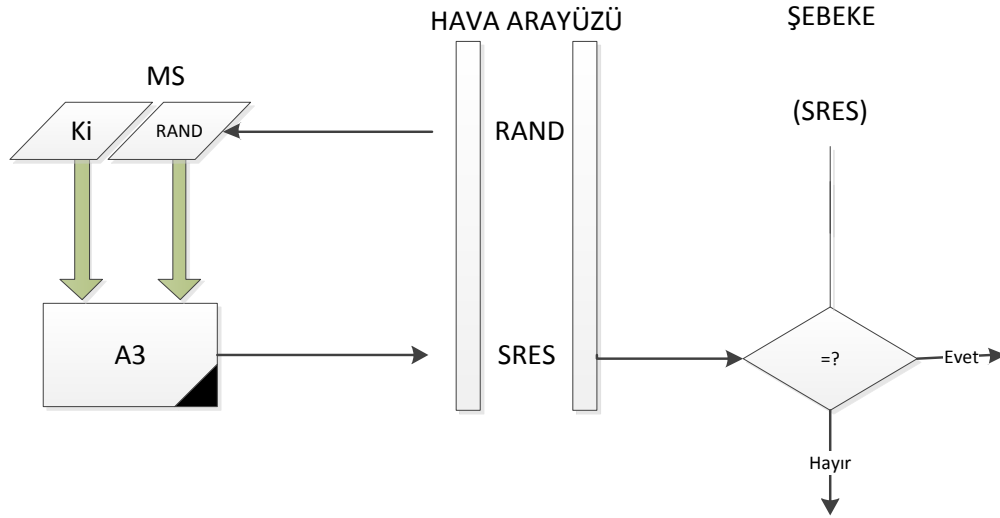
Eğer mobil istasyon BSC'nin de sınırlarını aşan bir aktarmaya ihtiyaç duyuyorsa bu aktarma işlemi MSC'lerin kontrolünde gerçekleşir. Şekil 2.5 de bu durum özetlenmiştir.



Şekil 2.5: MSC'ler Arası Aktarma İşlemi.

2.5.4. Doğrulama

Doğrulama prosedürü; abonelerin mobil cihaz içerisinde kullandıkları SIM kartlarının geçerliliğini kontrol eder. Doğrulama prosedürü A3 adı verilen bir algoritma kullanır.



Şekil 2.6: Doğrulama Prosedürü.

Şekil 2.6 da tasvir edildiği gibi A3 algoritması iki giriş parametresi alır. Bunlardan bir tanesi şebekede ve SIM kartta yüklü olan Ki değeridir. İkinci değer ise, mobil istasyona gönderilen rastgele üretilmiş numaradır (RAND – Random Generated Number). Mobil istasyon RAND değerini A3 algoritmasında kullanmak üzere SIM karta iletir. Sonuç olarak üretilen SRES değeri mobil istasyon tarafından gönderilir. Gönderilen SRES değeri ile sistem tarafından hesaplanan SRES değeri karşılaştırılır. Bu parametreler RAND ve SRES, HLR ve VLR’da tutulur. Mobil istasyon tarafından yapılan her arama sırasında bu parametrelerin farklıları kullanılır. Bu nedenle belli bir veri seti saklanır, tükenmesi durumunda doğrulama merkezinden (AUC – Authentication Center) yenileri istenir. Buradaki önemli noktalardan biri Ki ve A3 verilerinin hiçbir şekilde hava yolu ile iletilmemesidir [14].

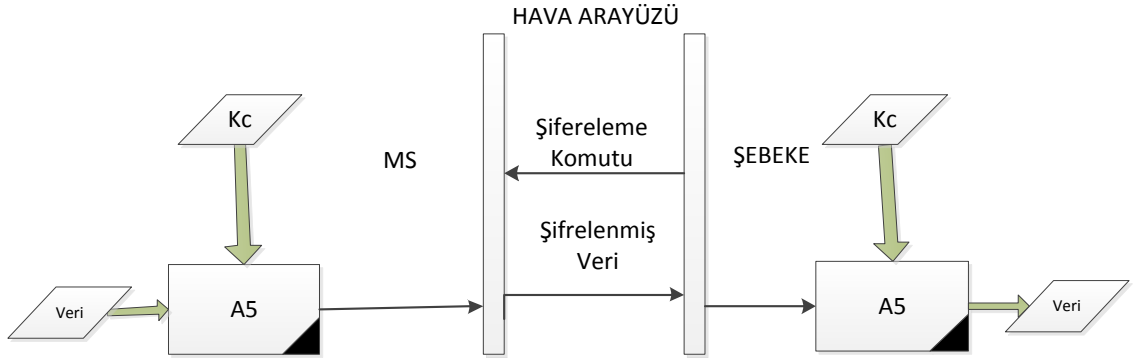
2.5.5. Şifreleme

GSM sisteminde sayısal veri iletimi söz konusu olduğundan şifreleme için uygundur. Aynı zamanda veri hava arayüzü iletimi söz konusu olduğu için şifreleme gereklidir. “A5” adı verilen şifreleme algoritması kullanılır. Doğrulama ve şifreleme algoritmaları için, gizli dinlemelere karşı korunduğu teyidi, tasarlayan mühendisler tarafından verilmiştir [14].

A5 algoritması “Kc” diye adlandırılan bir parametre kullanıyor. Bu parametrenin değeri ise, sistem tarafından üretilen RAND ve doğrulama prosedürün de kullandığımız Ki giriş parametresi olarak A8 adlı algoritmanın sonucunda üretiliyor. A8 algoritması SIM kartta yüklü olarak bulunmakta fakat mobil cihazlar

bahsi geçen güvenlik algoritmalarının içeriği ile ilgili bilgi değildir. A8 ile hesaplanan Kc değeri veriyi şifreleme ve deşifre etme işlemlerinde kullanır [14].

Şekil 2.7’de tasvir edildiği gibi şifreleme prosedürü, şebeke tarafından mobil istasyona başlat komutu göndermesi ile başlar. Mobil istasyondan şifrelenmiş olarak gelen veri hava arayüzünü geçtikten sonra deşifre edilerek diğer birimlere iletilir [14].



Şekil 2.7: Şifreleme Prosedürü.

2.5.6. Modülasyon

GSM sisteminde de frekansın uzak noktalara taşınması ihtiyacından dolayı modülasyon tekniği kullanılması gerekmektedir. GSM sisteminde kullanılan modülasyon tekniği GMSK'dir. Bu modülasyon tekniği ve gelişimi ile ilgili daha detaylı bilgi almak için [15] numaralı kaynak adreslenebilir.

3. GİRİŞİM

Spektrum sınırlı kaynak olduğu için, hücrelerin kullandığı frekansın tekrar kullanımı zorunlu olmaktadır. Dolayısıyla aynı frekans kanalı atanmış bir komşu hücre söz konusu ise bu durumda ortak kanal girişimi meydana gelir. Bu durum GSM sisteminin verimliliğini düşüren, girişim türü olarak kabul edilmektedir. Bu durumun meydana gelmesinden kaçınmak için, hücre tasarımı adımlarından olan frekans planlamanın önemini artırmaktadır. Bu çalışmanın da amaçlarından biri yeni hücrenin frekans ataması adımımda hücre planlamacılara yardımcı olacak bir yazılım geliştirilmesidir.

Yukarıda bahsedilen örnekten farklı olarak hücrelerden aldığı sinyalin gücü, servis aldığı hücrenin sinyal gücünden çok daha az ve farklı frekans kanalı olduğundan mobil istasyon bu durumdan etkilenmez. Bahsi geçen girişim farklı frekans kanalları arası ve sinyal güçleri arasındaki farklar nedeniyle kabul edilebilir.

Girişim yaşandığı durumlarda mobil kullanıcılar başka konuşmaları GSM sistemindeki şifreleme prosedürü sayesinde duyamaz. Analog sistemlerde kanal girişimi durumunda diğer kullanıcıların konuşmalara dinlenebilmekteydi.

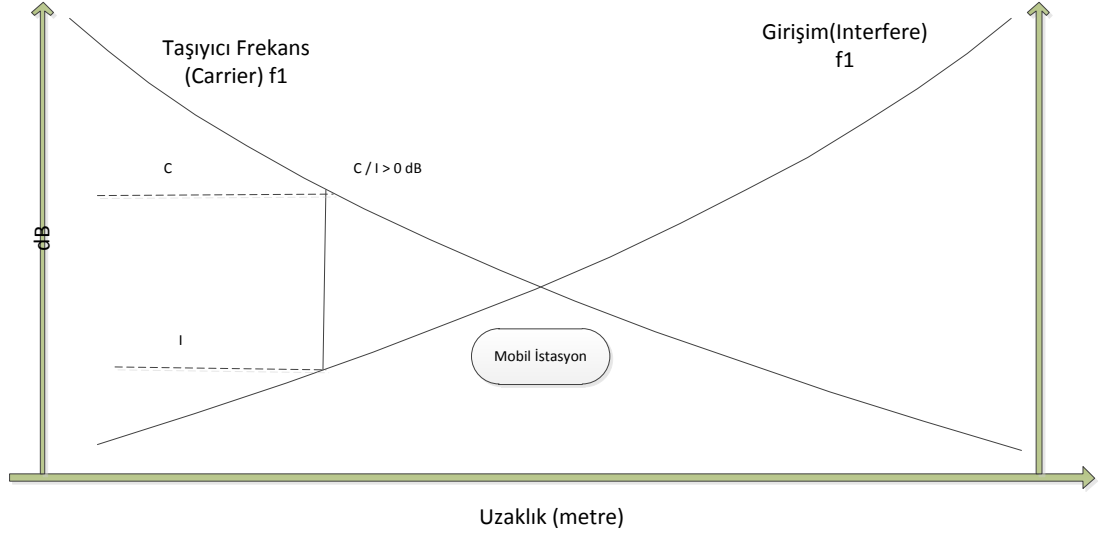
Elektromanyetik dalgalar, kaynaktan uzaklaştıklarında zayıflıyor olsalar bile, aynı frekans kullanıldığı servis alanlarında girişime neden olmaktadır [16].

Hücresel sistemlerdeki girişim nedeniyle oluşan sınırlamalar, sinyal gücü sınırlamalarından daha fazladır [17].

3.1. Ortak Kanal Girişimi

Bir hücreye atanmış frekansın kapsama alanında kesişimi olan farklı hücreler tarafında da aynı frekansın kullanması ile oluşmaktadır.

Oluşan girişimin seviyesi, bazı parametrelere bağlıdır. Bunlar alıcı-verici (TRU) sayısına, yerleşimine, iletim gücüne, antenlerin planlanmasına ve mobil istasyonun pozisyonuna bağlı olarak değişim göstermektedir [16]. Şekil 3.1 de tasvir edilmiştir. C/I (taşıyıcı/girişimci) bölüm 3.3'te detaylandırılacaktır.



Şekil 3.1: Ortak Kanal Girişimi.

3.2. Komşu Kanal Girişimi

GSM sisteminde, bir frekans bandının 200 kHz üstü veya altı aralıktaki frekans, komşu frekans olarak kabul edilir.

Komşu taşıyıcı sinyaller arasında da girişim meydana gelmektedir. Farklı frekanslar olmalarına rağmen güçlü komşu sinyal ile karşılaştığında, taşıyıcı sinyal bozulabilir bu nedenle de kalite problemleri oluşur. Kalite problemi yaşanmaması için taşıyıcı sinyal ile komşu taşıyıcı sinyallerin güçleri oranı -9 db'den büyük olmalıdır.

3.3. Kanal Girişim Oranı

Hücresel sistemlerde taşıyıcı frekansın gücü ile girişimci frekansın güçleri oranı kalite parametrelerinden biri kabul edilmektedir.

Taşıyıcı gücünün girişime oranı (C/I), alınması istenen işaret düzeyinin alınan istenmeyen işaret düzeyine oranı olarak tanımlanır [16]. Bu oran mobil istasyonun girişime maruz kaldığı pozisyona bağlı değişiklik gösterir. Birçok hücre planlama mühendisi bu oranın; sahalardan toplandığı değerler içinde en kötü sonucu veren değeri kabul edip, analizlerinde kullanırlar.

C/I oranını etkileyen değişkenler, coğrafi koşullar, kullanılan antenin özellikleri, mobilin bulunduğu bölgedeki girişimcilerin miktarı vs. C/I oranı, frekans atlama tekniği kullanılmayan sistemlerde 12 dB'den büyük olmalı. Frekans atlama tekniğinin kullanıldığı sistemlerde ise 9 dB'den büyük olmalıdır.

3.4. Girişimi Engelleme Yöntemleri

Girişimin kabul edilebilir seviyelere düşürülmesi GSM sistemi için büyük önem taşımakta. Operatörlerce şebeke için yapılan yatırımların, geri dönüş değerleri hesaplanmasında kullanılan parametreler için direk girişimden bahsedilmese de, dolaylı olarak etkisinin büyük olduğu kanaatindeyim. Girişimin engellenmesi bu sebeplerden dolayı önemlidir. Bu amaçla geliştirilen yöntemlerin başında frekans atlama bulunmaktadır.

Bunun dışında güç kontrolü, modülasyonun değiştirilmesi gibi girişimi engellemek için uygulanabilir [11].

Hücreye atanacak frekansların seçimi konusunda da detaylı bir analiz, seçilen yöntem girişimi engelleyici olabilir.

3.4.1. Frekans Atlaması

Frekans atlaması; görüşme esnasında, belli sayıda frekansın içinden, değiştirerek taşıyıcı frekansa olarak kullanılmasıdır. Bu değişim TS (time slot) geçişleri arasında yaşanır. Yani tüm konuşma boyunca aynı frekans aralığı kullanılmaz.

Bu tekniğin abone açısından faydası girişim azaldığı için daha kaliteli konuşma gerçekleşir. Operatörler için faydası ise; abonelere daha düzenli ve kaliteli konuşma ortamını sağlıyor olmak ve hücre planlama için spektrum sınırlandırmasının azalması, frekans yeniden kullanımı artması ile kapasite artışının gerçekleşebilmesidir [16].

4. HÜCRE PLANLAMA

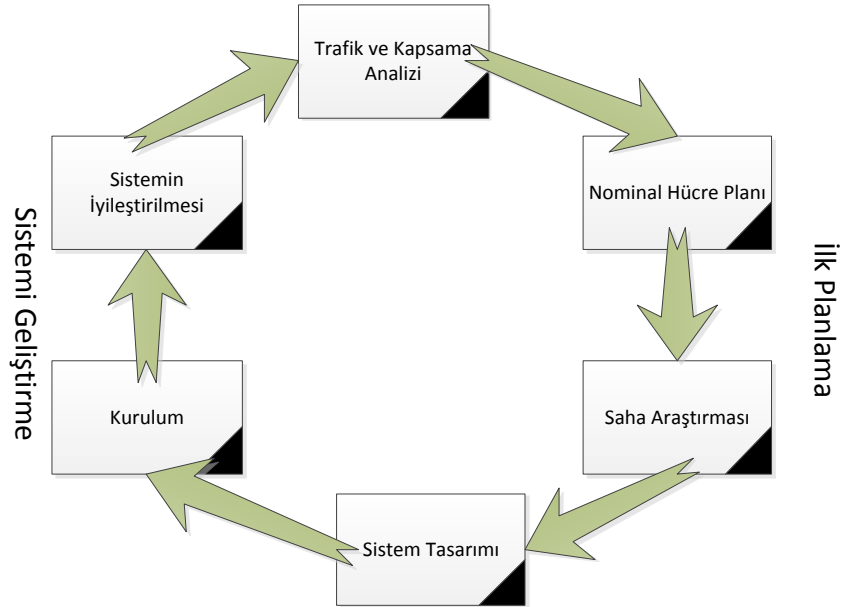
Önceki bölümlerde hücre ve hücresel sistemin detaylarından bahsedilmişti. Bu bölümde hücre planlama süreçleri detaylandırılacak.

Hücre planlama boyunca karar verilmesi gereken bir çok parametre vardır. Bunlar hücre boyutu, kullanılacak ekipmanlar gibi. Bu parametrelerin seçimi birçok değişkene bağlıdır. Örneğin; kapsama yapılacak alanın kırsal veya kentsel olması, abone sayısı gibidir. Hücre planlamanın; bu değerlendirmelere bağlı olarak kapsama ve maliyet çıktılarının dengeli olması için en iyi şekilde yapılması gerekmektedir.

4.1. Hücre Planlama Adımları

Hücre planlama başlığı altında yapılan işler özetle, hangi saha ve ekipmanlarının kullanılacağı, ekstra kullanılacak ekipmanlar ve bunlarının ayarlanması şeklindedir [13].

Hücre planlama adımlarının alt başlıklarının incelediğimizde Şekil 4.1 de gösterildiği gibi trafik ve kapsama analizi, nominal hücre planı, saha incelemesi, sistemin tasarımı, gerçekleştirimi ve düzenlenmesi (iyileştirilmesi) şeklindedir.



Şekil 4.1: Hücre Planlama Adımları.

4.1.1. Trafik ve Kapsama Analizi

Hücre planlamanın ilk adımı trafik ve kapsama analizidir. Bu adımda araştırılan veri tipleri şunlardır: [13]

- Maliyet: Kurulumu yapılacak hücre ile ilgili tüm gider kalemleri: donanım, insan kaynağı vs.

- Kapasite: Alıcı-verici ünitelerin sayısı ve servis derecesi ile doğru orantılıdır. Kapasite denildiğinde akla ilk olarak TRU (transceiver unit – alıcı verici ünitesi) gelir. Bir hücrenin servis verdiği alandaki abone sayısının artışını karşılayan için kapasite artırımı gerçekleşir. Bunu da hücreye TRU eklenerek yapılmaktadır. Bir TRU içerisinde sekiz adet kanal bulunmaktadır. Sistemin ihtiyaçlarına göre bu kanalların bir kısmı sinyalleşme bir kısmı da trafik kanalı olarak kullanılır. BTS’lerin kapasitesi de TRU sayısına göre belirlenir. Bir BTS’de maksimum on iki adet TRU bulunur. Maliyete dikkat etmek için TRU eklenmesi yani kapasite artışının dikkatlice yapılması gerekir [11].

- Kapsama

- Servis Derecesi (Grade of Service) : “Servis Derecesi arama yapıldığı zaman konuşma kanallarının meşgul olma olasılığıdır. Örneğin %2 GoS, trafiğin yüzde ikisinin meşgul tonu alması konuşmanın gerçekleşmemesi anlamına gelmektedir [11].”

- Kullanılabilen Frekanslar

- Konuşma kalitesi indeksi

- Sistemin büyümeye yatkınlığı

Bu adımdan elde edilen veriler; coğrafi alan ve beklenen kapasite miktarı ile ilgilidir ve sonraki adımlar için kaynak sağlayacaktır.

Trafik Kavramı; hücresel sistemlerde kapasite ses ve veri için ayrılan kanal sayısı, aboneler için belirlenmiş servis derecesi ile doğru orantılıdır [13]. Trafik kavramı; kanalların kullanımı ve tutulma zamanına bağlıdır ve Erlang (E) birimi ile ölçülür [13]. Eğer bir abone bir saatlik konuşma gerçekleştirirse 1 E’lık trafik yaratmış olur [18].

Trafik değerinin hesaplanması ile ilgili kullanılan formül;

$$A = (n*T) / 3600 \quad (4.1)$$

A'nın birimi Erlang'tır. Sistemdeki bir veya daha fazla kullanıcının oluşturduğu trafiktir, n ise bir saat içinde yapılan arama sayısıdır. T ise saniye cinsinden ortalama konuşma süresidir [9].

Hücrenin taşıyabileceği trafik miktarı, sahip olduğu trafik kanalları ve müşteri ile operatör tarafından kabul edilebilir, tıkanıklık derecesine bağlıdır [13]. Planlama aşamasında trafik miktarının tahmin edilmesi için kullanılan Erlang B tablosu bazı ortak kabullere dayanarak oluşturulmuştur [13]. Bu kabullenmeler şunlardır:

- Kuyruk olmaması
- Uygun trafik kanalı sayısından daha fazla abone sayısının olması
- Rezerve yapılmamış trafik kanallarının olmaması
- Rastgele trafik oluşması
- Arama bloke edildiği durumda, hemen ardından arama oluşturulmaması

Şekil 4.2 de gösterilen Erlang tablosu, en üst satırı en yoğun saatte kabul edilen kayıp değerini ifade etmektedir.

n	.007	.008	.009	.01	.02	.03	.05	.1	.2	.4	n
1	.00705	.00806	.00908	.01010	.02041	.03093	.05263	.11111	.25000	.66667	1
2	.12600	.13532	.14416	.15259	.22347	.28155	.38132	.59543	1.0000	2.0000	2
3	.39664	.41757	.43711	.45549	.60221	.71513	.89940	1.2708	1.9299	3.4798	3
4	.77729	.81029	.84085	.86942	1.0923	1.2589	1.5246	2.0454	2.9452	5.0210	4
5	1.2362	1.2810	1.3223	1.3608	1.6571	1.8752	2.2185	2.8811	4.0104	6.5955	5
6	1.7531	1.8093	1.8610	1.9090	2.2759	2.5431	2.9603	3.7584	5.1086	8.1907	6
7	2.3149	2.3820	2.4437	2.5009	2.9354	3.2497	3.7378	4.6662	6.2302	9.7998	7
8	2.9125	2.9902	3.0615	3.1276	3.6271	3.9865	4.5430	5.5971	7.3692	11.419	8
9	3.5395	3.6274	3.7080	3.7825	4.3447	4.7479	5.3702	6.5464	8.5217	13.045	9
10	4.1911	4.2889	4.3784	4.4612	5.0840	5.5294	6.2157	7.5106	9.6850	14.677	10
11	4.8637	4.9709	5.0691	5.1599	5.8415	6.3280	7.0764	8.4871	10.857	16.314	11
12	5.5543	5.6708	5.7774	5.8760	6.6147	7.1410	7.9501	9.4740	12.036	17.954	12
13	6.2607	6.3863	6.5011	6.6072	7.4015	7.9667	8.8349	10.470	13.222	19.598	13
14	6.9811	7.1154	7.2382	7.3517	8.2003	8.8035	9.7295	11.473	14.413	21.243	14
15	7.7139	7.8568	7.9874	8.1080	9.0096	9.6500	10.633	12.484	15.608	22.891	15
16	8.4579	8.6092	8.7474	8.8750	9.8284	10.505	11.544	13.500	16.807	24.541	16
17	9.2119	9.3714	9.6171	9.6516	10.656	11.368	12.461	14.522	18.010	26.192	17
18	9.9751	10.143	10.296	10.437	11.491	12.238	13.385	15.548	19.216	27.844	18
19	10.747	10.922	11.082	11.230	12.333	13.115	14.315	16.579	20.424	29.498	19
20	11.526	11.709	11.876	12.031	13.182	13.997	15.249	17.613	21.635	31.152	20
21	12.312	12.503	12.677	12.838	14.036	14.885	16.189	18.651	22.848	32.808	21
22	13.105	13.303	13.484	13.651	14.896	15.778	17.132	19.692	24.064	34.464	22
23	13.904	14.110	14.297	14.470	15.761	16.675	18.080	20.737	25.281	36.121	23
24	14.709	14.922	15.116	15.295	16.631	17.577	19.031	21.784	26.499	37.779	24
25	15.519	15.739	15.939	16.125	17.505	18.483	19.985	22.833	27.720	39.437	25
26	16.334	16.561	16.768	16.959	18.383	19.392	20.943	23.885	28.941	41.096	26
27	17.153	17.387	17.601	17.797	19.265	20.305	21.904	24.939	30.164	42.755	27
28	17.977	18.218	18.438	18.640	20.150	21.221	22.867	25.995	31.388	44.414	28
29	18.805	19.053	19.279	19.487	21.039	22.140	23.833	27.053	32.614	46.074	29
30	19.637	19.891	20.123	20.337	21.932	23.062	24.802	28.113	33.840	47.735	30
31	20.473	20.734	20.972	21.191	22.827	23.987	25.773	29.174	35.067	49.395	31
32	21.312	21.580	21.823	22.048	23.725	24.914	26.746	30.237	36.295	51.056	32

Şekil 4.2. Erlang B Tablosunun Bir Bölümü.

- Kanal Kullanımı:

Kanal kullanımını [13] nolu kaynakta geçen bir örnek ile açıklanacaktır.

En yoğun kullanımı olan saatte, 33 E trafik alan bölgede, servis verecek olan hücrede kullanılacak trafik kanalı sayısı hesaplanacaktır. Bu saatlerdeki kayıp değeri %2'yi olarak kabul edilmiştir. Bu şartları sağlayan, Erlang B satırı Şekil 4.3 görüldüğü gibi 43 tane TCH ile yeterli kapasite sağlanacaktır.

n	.007	.008	.009	.01	.02	.03	.05	.1	.2	.4	n
43	30.734	31.069	31.374	31.656	33.758	35.253	37.565	42.011	49.851	69.342	43

Şekil 4.3: Erlang B Tablosunun 33 E GoS %2 Satırı.

4.1.2. Nominal Hücre Planı

Trafik ve kapsama analizi adımından gelen veriler yardımıyla taslak hücre planı oluşturulur.

Şebekenin, grafiksel gösterim şekilleriyle nominal hücre planı desteklenir. Bu planlama adımının çıktıları hücreye ait ilk ve temel yapıyı oluşturur. Sonraki adımlarda kullanılır [13].

Kapsama ve girişim değerlerinin tahmin edilmesi bu adımda yapılır. Sinyal yayılımının izlenmesi için bilgisayar programlarından da destek alınır [13].

4.1.3. Saha İncelemeleri

Saha incelemesi adımı, tahminen öncesinde taslak üzerinde çalışılmış ortamın gerçek koşullar içinde analiz edilmesidir.

Gerçek saha incelemesini, Turkcell operatöründe çalışan hücre planlama mühendisi ile tecrübe etme fırsatım oldu. Bu çalışmadan edindiğim gözlemler önceki adımlarda elde edilmiş verilerin gerçek ortam için tutarlılığı, yoksa önceki analizlere eklenmesi gereken başka veriler incelenir. Bizim saha incelememizde hücrenin kurulması nominal planda hücrenin kurulması istenen koordinatın denize fazla yakın olduğu gerekçesiyle saha incelemesi adımıyla yerinin değiştirilmesi kararı verilmişti.

4.1.4. Hücre Tasarımı

Buraya kadar elde edilen tahminlerin güvenilirliğinden emin olan hücre planlamacı baz istasyonu ekipmanı, BSC ve MSC boyutunda tasarım gerçekleştirilir. Son hücre planı da elde edilmiş olur. Elde edilen son plan kurulum aşamasında kullanılmak üzere, tüm parametrelerle beraber Hücre Tasarım Verisi (Cell Design Data) adlı raporda tutulur [13].

4.1.5. Hücre Gerçekleştirimi

Hücre tasarımı adımıyla oluşturulan plan doğrultusunda gerçekleştirilecek olan kurulum için gerekli görev ve yetki dağılımı devamında test işlemleri gerçekleştirilir. Hücre artık servis vermeye başlar [13].

4.1.6 Hücre Düzenlenmesi

Hücre kurulumu işlemi sonlandıktan sonra bile taleplerin karşılayıp karşılamadığı devamlı olarak değerlendirilir. Bu süreçte müşteri şikayeti, şebeke parametreleri yardımcı olan verilerdir.

Elde edilen verilere göre iyileştirme, düzenleme çalışmaları yapılır. Bu adımda yapılan maddeler aşağıdaki şekildedir;

- En son ortaya çıkan hücre planının başarılı şekilde gerçekleştirilip gerçekleştirilmediği incelenir.
- Müşteri şikayetleri göz önünde tutulur.
- Sistem performansının kabul edilebilir seviyede olup olmadığı kontrol edilir.
- Gerekli görüldüğü durumda uygun görülen parametreler değiştirilir ve ölçümler tekrarlanır.

Sisteme dahil olan kullanıcı sayısı sürekli olarak arttığı için bu adımın düzenli olarak tekrarlanması gerekir. Sistemin mevcut yapısıyla kaldıramayacağı seviyeye gelmesi durumunda ise hücre planlama adımlarının en başına geri dönüp yeni saha kurulumu gündeme gelmektedir [13].

5. FREKANS PLANLAMA YÖNTEMLERİ

Hücre planlama temel adımlarının önceki bölümlerde incelenmiştir. Hücreye atanacak frekans ile ilgili çalışmalar da bu adımlar içinde yapılmaktadır. Hücre planlama adımlarından farklı olarak bu adım için belli aralıklar da değişen ağ yapısı ve trafiğine bağlı olarak frekans atama işlemi belirli hücre grupları için tekrar hesaplanarak atama işlemi gerçekleştirilir. Detaylı incelemesi bu başlık altında ele alınmıştır.

Literatürdeki birçok kaynakta ağda ayakta olan hücrelerin toplu olarak iyileştirme amaçlı otomatik frekans planlama yöntemleri ile ilgili çalışmalar mevcuttur. Bizim çalışmamızdaki en büyük ayırım, henüz trafik verisi bulunmayan, şebeke içinde kurulumu yeni gerçekleştirecek olan hücre için frekans ataması yapan bir yöntem üzerinde çalışılmıştır.

Hücresinin bulunduğu bölgeye göre frekans planlama tekniği, hücre planının kalitesine göre değişiklik gösterir. Frekans planlama, sistemin kalitesini ve kapasitesini etkileyen önemli faktörlerden biridir [9].

Bir şebekedeki sahanın (BTS) toplam kapasitesini belirleyen girişim ve iletim gücü parametreleridir [18].

Frekans planlama problemi NP sınıfına dahildir. Problemin zorluk derecesinin bilinmesi problem çözümü için uygulanacak yönteme karar vermede önemli bir kriterdir. NP problemlerin kısa sürede gerçek çözümü bulunmazlar. Bu nedenle birçok çalışmada frekans planlama problemine de kısa sürede gerçek çözüme yakın yöntemler geliştirilmiştir [16].

5.1. Kullanıma Uygun Frekans Bandı

Türkiye’de, GSM 900 Mhz sistemi için kullanılabilen frekans aralıklarının dan 10 – 19 ve 81 – 120 Turkcell için ayrılmıştır. 50 adet frekans aralığı ile tüm Türkiye’de yüzde yüz kalitede kapsama yapabilmesi çok zordur. Bunun için operatörler frekansların tekrar kullanım sıklıkları ile ilgili hesaplamalar yapmak zorundadır [16].

GSM 900 Mhz sistemi isminden de anlaşılacağı gibi 900 Mhz bandı üzerinden çalışmaktadır.

Şekil 5.1 de tasvir edildiği gibi yukarı bağlantı için 890 – 915, aşağı bağlantı için 935 – 960 frekans aralığı kullanılmaktadır. Yukarı ve aşağı linkler birbirlerinden 45 Mhz uzakta bulunmaktadır, bu boşluk girişim ihtimalini düşürmek için verilmiştir. 915 ile 935 Mhz aralığı koruma bandı olarak rezerve edilmiştir. 917 – 935 Mhz aralığı GSM dışındaki sistemlerce kullanılmaktadır. Taşıyıcılara atanacak frekanslar, 200 kHz aralıklarla yer alırlar, bu nedenle GSM 900 de 124 tane kullanıma uygun frekans bulunmaktadır [19].

Yukarıda bahsedilen 10 – 19 ve 81 -120 aralıkları, bir önceki paragrafta bahsettiğimiz 890 – 901 ve 935 – 946 Mhz frekans bantları içindeki 200 kHz ayrılmış frekans kanallarının numaralandırılmış karşılığına denk gelmektedir.

GSM 900 Mhz sistemi içindeki spektrum yeterli olmadığından, GSM 1800 ve GSM 1900 sistemleri de geliştirilmiştir.

5.2. Frekansın Yeniden Kullanılması

Spektrumun kısıtlı kaynak olmasından dolayı, problemin giderilmesi için bulunan yollar; frekans planlaması ve frekansın yeniden kullanılmasıdır. Frekansın yeniden kullanım sistemi, mikro hücrelere bir grup radyo kanalının atanması ve komşu hücrelerine atanan gruplardan farklı olması üzerine dayanmaktadır. Bu sistem ile farklı konumlandırılmış hücrelerde aynı frekans kanallarının kullanılmasına olanak verir [11].

5.3. Frekansın Kullanım Teknikleri

Frekans planlama metotları sistem özellikleri ile ilgilidir. Kaliteyi arttırmak hücrelere atanan frekans grupları kendi içinde atlanarak kullanılma teknikleri bulunmaktadır. Bunlar Base-band hopping ve Synthesizer hopping metotlardır.

Base-band hopping metodu; [9]

- Hücredeki; TRU sayısı = Frekans Sayısı
- Her bir TRU sabit bir frekansta yayın yapıyor.
- Konuşma esnasında kullanılan TRU, hücredeki diğer TRU üzerinden değişerek, farklı frekanslar kullanılmış oluyor.
- BCCH frekansları içinde atlama yapılır.

Synthesizer hopping metodu; [9]

- Hücredeki; TRU sayısı < Frekans Sayısı
- Her TRU, frekans grubundaki tüm frekanslarda sırasıyla yayın yapar.
- Konuşmalar hücredeki TRU'lar üzerinde yer değiştirmez.
- BCCH frekansları için atlama yapılmaz.

Frekans atlama yöntemi, spektrumun verimli kullanım için olmazsa olmazdır. Bu sayede girişim değeri ortalama bir değerde tutularak, belli bir kalite değerinin altına düşülmez [9].

6. YENİ HÜCREYE FREKANS ATAMA MODELİ

Önceki bölümlerde de bahsedildiği gibi GSM şebekelerinde, mobil kullanıcı ve kullanılan servis sayılarının hızla artması sonucu operatörler bu trafiği karşılayabilmek için, ağ kapasitelerini artırmak zorundadır. Kapasiteyi artırmak için yeni hücreler eklenmektedir. Geleneksel yöntem olan, her yeni eklenen hücre için atanacak frekans manuel şekilde seçilmektedir. Kısıtlı kaynak olan frekans aralığı operatörler tarafından efektif şekilde kullanılması için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Bunların birçoğunda her yeni hücre ile beraber komşu hücrelerinin de frekanslarının yeniden tanımlanması gerekmektedir. Bu da servis kesintisi ve yeni hücre için otomatik frekans planı uygulanana kadar geçen süredeki servis kalitesini düşürmektedir.

Bu tez çalışmasında yeni bir hücre tanımlandığında ona atanacak frekans aralığı için akıllı öneri getiren bir model sunulmuştur. Bunun geliştirmesi yapılmış ve programın çıktıları incelenmiştir.

6.1. Yeni Hücresinin Komşuluklarının Tahmin Edilmesi ve Sınıflandırılması

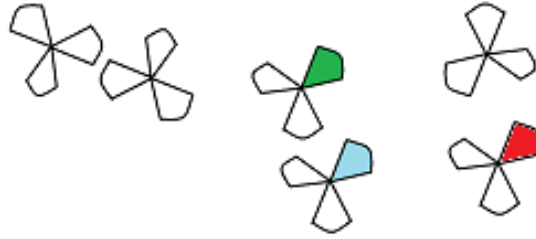
Açılması planlanan yeni hücresinin açı, koordinat bilgileri kullanılarak, komşu hücreleri ve aralarındaki ilişkinin sınıflandırılması için üç aşamalı bir yol kullanıyoruz.

6.1.1. Referans Hücre Seçme İşlemi

Yeni hücresinin bulunduğu noktayı merkez kabul ederek daire çiziyoruz. Dairenin yarıçap ölçüsüne karar verirken, yeni hücreye referans olabilecek bir hücre seçiyoruz ve bu hücresinin en uzak komşusu ile arasındaki mesafe bizim yarıçap değerimizi veriyor. Bu referans seçme işleminin riskli olduğu durumlar söz konusu, yeni hücresinin bulunduğu sahanın bir tarafının şehir merkezine diğer tarafının ormanlık daha az yerleşim alanına sahip olan bir yer olması durumunda tek referans seçerek alakasız bir yarıçap elde edilmesi ihtimali var. Bu tarz durumların önüne geçmek için birden fazla referans hücre seçimi ve her birinin en uzak komşu ile aralarındaki mesafenin bulunup, ortalamasını alınabilir. Referans hücre seçerken yeni

hücrenin en yakınındaki saha ve en yöndeş olmasına dikkat edilir. Elde edilen bu uzaklık bilgisine “r” diyelim.

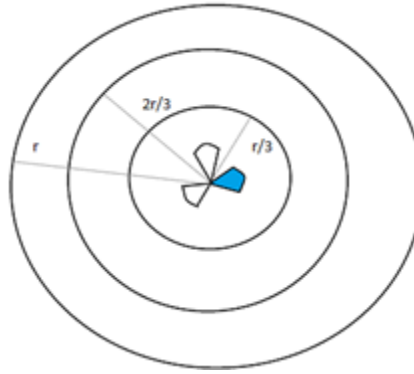
Örneklesek şekil 6.1’de; mavi renkli hücre yeni hücremiz; ona en yakın ve yöndeş olan yeşil renkteki hücreyi ise referans hücre olarak kabul ediyoruz. Birden çok seçim yapacağımız durumlar için ise devamında kırmızı renkli hücre diğer referans hücremiz olabilir.



Şekil 6.1: Örnek Referans Hücre Seçimi.

6.1.2. Uzaklığa Bağlı Sınıflandırma

Yeni hücreye merkez kabul ederek “ $r/3$ ”, “ $2r/3$ ”, “ r ” yarıçaplı üç daire çizilerek içinde kalan komşu hücreleri bulunduğu katmanlara göre üç sınıfa ayrılır [5]. Aşağıdaki Şekil 6.2’de de gösterildiği gibi.



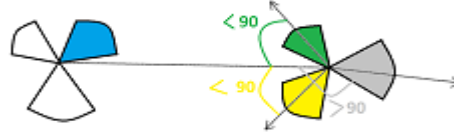
Şekil 6.2: Katmanlara Ayırma İşlemi.

6.1.3. Açıya Bağlı Sınıflandırma

- İç – Dış (Inward-Outward) :

Aşağıdaki Şekil 6.3 de mavi renkteki yeni hücremiz olsun yeşil ve sarı renkteki komşu hücresi ile arasında kalan açı 90 dereceden küçük olduğu için “inward” , kırmızı komşu hücresi ile arasında kalan açı 90 dereceden büyük olduğu için “outward” hücre sınıfında şeklinde sınıflandırılır [5]. Burada bahsedilen 90 değeri

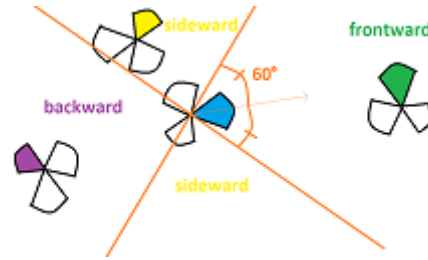
operatörlerin istatistiksel verilerine dayanarak farklı bir değer kullanılabilir. Biz çalışmamızda 90 olarak kullanmayı tercih ettik, [5] nolu çalışma içerisinde bahsedildiği gibi.



Şekil 6.3: İç – Dış (inward – outward) Hücre İlişkisi Örneği.

- Ön – Arka – Yan (Frontward – Backward – Sideward) :

Yeni hücrenin yönüne bağlı olarak daireyi dört eşit parçaya ayırarak, diğer hücrelerin dairenin hangi parçalarında kaldığına bağlı olarak sınıflandırılma işlemidir [5]. Aşağıdaki Şekil 6.4’de mavi renkte hücre yeni hücremiz diye kabul ediyoruz. Bu sınıflandırma yöntemine bağlı olarak yeşil hücre frontward, sarı hücre sideward , mor hücre backward sınıfına bağlı oluyor.



Şekil 6.4: Ön – Arka – Yan (frontward – sideward –backward) Hücre İlişkisi Örneği.

6.1.4. Karşı (Opposite) Hücrelerin Belirlenmesi

Yeni hücrenin komşuları arasında servis verdikleri alanlarının kesişimin yüksek olduğu tahmin edilen komşu hücrelerinin sınıflandırılması işlemidir. Eğer yeni hücre ile komşu hücre arasında bir çizgi olduğunu kabul edip, aralarında kalan açılar toplamı 45 dereceden küçükse bu komşu hücrenin tipine opposite hücre diyebiliriz [5]. Burada bahsedilen 45 değeri operatörlerin istatistiksel verilerine dayanarak farklı bir değer kullanılabilir. Biz çalışmamızda 45 olarak kullanmayı tercih ettik, [5] nolu çalışma içerisinde bahsedildiği gibi. Bir hücrenin opposite komşu hücre sınıfına dahil olması için aynı zamanda birinci katmanda bulunuyor olmasını bekliyoruz. Bu kısıt [5] nolu çalışmadan farklı olarak bizim tarafımızdan eklenmiştir.



Şekil 6.5: Karşı (Opposite) Hücre Örneği.

Şekil 6.5 de görüldüğü gibi mavi ve yeşil hücreler birbiri için opposite komşu hücredir.

6.1.5. Sınıflandırma İşleminin Yapılması

Tüm bu sınıflandırma işlemi sonrasında potansiyel komşularının karşılık geldiği sınıf aşağıdaki Tablo 6.1’deki sınıflandırma tip değerinden birine denk gelecektir. Bu yöntem ile edilen komşuluk listesinin ve sınıflandırılmasının doğruluğu hücrenin kurulacağı coğrafi koşullara, şehir merkezi veya kırsal olması gibi çevre değişkenlerine göre farklılık gösterebilir.

Tablo 6.1: Hücre Komşuluk İlişkisi Sınıf Çeşitleri.

Sınıflandırma Tipi	Katman	İç (inward) / Dış (outward)	Ön (frontward) / Arka (backward) / Yan (sideward)
1	Katman 1	İç (inward)	Ön (frontward)
2			Arka (backward)
3			Yan (sideward)
4		Dış (outward)	Ön (frontward)
5			Arka (backward)
6			Yan (sideward)
7	Katman 2	İç (inward)	Ön (frontward)
8			Arka (backward)
9			Yan (sideward)
10		Dış (outward)	Ön (frontward)
11			Arka (backward)
12			Yan (sideward)
13	Katman 3	İç (inward)	Ön (frontward)
14			Arka (backward)
15			Yan (sideward)
16		Dış (outward)	Ön (frontward)
17			Arka (backward)
18			Yan (sideward)
19	KARŞI HÜCRE (OPPOSITE CELL)		

6.2. HÜCRE KOMŞULUK SINIFLARININ GENEL GİRİŞİM DEĞERLERİNİN HESAPLANMASI

Bu çalışma için Turkcell GSM Operatöründen 1000 hücre için veri desteği sağlandı. Örnek hücre seçimi yaparken bu hücrelerin macro hücre ve komşu hücre sayısının 35'ten fazla olmasına dikkat edildi. Veri setini oluşturmak için seçilen 1000 hücrenin hücreleri ile olan ilişki sınıfının 6.1. bölümde bahsedilen yöntem ile elde edildi.

Kullanılan bin hücre için şebekeden gelen girişim değerlerinin sınıflandırma tipine yüzdelik oranları hesaplanarak sonucunda her komşuluk ilişkisi için ilerleyen bölümlerde bahsedilecek olan maliyet hesaplama algoritması içinde katsayı olarak kullanılacaktır. Aşağıdaki Tablo 6.2. aynı yöntemle aralıklarla güncelleniyor olması, frekans atama işleminin hassasiyet artırılması ve güncel şebeke için daha iyi sonuç getirecektir.

Tablo 6.2: Komşuluk İlişki Sınıfının Tahmini Girişim Değerleri.

Sınıflandırma Tipi	Sınıf Sayısı	Sınıf Bazlı Girişim Değeri	Sınıf Bazlı Sabit Katsayı
1	4482	0,022103971	2210
2	5571	0,006471011	647
3	5696	0,012793188	1279
4	5592	0,012616237	1262
5	5459	0,000890273	89
6	5724	0,003151642	315
7	11479	0,003584807	358
8	12160	0,000710526	71
9	12482	0,001407627	141
10	11806	0,001565306	157
11	12127	0,000101427	10
12	12393	0,00025821	26
13	16097	0,00056905	57
14	18614	0,000109595	11
15	15949	0,000210045	21
16	16992	0,000224223	22
17	18515	0,0000156629759	2
18	16371	0,0000476452263	5
19	846	0,036631206	3663

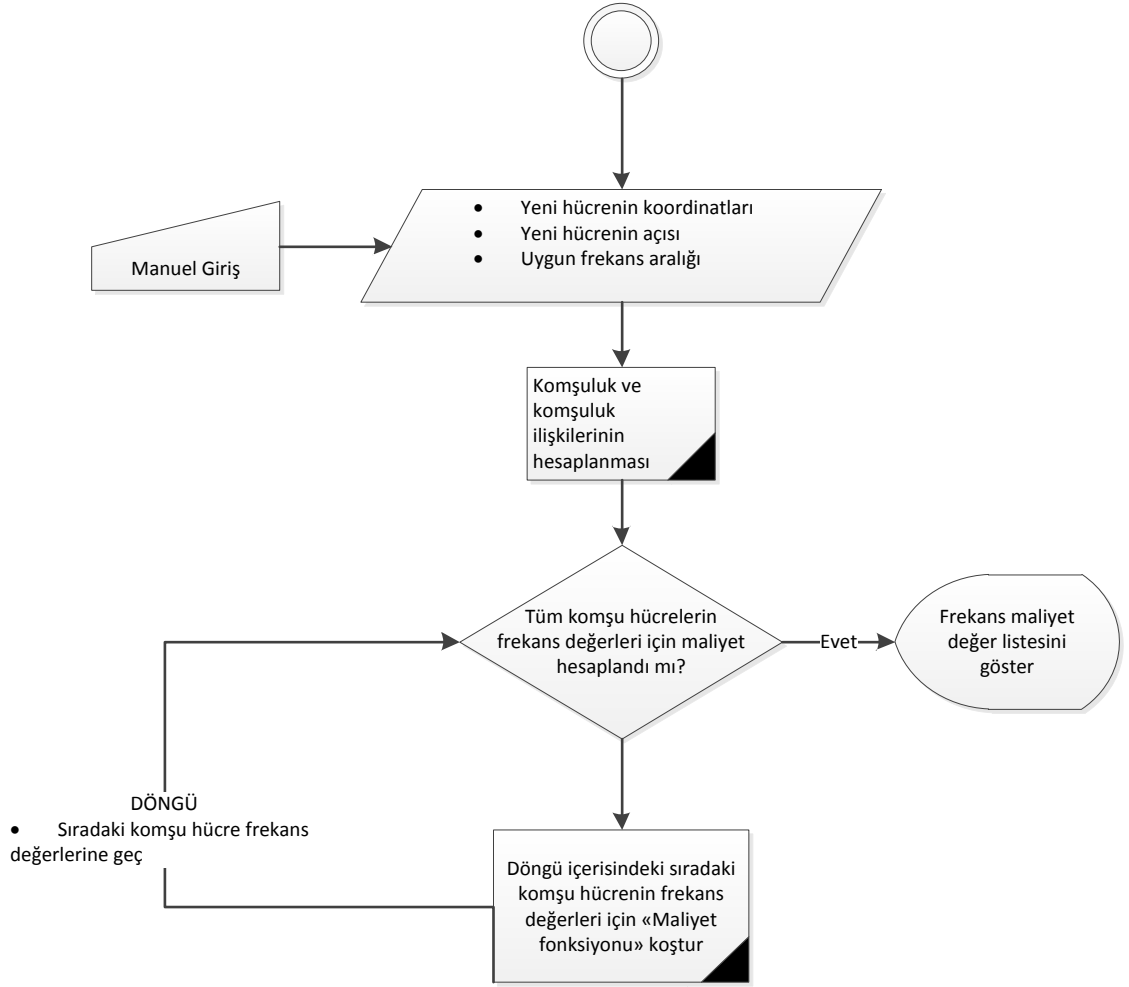
6.3. Maliyet Fonksiyonu Tasarımı

Frekans atama yazılımı, temelinde her bir frekans bandı için maliyet hesaplama fonksiyonu koşturularak oluşturulmuştur. Maliyet fonksiyonu çalışma şekli yeni hücrenin bir önceki bölümde bahsedilen potansiyel komşuları ve komşuluk ilişki sınıfı değerlerini girdi olarak alır. Her bir bu elde edilen komşuluk listesindeki her bir komşu hücrenin kullandığı TCH ve BCCH değerleri için, o komşu hücre ile yeni kurulacak hücrenin ilişki tipine bağlı olarak üsteki 6.2 ve aşağıdaki 6.3 tablolarındaki uygun katsayı değerleri çarpımı, işlem yapılan frekans numarası maliyet değeri olarak eklenir. Bu işlem Komşuluk listesinin tüm frekans değerleri için hesaplanıncaya kadar iteratif şekilde devam eder.

Tablo 6.3: Maliyet Fonksiyonu İçinde Kullanılan Sabit Katsayılar

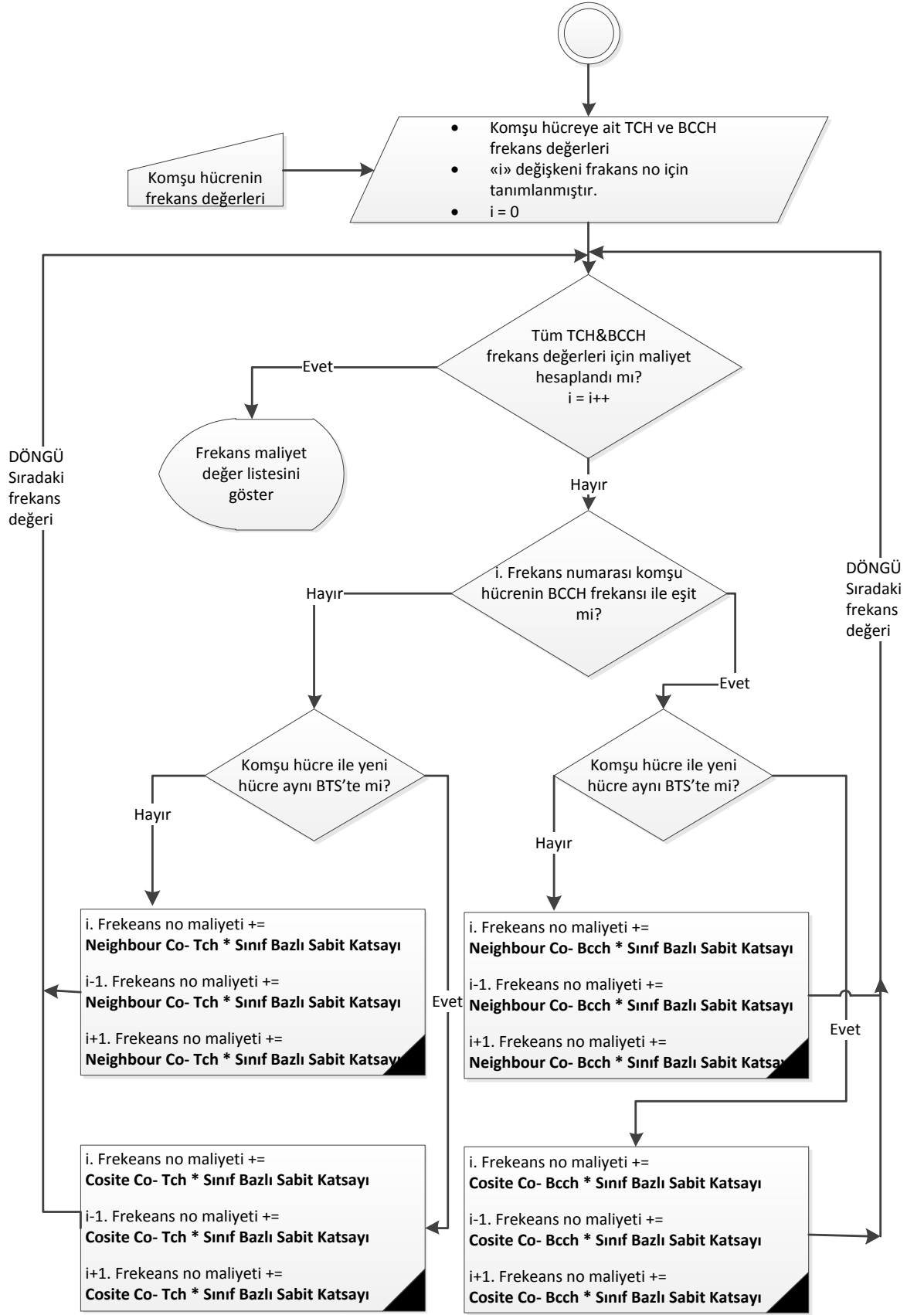
Sabit Katsayılar	Kabul Edilen Değer	Kullanım Amacı
Cosite Co- Bcch	10000000	Aynı saha üzerin de hücrelerin Bcch frekanslarının aynı olmasını engellemek için kullanılır.
Cosite Adj-Bcch	1000000	Aynı saha üzerinde hücrelerin Bcch frekanslarının ardışık tanıtılması büyük kalite problemine neden olacağından bu durumu engellemek için kullanılır.
Cosite Co- Tch	10000000	Aynı saha üzerinde hücrelerin Tch frekanslarının aynı olmasını engellemek için kullanılır.
Cosite Adj-Tch	1000000	Aynı saha üzerinde hücrelerin Tch frekanslarının ardışık tanıtılması büyük kalite problemine neden olacağından bu durumu engellemek için kullanılır.
Neighbour Co- Bcch	40	Komşu hücresi ile Bcch frekanslarının aynı olmasını ihtimalini düşürmek için kullanılır.
Neighbour Adj-Bcch	10	Komşu hücresi ile Bcch frekanslarının ardışık olması ihtimalini düşürmek için kullanılır.
Neighbour Co- Tch	4	Komşu hücresi ile Tch frekanslarının aynı olmasını ihtimalini düşürmek için kullanılır.
Neighbour Adj-Tch	1	Komşu hücresi ile Tch frekanslarının ardışık olması ihtimalini düşürmek için kullanılır.

Frekans atama yaklaşımının temel süreci aşağıdaki şekil 6.6'teki akış diyagramı ile tasvir edilmiştir.



Şekil 6.6: Frekans Atama Yaklaşımının Temel Süreci.

Sistem içerisinde bu sürecin en önemli parçası olan maliyet fonksiyonu detaylı açıklaması aşağıdaki Şekil 6.7 deki akış diyagramı ile tasvir edilmiştir.



Şekil 6.7: Maliyet Fonksiyonu Akış Diyagramı.

Bu yöntem ile elde edilen maliyet değerinin hassasiyetini artırmak için, aynı BTS üzerindeki komşu, karşı tip komşu, referans seçilmiş komşu hücreler ve komşuluk ilişki önceliği yüksek olan hücreler için gerçek trafik verisi kullanarak yukarıda anlatılan maliyet fonksiyonu kullanılarak hesaplanır. Sonrasında herbir frekans değerlerinin önceden hesaplanmış maliyetlerinin üzerine eklenir. Hassasiyeti artırmak için öncelikli komşular için koşturulan maliyet fonksiyonu içinde, “Komşuluk Bazlı Katsayı” değeri yerine gerçek trafik verisi olan girişim değerleri kullanılır.

7. FREKANS ATAMA YAZILIMI

Bu bölümde, önceki bölümlerde bahsedilen yeni hücre için komşuluklarını ve komşuluk ilişkilerini bulan, frekanslar için maliyet hesaplayan yöntemler kullanılarak geliştirilmiş bir yazılım anlatılacaktır.

7.1. Geliştirme ve Test Ortamı

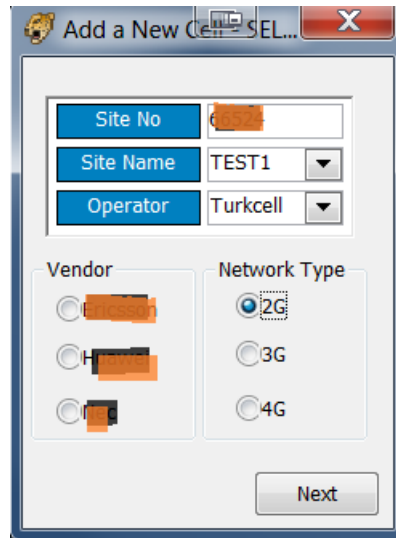
Uygulama geliştirirken, Intel(R) Core(TM) i5 CPU 660 @ 3.33GHz 3.47 GHz işlemci, 4,00 GB RAM donanımsal özelliklere sahip bir bilgisayar ve Windows 7 Enterprise işletim sistemi üzerinde çalışan Sybase veri tabanı, PowerBuilder 12.0 yazılım geliştirme platformu üzerinde çalışılmıştır.

Komşuluk bilgilerinin hesaplayan yazılımın geliştirme ortamı için ise, Java platformu ile Oracle Spatial araçları kullanılmıştır. Bu bilgi, web servis ile maliyet fonksiyonumuzun girdisi olarak çağrılmaktadır.

7.2. Yazılımın Kullanımı

Uygulamanın çalıştırılması için kullanıcı tarafında iki akışa sahip bir süreç işlemekte. Birinci akışta yeni hücreye ait planlama bilgilerinin sisteme girişinin yapılması, ardından frekans önerme işlemi için gerekli parametrelerin alınması ile hesaplamanın yapılması.

Aşağıdaki görsellerde adım adım kullanımı detaylandırılmıştır.



Şekil 7.1: Yeni Hücre Bilgileri Giriş Ekranı.

Şekil 7.1’de yeni hücre ile ilgili ilk bilgilerin girildiği ekrandır. Bu ekranda girilen bilgilere bağlı olarak detay parametrenin girileceği ekran dinamik olarak oluşmaktadır.

Ekran girdileri;

- Site Name : Yeni hücrenin kurulacağı saha ismini belirtir. Örnek olarak test sahalarından biri seçilmiştir.

- Site No : Site Name bağlı olarak, sistemin yönetilmesi için şebekedeki her düğüm için atanan kimlik numarasını içerir. Şu anki çalışmada ihtiyaç dahilinde değildir. Turkcell Bilgi güvenliği kapsamında maskelenmiştir.

- Vendor : Hücrenin kurulacağı ekipmanın hangi firma tarafından sağlanacağına dair bilgisini içerir. Bu bilginin önemi bazı standartlar olsa da ekipman konfigürasyonlarında farklılıkların söz konusu olması nedeniyle sonraki ekranda girilecek detay parametrelerin bu bilgiyi de baz almaktadır. Turkcell Bilgi güvenliği kapsamında maskelenmiştir.

- Network Type : Hücrenin servis vereceği şebekenin tipini belirtir. Detay ekran da girilecek parametrelerin belirlenmesi için önemlidir. Biz GSM hücreler ile çalıştığımız için 2G tipini seçerek ilerliyoruz.

Cell Design Data - SELECTED DataBase : NEMS TEST (DEVELOPER)

Monitoring Neighbour Miscellaneous

Main Cell Data

NWCI	[REDACTED]	Type	Macro
Cell Name	TEST11	Environment	City Seasonal
BSC	[REDACTED]	Seasonality	Summer
LAC	[REDACTED]	Border Cell	No
CI	[REDACTED]	Extended Range	Double
Status	Planned	Broadcast Name	TEST1
Network Pool	[REDACTED]	MCC / MNC	286 01

Regional Parameters

BTK Service Area	DIGER - DIGER
Service Road	
Service Railway	
Benchmark	

TURKCELL

Site Info

Site No / Site ID	[REDACTED]	TEST1	Latitude	[REDACTED]
Eng Name	[REDACTED]		Longitude	[REDACTED]
Site NT Type	2G		Cell Planner	[REDACTED]
Region	[REDACTED]		Imp Responsible	[REDACTED]
Subregion	[REDACTED]		Trans Responsible	[REDACTED]
City	[REDACTED]		Mekun Mahal Digi	[REDACTED]
County	[REDACTED]		OIS	[REDACTED]
BÇÖ	[REDACTED]		BCM	[REDACTED]
JP				

Neighbour Parameters

Şekil 7.2: Yeni Hücre Detay Bilgileri Giriş Ekranı.

Şekil 7.2’de yeni hücrelerin detay bilgilerinin girildiği ekrandır. Bu Ekrandaki giriş alanları bir önceki Şekil 7.1’de belirtilmiş, alanların değerine bağlı olarak oluşturulur.

Bizim çalışmamızda bu ekran için detay bilgilerden saha bilgisi önem teşkil etmekte, bunların dışında girilen bilgileri sonraki çalışmalarda hassasiyeti artırmak için kullanılabilir. Turkcell bilgi güvenliği kapsamında bazı alanlar maskelenmiştir.

Şekil 7.3: Frekans Önerme Ekranı.

Şekil 7.3’de ki ekran ile Frekans önerme işlemi gerçekleştirilmektedir. Ekran girdileri önceki bölümlerde bahsettiğimiz yöntemlerin girdilerini sağlayacak şekilde tasarlanmıştır.

Ekran girdileri;

- CELL ID : Planlanan hücrenin adı. Önceki ekranlarda bu hücreye ait planlanan parametre değerleri saha bilgisi vs. girilmiştir. Bu alana girilen değer sayesinde, hücrenin bağlı olacağı saha bilgilerine erişilebilecektir.
- Longitude : Hücrenin kurulacağı sahaya ait boylam bilgisidir.
- Latitude : Hücrenin kurulacağı sahaya ait enlem bilgisidir.
- Azimuth : Hücreye ait anten ekipmanın hangi açı ile konfigure edileceği bilgisidir.
- Order Type : Komşuluk bilgisini hesaplarken, kaç adet referans hücre kullanılacağı bilgisidir.
- BCCH Frequency : Hücre planlamacının kontrolünde hangi frekans aralıkları içinde BCCH frekansı hesaplaması yapılacak bilgisidir.
- TCH Frequency : Hücre planlamacının kontrolünde hangi frekans aralıkları içinde TCH frekansı hesaplaması yapılacak bilgisidir.

Gerekli girdiler sağlandıktan sonra hesaplama yapılması istenen frekans tipine bağlı olarak; BCCH frekansı veya TCH frekansı için için ayrı ayrı çalıştırılır.

Result Table		
Frequency No	Frequency Cost	Used Count of Neighbour
1	373614	
2	202482	
3	333428	
4	350995	
5	580769	
6	426406	
7	495076	
8	368213	
9	390697	
10	390775	
11	318644	
12	285894	
13	219064	
14	305121	
15	476192	
16	309855	
17	305997	
18	228189	
19	234225	
20	403394	
21	524092	
22	520413	
23	267267	

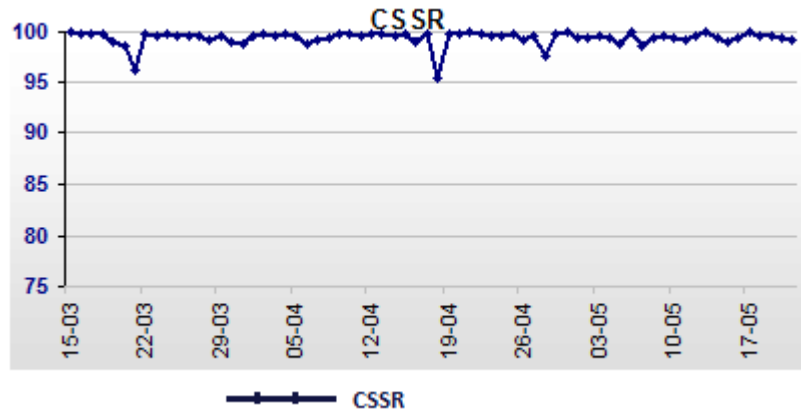
Şekil 7.4: Frekans Önerme Ekranı Sonuç Listesi.

Şekil 7.4 de görüldüğü gibi örnek hücremiz için çalıştırılan frekans aralığında ki değerler için maliyet bilgileri yan kolonda gösterilmiştir. Kırmızı ile boyanan frekans değerleri için maliyet değerleri ortalamanın üzerinde olduğu için kullanılmaması tavsiye edilmektedir. Son kullanıcı olan hücre planlamacıya maliyet değeri en düşük olanı kullanması tavsiye edilmekte, fakat kendi tecrübeleri doğrultusunda olağan dışı bir durum var olduğunu düşünüp farklı bir tercih yapılabilir.

7.3. Yazılımın Sonuçları ve Ölçümler

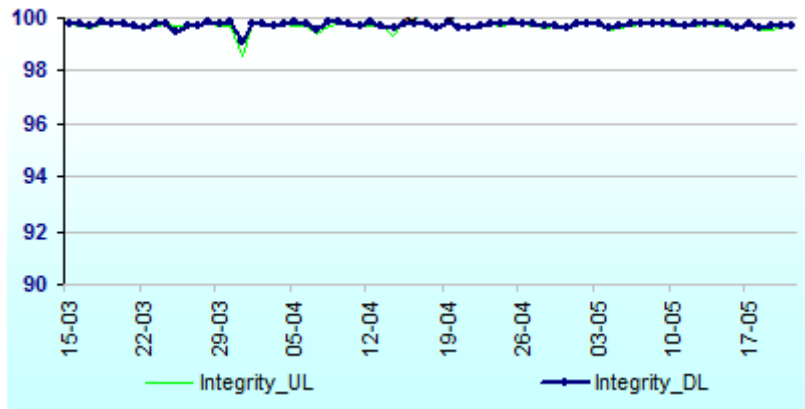
Yazılımın çalışması sonucu atanan frekansları kullanan hücelere ait KPI değerlerinin kabul edilebilir olduğu gözlenmiştir.

Call Setup Success Rate performans göstergesi, hücrelerin BCCH frekans kalitesinin göstergesi olarak kabul edilmektedir. Hücresinin CSSR yüksekse, mobil istasyonların hücreye erişim sağlayabildikleri anlamına gelir. Şekil 7.5 ile test ettiğimiz hücrenin CSSR değerleri gösterilmiştir. Grafikte gözükten düşük değerlerin nedeni araştırıldığında frekans planı ile ilgisi olmayan, transmisyonda yaşanan sıkıntıdan kaynaklandığı şeklinde bilgi alınmıştır.



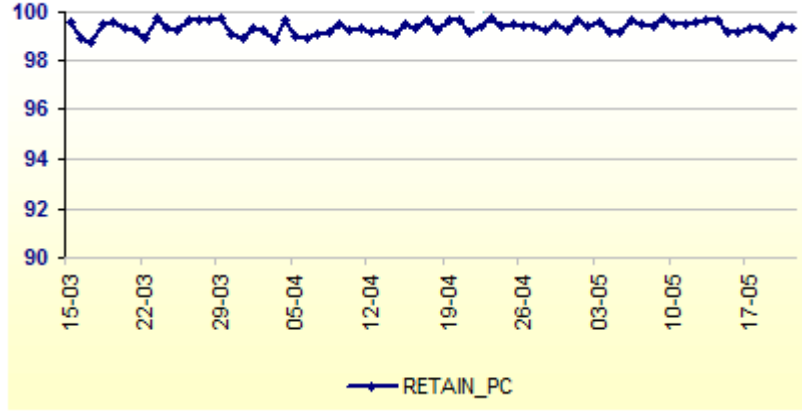
Şekil 7.5: Test Hücresi İçin CSSR Değerleri Grafiği.

Integrity performans göstergesi, TCH frekanslarının ses kalitesinin değerleridir. Şekil 7.6 ile test ettiğimiz hücrenin Integrity değerlerini gösterilmiştir.



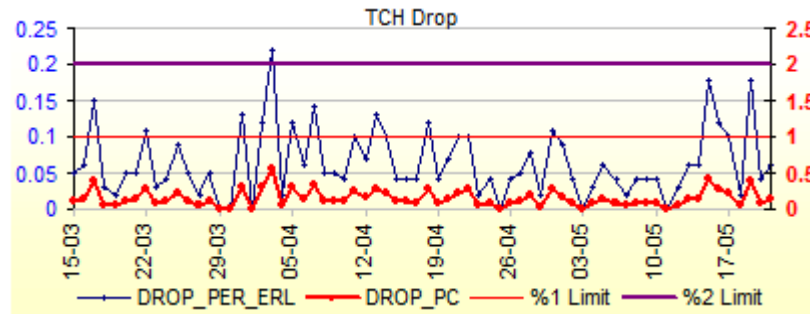
Şekil 7.6: Test Hücresi İçin Integrity Değerleri Grafiği.

Benzer şekilde Retainability hücrelerin TCH frekanslarının kalitesini yani konuşma kalitesine bağlı ölçümlenen göstergedir. Şekil 7.7 ile test ettiğimiz hücrenin Retainability değerlerini gösterilmiştir.



Şekil 7.7: Test Hücresi İçin Retainability Değerleri Grafiği.

TCH Drop performans göstergesi, konuşma sırasında yaşanan kesintileri göstermektedir. Şekil 7.8 ile test ettiğimiz hücrenin TCH Drop değerlerini gösterilmiştir.



Şekil 7.8: Test Hücresi İçin Drop Değerleri Grafiği.

8. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu tez çalışması ile literatürde frekans planlama ile ilgili hangi çalışmalar yapılmış nelere odaklanılmış, hangi yapılan çalışmalarda açık bırakılan noktalar nelerdir bunların üzerinde durulmuştur. Gelecekteki çalışmalarımız için yeni hücrelere frekans atama yöntemi belirlenmesinde esinlenilecek yöntem veya algoritmalar var ise detaylı incelenmiştir.

Genel olarak şimdiye kadarki mevcut çalışmalar, GSM ağı içinde seçilen belli bir bölgedeki hücrelerin tümü için trafik, sürücü ile toplanmış sinyal verisi veya yayılım tahmini modelleri ile oluşturulan veri setlerini kullanarak frekans planlaması farklı algoritmalar; genetik, doğrusal pragramlama vs. ile gerçekleştirmiş sağlamıştır. Bazı çalışmalarda kullanılan veri setleri yani girişim matrislerinin oluşturulma yöntemleri için yeni yaklaşımlar sunmuştur. Bu yaklaşımlar yeni hücre planlamasından ziyade sistemde zaten mevcut olan hücrelerin frekans planlamasında kullanılmaktadır.

Yeni hücre için herhangi bir trafik verisinin bulunmaması doğru bir frekans planlaması için dezavantaj teşkil ediyor. Bizim çalışmamızda komşuluk tanımlamalarının ve sınıflandırılması yöntemi sonucu elde edilen değerler ve potansiyel girişim sabitlerinin çıkartılması ile bu dezavantajı ortadan kaldırılmaya çalışılmıştır. Girişim değerlerini tahmini, Turkcell şebekesinde gerçek girişim değerlerini referans alarak komşuluk sınıfı bazlı maliyet sabitlerinin belirlenmiştir. Bu sayede hassasiyeti daha yüksek bir frekans planı yeni hücre için geleneksel fixed frequenct assignment yöntemi ile elde edilmiştir. Bu sayede yeni hücre için frekans ataması yapmak için çevresindeki diğer tüm hücrelerin frekanslarının değiştirilmesi yani servis kesintisi yaşanması problemi büyük ölçüde önlenmiştir.

Bundan sonraki çalışmalarda, yeni hücreye frekans verme sırasında gelecekte değişen koşullara bağlı olarak sonrasında frekansın değiştirilmesine neden olan durumların tahmin edilmesini sağlayan ve coğrafi koşulları dolaylı yolla da olsa hesaplamaya dahil eden bir yöntem geliştirilebilir.

KAYNAKLAR

- [1] Catharinus A., Koster A., (1999), "Frequency Assignment: Models and Algorithms",Doktora Tezi, Arie Koster.
- [2] Pasquale A., Magnani N., Zanini P., (1998), "Optimizing Frequency Planning In the GSM Systems", CSELT, Italy.
- [3] Chang Y., Subramaniau S., (1998), "Advanced frequency planning techniques for TDMA and GSM networks", IEEE Global Telecommunications Conference, Sydney, 934-938.
- [4] Atamanesh M., Farzaneh F., (2008), "Frequency Planning of GSM cellular Communication Network in Urban Areas Including Traffic Distribution, A Practical Implementation", Electromagnetic Compatibility and 19th International Zurich Symposium on Electromagnetic Compatibility, APEMC. 891-894. IEEE CNF, 19-23 May.
- [5] Chao S., Lina L., Cuibo Y., Xuerong G., Xiaohua Z., (2010), "A new method of frequency planning for new cells in GSM", 2nd Conference on Environmental Science and Information Application Technology.
- [6] Zhang M., MacDonald H., (2003), "Generalized cell planning technique applied for 4x12 frequency-reuse," in Proc. PIMRC2003, 1884-1888 (2), Sep.
- [7] Gao Y., Song J., Zhang Q., Ma Y., Wang J., Feng Z., (2009), "A novel interference matrix generation algorithm in GSM networks",International Conference on Communications and Networking in China, Xian.
- [8] Kronestedt F., Frodigh M., (1997), "Frequency planning strategies for frequency hopping GSM", Proc. VTC'97, Phoenix, Arizone, USA, 1862-1866 (3), 4-7 May.
- [9] Kayacan S., Toker L., (2007), "GSM'de Frekans Planlama Yöntemleri Hücrelere Frekans Ataması Yapacak Yazılım Gerçekleştirimi", Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi.
- [10] Web 1,(2013), http://en.wikipedia.org/wiki/History_of_mobile_phones, (Erişim Tarihi: 13/01/2013).
- [11] Işık A., (2005), "GSM Sisteminde Hücre Planlamasının Bulanık Mantık ile Denetimi", Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi.
- [12] Can E., (2006), "Mobil Cihazların Çalışma Sistemleri ve Çevre Üzerindeki Etkileri" Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi.
- [13] Ericsson, (1998), "GSM Cell Planning Principles", Ericsson Radio Systems, Sweden.

- [14] Redly S., Weber M., Oliphant M., (1995) “An Introduction to GSM”, Artech House Publisher Book, London, 36-47.
- [15] Tekçe F., (2006) “GMSK Modulator Demodulator Gerçekleme”, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi.
- [16] Biroğlu S., (2008) “GSM Şebekelerinde Frekans Planlamasının Veri Fizyonu ile gerçekleştirilmesi” Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi.
- [17] Kanalebe, Y., (1999) “Capacity Analysis of base station diversity”, Doktora Tezi, University of South Australia, Electrical and Information Engineering, South Australia, 23-67.
- [18] Mishra, R., (2004) “Fundamentals of Cellular Network Planning & Optimisation”, John Wiley&Sons Book, May.
- [19] Billim, M.,Develi İ.,Kabalcı, Y., (2011), “GSM 900 Mhz Frekans Bandındaki Elektromanyetik Yoğunluğun Günün Farklı Zaman Dilimleri için Ölçülmesi ve Değerlendirilmesi”, Elektrik Elektronik Bilgisayar Sempozyumu, Fırat Üniversitesi, Elazığ
- [20] Tanrıverdi, P., Mantar, A., (2013) “An Estimate Frequency Assignment Approach for GSM New Cell Neighbours”, Fifth International Conference on Wireless & Mobile Networks, Karatay Üniversitesi, Konya

ÖZGEÇMİŞ

1986 yılında Tarsus’da doğmuştur. İlk öğretimini 1991-1996 yılları arasında, orta öğretimini 1996–1999 yılları arasında, liseyi 1999-2003 yılları arasında Artvin Yabancı Dil Ağırlıklı Lisesi ve 2003-2004 yılları arasında Bandırma Şehit Mehmet Gönenç Yabancı Dil Ağırlıklı Lisesinde tamamlamıştır. 2004 yılında girdiği İstanbul Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü’nü 2009 yılında bitirmiştir. Yüksek lisans eğitimine GYTE Bilgisayar Mühendisliği bölümünde devam etmektedir. Aynı zamanda 2008 yılından buyana Turkcell Teknoloji Araştırma&Geliştirme şirketinde yazılım mühendisi olarak görev almaktadır.