

BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
YÖNETİM BİLİŞİM SİSTEMLERİ ANABİLİM DALI
YÖNETİM BİLİŞİM SİSTEMLERİ TEZLİ
YÜKSEK LİSANS PROGRAMI

SPEKTRUM PAYLAŞIMI YAKLAŞIMI-TÜRKİYE MODELİ ÖNERİSİ

HAZIRLAYAN

GÜRKAN GEBİÇ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TEZ DANIŞMANI

DR. ÖĞR. ÜYESİ ESMA ERGÜNER ÖZKOÇ

ANKARA - 2022

BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU

Tarih: 16 / 12 / 2021

Öğrencinin Adı, Soyadı: Gürkan GEBİÇ

Öğrencinin Numarası: 22010349

Anabilim Dalı: Yönetim Bilişim Sistemleri

Programı: Yönetim Bilişim Sistemleri Tezli Yüksek Lisans

Danışmanın Unvanı/Adı, Soyadı: Dr. Öğr. Üyesi Esmâ ERGÜNER ÖZKOÇ

Tez Başlığı: Spektrum Paylaşımı Yaklaşımı-Türkiye Modeli Önerisi

Yukarıda başlığı belirtilen Yüksek Lisans tez çalışmamın; Giriş, Ana Bölümler ve Sonuç Bölümünden oluşan, toplam 84 sayfalık kısmına ilişkin, 08 / 12 / 2021 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 13'tür. Uygulanan filtrelemeler:

1. Kaynakça hariç
2. Alıntılar hariç
3. Beş (5) kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

“Başkent Üniversitesi Enstitüleri Tez Çalışması Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Usul ve Esaslarını” inceledim ve bu uygulama esaslarında belirtilen azami benzerlik oranlarına tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Öğrenci İmzası:

ONAY

Tarih: 16 /12 /2021

Öğrenci Danışmanı Unvan, Ad, Soyad, İmza:

Dr. Öğr. Üyesi Esmâ ERGÜNER ÖZKOÇ

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın tüm aőamalarında kıymetli yönlendirmeleri, desteği ve katkılarından dolayı danışmanım Sayın Dr. Esmā Ergner ÖZKOÇ'a,

Çalışma boyunca birlikte yol arkadaőlıęı yaptığımız değerli arkadaőım Süleyman BAYRAM'a,

Anlayıőı ve bütün manevi desteklerinden dolayı sevgili eőim Meriç'e, biricik kızım Katre'ye ve kıymetli aileme çok teşekkür ederim.

ÖZET

Gürkan GEBİÇ, Spektrum Paylaşımı Yaklaşımı-Türkiye Modeli Önerisi, Başkent Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yönetim Bilişim Sistemleri Tezli Yüksek Lisans Programı, 2022.

Spektrum kıt ve değerli ulusal bir kaynaktır. 5G ile birlikte spektruma olan talebin giderek artacağı öngörülmektedir. Artan veri trafiği sorunu ve bağlantı ihtiyaçlarının üstesinden gelebilmek için spektrumun olabildiğince verimli kullanılması gerekmektedir. Veri trafiğindeki artışı desteklemenin ne kadar önemli olduğu literatürde yer alan çeşitli çalışmalarda ortaya konulmuştur. 5G için hayati öneme sahip olan 6 GHz altında yer alan spektruma mevcut spektrum tahsis yöntemleri ile erişmek oldukça zordur. Geleneksel spektrum yönetimi yaklaşımı ile spektrumun sunduğu olanaklardan yeterince yararlanmak mümkün değildir. Bu kapsamda ortaya çıkan çeşitli spektrum paylaşımı yaklaşımları ile spektrumun daha verimli kullanılması amaçlanmaktadır.

Bu çalışma kapsamında spektrum ve spektrumun önemi ve geçmişten günümüze spektrum yönetim yaklaşımları incelenmiştir. Ardından ülkemizde yerleşik bulunan üç ana mobil operatörler ile odak grup çalışması kapsamında görüşmeler gerçekleştirilmiş olup, sektörün konuya yaklaşımı hakkında değerlendirmeler yapılmıştır. Bununla birlikte yeni ortaya çıkan spektrum paylaşımı yaklaşımı hakkında Avrupa ve Amerika’da yenilikçi spektrum yönetimi uygulamaları incelenmiş ve e- posta yolu ile gerçekleştirilen yarı yapılandırılmış mülakat çalışması ile spektrum paylaşımı hakkında Avrupa ülkelerinin güncel uygulamaları hakkında mevcut durum ortaya konmuştur.

Bahsi geçen çalışmalar kapsamında ülkemizde spektrum yönetiminde yeni bir bakış açısı geliştirilerek spektrum paylaşımı uygulamalarının ülkemizde uygulanabilirliği araştırılmıştır. Mevcut mevzuatta yapılabilecek değişikliklere ilişkin önerilerde bulunulmuştur. Ayrıca spektrum paylaşım uygulamalarını mümkün kılacak teknik altyapının ülkemizde kurulmasına ilişkin çeşitli önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Spektrum Paylaşımı, Lisans Paylaşım Erişim, Telekomünikasyon, 5G

ABSTRACT

Gürkan GEBİÇ, Spectrum Sharing Approach- Turkey Model Proposal, Başkent University, Institute of Social Science, Master's of Management Information Systems with Thesis, 2022.

Spectrum is a scarce and valuable national resource. With 5G, it is predicted that the demand for spectrum will increase gradually. In order to overcome the increasing data traffic problem and connection needs, the spectrum should be used as efficiently as possible. The importance of supporting the increase in data traffic has been demonstrated in various studies in the literature. It is very difficult to access the spectrum under 6 GHz, which is vital for 5G, with current spectrum allocation methods. With the traditional spectrum management approach, it is not possible to take advantage of the opportunities offered by the spectrum. In this context, it is aimed to use the spectrum more efficiently with the various spectrum sharing approaches.

Within the scope of this study, the importance of spectrum and spectrum management approaches from past to present were examined. Then, interviews were held with the three main mobile operators located in our country within the scope of focus group discussion, and evaluations were made about the approach of the sector to the subject. In addition, innovative spectrum management practices in Europe and America about the emerging spectrum sharing approach were examined, and the current situation about the current practices of European countries on spectrum sharing was presented with the semi-structured interview via e-mail carried out.

Within the scope of the aforementioned studies, a new perspective in spectrum management in our country has been developed and the applicability of spectrum sharing applications in our country has been investigated. Suggestions were made regarding the changes that can be made in the current legislation. In addition, various suggestions have been made regarding the establishment of the technical infrastructure that will enable spectrum sharing applications in our country.

Keywords: Spectrum Sharing, License Shared Access, Telecommunications, 5G

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
ÖZET	ii
ABSTRACT	iii
TABLolar LİSTESİ.....	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. SPEKTRUM ve ÖNEMİ.....	3
2.1. Spektrum Nedir?	3
2.2. Spektrumun Önemi	4
2.3. Spektrum Yönetimi	5
2.3.1. Türkiye’de Spektrum Yönetimi.....	8
2.4. Geçmişten Günümüze Spektrum Yönetimi Yaklaşımları	9
3. SPEKTRUM PAYLAŞIMI.....	13
3.1. Spektrum Paylaşımı Nedir?	13
3.1.1. Spektrum Paylaşımı Uygulamaları ve Düzenlemelerine Genel Bakış	14
3.2. 5G’de Spektrum Paylaşımının Önemi	15
3.2.1. Avrupa Birliği’nde Spektrum Paylaşımı	17
3.2.1.1. Uygulama Örnekleri.....	18
3.2.2. ABD’de Spektrum Paylaşımı	25
3.2.3. Türkiye’de Spektrum Paylaşımı.....	26
3.3. Spektrum Paylaşım Modelleri	27
3.3.1. LSA (License Shared Access).....	27
3.3.2. SAS (Spectrum Access Systems).....	29
3.4. Spektrum Paylaşımında Güvenlik	30
4. ARAŞTIRMA YÖNTEMİ	36
4.1. Veri Toplama Yöntemi.....	36
4.1.1. Görüşme tekniği	36
4.1.2. Görüşülen taraflara ilişkin bilgiler	37

4.2. Görüşmelerin Analizi	38
4.2.1. Görüşmelerin genel analizi:	52
4.3. Spektrum Paylaşımı ile ilgili Yurt Dışı Mülakat Çalışması.....	54
5. DEĞERLENDİRME VE ÖNERİLER.....	56
5.1. Değerlendirme ve Tartışmalar ve Öneriler	56
5.1.1. Operatör Görüşmeleri Kapsamında Öneriler.....	56
5.1.2. Mevzuat Eksikliğine ilişkin Öneriler	59
5.1.3. Teknik Altyapı Kurulumuna İlişkin Öneriler.....	59
6. SONUÇ	61
KAYNAKLAR.....	63
EKLER	
EK 1: Spektrum Paylaşımına Yönelik Mevzuat Önerileri	
EK 2: Spektrum Paylaşımı Teknik Altyapı Önerisi	
EK 3: Operatör Görüşme Soruları	
EK 4: Yurt Dışı Mülakat için Ülke İdarelerine İletilen Sorular	

TABLÖLAR LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 2.1. Frekans Bandı Listesi (ITU, 2015)	4
Tablo 2.2. Spektrum Yönetimi Nesillerine Genel Bakış.....	10

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 3.1. Finlandiya spektrum paylaşımı uygulaması (RSPG, 2021).....	21
Şekil 4.1. 3.5 GHz bandına ilişkin operatör görüşleri.....	45
Şekil 4.2. 60 GHz bandına ilişkin operatör görüşleri.....	47
Şekil 4.3. X operatörü ile yapılan görüşmenin analizi	49
Şekil 4.4. Y operatörü ile yapılan görüşmenin analizi	50
Şekil 4.5. Z operatörü ile yapılan görüşmenin analizi.....	52
Şekil 4.6. Görüşmelerin kodlarının genel analizi	54
Şekil 5.1. Spektrum Paylaşımı Teknik Altyapı Önerisi	58

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

5G	5 inci Nesil
AB	Avrupa Birliği
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
BTK	Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu
CEPT	Avrupa Posta ve Telekomünikasyon İdareleri Konferansı (European Conference of Postal and Telecommunications Administrations)
CUS	Spektrumun Toplu Kullanımı (Collective Use of Spectrum)
EC	Avrupa Komisyonu (European Commission)
ECA	Avrupa Tahsis Tablosu (European Allocation Table)
EECC	Avrupa Elektronik Haberleşme Kodu (European Electronic Communications Code)
ESC	Çevresel Algılama Yeteneği (Environmental Sensing Capability)
FCC	Federal Haberleşme Komisyonu (Federal Communications Commission)
GAA	Genel Yetkili Erişim (General Authorized Access)
GHz	gigahertz
IRG	Bağımsız Düzenleyiciler Grubu (Independent Regulators Group)
ITU	Uluslararası Telekomünikasyon Birliği (International Telecommunications Union)
kHz	kilohertz
NBP	Ulusal Genişbant Planı (National Broadband Plan)
PAL	Öncelikli Erişim Lisansları (Priority Access License)
PCAST	Başkanın Bilim ve Teknoloji Danışma Konseyi (President's Council of Advisors on Science and Technology)
PUE	Birincil Kullanıcı Emülasyonu (Primary User Emissions)
RSPG	Radyo Spektrum Politika Grubu (Radio Spectrum Policy Group)
RSPP	Radyo Spektrum Politika Programı (Radio Spectrum Policy Programme)
SAS	Spektrum Erişim Sistemi (Spectrum Access Systems)
TDK	Türk Dil Kurumu
YPK	Yüksek Planlama Kurulu

1. GİRİŞ

Spektrum, kelime anlamı olarak renklerin, seslerin, elektromanyetik dalgaların ya da diğer fiziksel gerçeklerin, belli bir değer kümesi ile sınırlanmadan birbiri ardına süreklilik içinde sonsuz değişmesi durumudur. Haberleşme için kullanılan elektromanyetik spektrum ise cep telefonlarımızdaki radyo dalgalarından, mikrodalga fırınlardaki mikrodalgaya, uzaktan kumandalardaki kızılötesi LED'lerden, hastanelerdeki morötesi (UV) sterilizasyon cihazlarına kadar tüm elektromanyetik dalga türlerinin aralığıdır. Spektrum paylaşımı ise, belirli bir coğrafi alanda bulunan birkaç bağımsız kullanıcı tarafından sabit bir radyo frekans kaynağının eşzamanlı kullanımı veya ortak kullanımınıdır.

Spektrum kıt ve değerli ulusal bir kaynaktır. 5G ile birlikte spektruma olan talebin giderek artacağı öngörülmektedir. Artan veri trafiği sorunu ve bağlantı ihtiyaçlarının üstesinden gelebilmek için spektrumun olabildiğince verimli kullanılması gerekmektedir. 5G için hayati öneme sahip olan 6 GHz altında yer alan spektruma mevcut spektrum tahsis yöntemleri ile erişmek oldukça zordur. Geleneksel spektrum yönetimi yaklaşımı ile spektrumun sunduğu olanaklardan yeterince yararlanmak mümkün değildir. Veri trafiğindeki artışı desteklemenin ne kadar önemli olduğu literatürde yer alan çeşitli çalışmalarda ortaya konulmuştur. Örneğin; İngiltere düzenleyici idaresi OFCOM, 2030 yılına kadar İngiltere'de mobil genişbant hizmetlere tahsis edilmesi planlanan spektrumun planlandığı gibi tahsis edilmesi halinde mobil veri trafiğinin 71 kat artacağını, bu tahsisin gerçekleşmemesi halindeyse en fazla 30 kat artabileceğini öne sürmüştür (OFCOM, 2016). Bu durum, işletmecilere (operatörlere) yeterli spektrum sağlanamamasına bağlı olarak, spektrum kullanımı ile ilişkili oluşacak ekonomiden mahrum kalma veya ülke ekonomisinin etkin bir şekilde yararlanmaması olarak okunabilecektir.

Bu sorunların üstesinden gelebilmek ve gelecekteki uygulamaların spektrum taleplerini karşılamak için, yenilikçi spektrum erişim teknolojileri geliştirilmesi ve kullanılması ve bu teknolojilerin etkinliğini en üst düzeye çıkarabilecek yeni düzenlemeler ve kurumsal çerçeveler benimsenmesi gerekmektedir (Park vd., 2014) Bu amaca yönelik olarak, dinamik spektrum erişimi ve kablosuz sistemler arasında spektrum paylaşımı dahil olmak üzere temelde yeni spektrum erişim paradigmalarının benimsenmesi gerekmektedir.

Bu kapsamda spektrum paylaşımı yaklaşımı hakkında ülkemizdeki mevcut durumun araştırılması ve uygulanabilirliğinin incelenmesi bir ihtiyaç haline gelmiştir. Spektrum herhangi bir yerde herhangi bir zamanda kullanılmadan atıl olarak kalması ekonomik ve sosyal kayıplar oluşturduğundan bu yönde bir çalışma yapılması ihtiyaç haline gelmiştir. Bu kapsamda spektrum paylaşımı konusunda ülkemizde hukuki ve teknik açıdan yapılması gereken değişiklikler ve ihtiyaçların analiz edilmesi gerekmektedir. Bu sebeple, çalışmada ülkemizdeki yerleşik mobil operatörlerin konuya yaklaşımı, talep ve önerilerinin değerlendirilmesi ve söz konusu yaklaşım ve taleplerin Avrupa ve dünyadaki diğer örnek uygulamalarla karşılaştırılması ve ülkemiz için bir model önerisi sunulması amaçlanmaktadır.

Bu çalışmada öncelikle spektrum kavramı incelenmiş, spektrumun önemi hakkında bilgilere yer verilmiştir. Ardından geçmişten günümüze spektrum yönetim paradigmalarındaki değişim incelenmiş ve spektrum yönetiminde benimsenen yeni yaklaşımlar ortaya konmuştur. Daha sonra spektrum paylaşımı yaklaşımı hakkında genel bilgiler verilmiş ve mevcut durumda uygulanmakta olan çeşitli spektrum paylaşımı modelleri incelenmiştir.

Ardından ülkemizde yerleşik bulunan üç ana mobil operatörün alan uzmanları ile odak grup çalışması kapsamında görüşmeler gerçekleştirilmiş olup, sektörün konuya yaklaşımı hakkında değerlendirmeler yapılmıştır. Bununla birlikte spektrum paylaşımı yaklaşımı hakkında Avrupa ve Amerika'da yenilikçi spektrum yönetimi uygulamaları incelenmiştir. Avrupa ülkelerinin mevcut güncel spektrum paylaşımı uygulamaları hakkında bilgi sahibi olmak için araştırma ve e-posta yolu ile yarı yapılandırılmış mülakat çalışması yapılmıştır.

Bahsi geçen çalışmalar kapsamında ülkemizde spektrum yönetiminde yeni bir bakış açısı geliştirilerek ekonomik, sosyal ve kültürel açıdan daha verimli spektrum paylaşımı uygulamalarının spektrumun daha verimli ve etkin kullanılabilmesi için ülkemizde uygulanabilirliği araştırılmıştır. Mevcut mevzuatta yapılabilecek değişikliklere ilişkin önerilerde bulunulmuştur. Ayrıca ilave bir öneri olarak spektrum paylaşım uygulamalarını mümkün kılacak teknik altyapının temel şeması oluşturulmuş ve çalışma mantığı açıklanmıştır.

2. SPEKTRUM ve ÖNEMİ

2.1. Spektrum Nedir?

Spektrum, kelime anlamı olarak renklerin, seslerin, elektromanyetik dalgaların ya da diğer fiziksel gerçeklerin, belli bir değer kümesi ile sınırlanmadan birbiri ardına süreklilik içinde sonsuz değişmesi durumudur (Cambridge Dictionary, 2021). Ses spektrumu, renk spektrumu gibi kullanımları bulunmaktadır. TDK (Türk Dil Kurumu)'ya göre spektrum "çeşitlilik" anlamına gelmektedir (TDK, 2020). Bu çalışmanın konusu olan spektrum kavramında ise elektromanyetik spektrumdan bahsedilmektedir. Elektromanyetik spektrum ya da elektromanyetik tayf tüm elektromanyetik dalga türlerinin aralığıdır. Evimizdeki bir lambadan gelen görünür ışık ve bir radyo istasyonundan gelen FM radyo dalgaları iki farklı tür elektromanyetik dalgaya örnek olarak gösterilebilir. Elektromanyetik spektrumu oluşturan diğer elektromanyetik dalga türleri mikrodalgalar, kızılötesi ışık, ultraviyole ışık, X ışınları ve gama ışınlarıdır (NASA, 2013).

Kablosuz haberleşme için kullandığımız frekanslar ise, elektromanyetik spektrumun yalnızca bir kısmıdır. Elektromanyetik spektrum bölümleri, dalga boylarına, yani dalganın şeklinin tekrar ettiği uzunluğa bağlı olarak "bandlar" halinde gruplandırılır.

Elektromanyetik spektrum, 3 Hz (ELF- Extremely Low Frequency - Son Derece Düşük Frekanslar) ile 300 EHz (exahertz)'e kadar uzanan gama ışınları arasında değişir. Kablosuz haberleşme için kullanılan kısım yaklaşık 20 kHz ile 300 GHz arasında değişmektedir. Radyo dalgaları olarak da adlandırılan bu frekans aralığındaki elektromanyetik dalgalar, modern teknolojide, özellikle telekomünikasyonda yaygın olarak kullanılmaktadır. Tablo 2.1'de Uluslararası Telekomünikasyon Birliği¹ (ITU-International Telecommunications Union) tarafından belirlenen frekans aralıklarının gruplanmasına yer verilmektedir.

¹ Uluslararası Telekomünikasyon Birliği, bilgi ve iletişim teknolojileriyle ilgili tüm konulardan sorumlu, Birleşmiş Milletler'in uzmanlaşmış bir kurumudur (ITU, 2011). 17 Mayıs 1865'te Uluslararası Telgraf Birliği olarak kurulmuş ve halen faaliyette olan en eski uluslararası kuruluşlar arasında yer almaktadır.

Tablo 2.1. Frekans Bandı Listesi (ITU, 2015)

Semboller	Frekans Aralığı
ELF (Extremely Low Frequency)	3- 30 Hz
SLF (Super Low Frequency)	30-300 Hz
ULF (Ultra Low Frequency)	300- 3000 Hz
VLF (Very Low Frequency)	3- 30 kHz
LF (Low Frequency)	30-300 kHz
MF (Medium Frequency)	300-3000 kHz
HF (High Frequency)	3-30 MHz
VHF (Very High Frequency)	30-300 MHz
UHF (Ultra High Frequency)	300-3000 MHz
SHF (Super High Frequency)	3-30 GHz
EHF (Extremely High Frequency)	30-300 GHz

2.2. Spektrumun Önemi

Radyo spektrumu, büyümeyi ve ekonomiyi desteklemek için kritik ve değerli bir kaynaktır (Basaure, 2015). Ekonomik, sosyal, kültürel ve bilimsel kullanım alanları mevcuttur. Mobil haberleşmeden televizyon yayınlarına, deniz ve hava haberleşmelerinden uydu uygulamalarına kadar her türlü kablosuz haberleşme için kullanılan spektrum, bu özelliği ile çok sayıda hizmetin temel girdisi konumundadır.

Akıllı telefonlar ve internet tabanlı uygulamaları olan cihazların popülaritesi nedeniyle mobil kablosuz iletişime olan talep, son on yılda hızlı bir büyümeye gerçekleştirmektedir. Radyo spektrumuna yönelik taleplerin daha yoğun hale gelmesi ve bütün bu kablosuz erişim ihtiyaçlarını karşılamak için, kıt bir kaynak olan spektrumun verimli bir şekilde kullanmak oldukça önemlidir (Kour vd., 2018).

Veri trafiğindeki artışı desteklemenin ne kadar önemli olduğu literatürde yer alan çeşitli çalışmalarda ortaya konulmuştur. Örneğin; OFCOM, 2030 yılına kadar İngiltere’de mobil genişbant hizmetlere tahsis edilmesi planlanan spektrumun planlandığı gibi tahsis

edilmesi halinde mobil veri trafiğinin 71 kat artacağı, bu tahsisin gerçekleşmemesi halindeyse ancak 30 kat artabileceğini öne sürmüştür (OFCOM, 2016). Bu durum, işletmecilere (operatörlere) yeterli spektrum sağlanamamasına bağlı olarak, spektrum kullanımı ile ilişkili oluşacak ekonomiden mahrum kalma veya ülke ekonomisinin etkin bir şekilde yararlanmaması olarak okunabilecektir.

5G ile birlikte kablosuz veri trafiğinde de ciddi artışlar beklenmektedir. Ericsson tarafından her yıl düzenli olarak yayımlanan Ericsson Mobilite Raporu (Ericsson, Q2-2021 Update)'na göre mobil veri trafik hacmi 2020 yılının 2. Çeyreği ile 2021 yılı 2. Çeyreği arasında yüzde 44 artarak aylık 72 eksabayt seviyesine ulaşmıştır (Ericsson, 2021). Söz konusu rapora göre trafik hacminde yaşanan bu artışın nedenleri arasında uzun vadede artan akıllı telefon abonelikleri ve video içeriklerinin daha fazla görüntülenmesinden kaynaklı abonelik başına artan ortalama veri hacmi yer almaktadır. Ek olarak, mobil veri büyümesi yalnızca akıllı telefon ve tablet kullanımından değil, aynı zamanda ulaşım, lojistik, otomotiv, sağlık, imalat, enerji, medya ve eğlence gibi sektörlerde artan makineden makineye (M2M) iletişimden de kaynaklanmaktadır (RSPG, 2013)

2.3. Spektrum Yönetimi

Spektrumu kıt kaynak yapan en önemli özellik bir frekans bandının aynı bölgede birden fazla haberleşme için kullanılmasının teknik olarak mümkün olmayışdır. Kullandıkça tükenmeyen bir kıt kaynak olan radyo spektrumunun etkin ve verimli kullanılmasını sağlamak adına “spektrum yönetimi” kavramı ortaya çıkmıştır.

Toplum tarafından radyo tabanlı teknolojilerin artan kullanımı ve bu teknolojilerin sağladığı sosyal gelişim için ortaya çıkan fırsatlar, radyo frekans spektrumunun ve ulusal spektrum yönetiminin önemini vurgulamaktadır. Teknolojinin ilerlemesi, sınırlı spektrum kaynağına olan talebi arttıran çeşitli modern spektrum uygulamalarını zorunlu kılmaktadır. Artan talep, spektrumun verimli kullanılmasını ve etkin spektrum yönetimi süreçlerinin uygulanmasını gerektirmektedir (Peha, 2009).

Diğer bir deyişle radyokomünikasyon, ulusal savunma, kamu güvenliği, televizyon yayıncılığı, ticari ve endüstriyel iletişim, havacılık ve denizcilik haberleşmesi, navigasyon

ve kişisel iletişim gibi artan sayıda hizmet için yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. Kablosuz haberleşme, kablolu haberleşmenin kullanılmadığı veya kesintiye uğradığı acil yardım veya doğal afet durumlarında ise hayati öneme sahiptir (ITU-R, 2015a).

Spektrumun verimli bir şekilde kullanılabilmesi için, hem ulusal düzenlemeler hem de uluslararası ITU Radyo Düzenlemeleri aracılığıyla koordine edilmesi ve düzenlenmesi gerekmektedir. Her ülkenin spektrum kaynağından tam olarak yararlanabilmesi, büyük ölçüde radyo sistemlerinin uygulanmasını kolaylaştıran ve minimum enterferansı sağlayan spektrum yönetimi faaliyetlerine bağlıdır. Minimum enterferans için, ülke idarelerinin yazılım tabanlı spektrum yönetim sistemlerinden yararlanması gerekmektedir (Weiss, vd., 2019). Enterferans, diğer adıyla elektromanyetik girişim, bir elektronik haberleşmeyi engelleyen, haberleşmede kesinti doğuran veya kalitesini bozan her türlü yayın veya elektromanyetik etki olarak tanımlanmaktadır. Farklı kullanıcılar arasında enterferansı önlemek için, radyo dalgalarının iletimi, ITU tarafından koordine edilen ulusal yasalarla sıkı bir şekilde düzenlenmektedir (ITU, 2008).

Bir spektrum yönetim sisteminin ne kadar etkin olduğu, genel olarak sistemin ulusal ihtiyaçları ne kadar iyi karşıladığı ve spektrum kullanıcıları olan vatandaşların ikamet ettikleri yerlerde ne kadar iyi istifade ettikleri ile ilgilidir (ITU-R, 2015a).

Ulusal spektrum yönetimi, genel olarak bir idarenin kendi coğrafi sınırları içinde radyo spektrumunun kullanımını kontrol ettiği yapılar, prosedürler ve düzenlemelerden oluşur. Uluslararası anlaşmalara göre, her ülke radyo spektrumunun kullanımını düzenlemede esnekliğe ve özerkliğe sahiptir. Her idare, spektrum yönetiminin görevlerini yerine getirmek için yasalarını ve organizasyonunu geliştirmek zorundadır. Spektrum kaynağının etkin yönetimi, ulusal otoritenin sorumluluğunu belirleyen başlıca kanun ve yönetmelikleri kapsamaktadır.

Bir spektrum yönetim sisteminin başarılı olması için amaç ve hedeflerinin tanımlı olması gerekmektedir. Ulusal mevzuatta belirtilen hedefler, sosyal ve ekonomik ilerlemeyi teşvik etmek için radyo spektrumunu kamu kurumları ve özel kullanımlar için kullanılabilir hale getirmek ve spektrumun verimli ve etkin kullanımını içermelidir.

Ulusal spektrum yönetimi, ulusal yasa, politika beyanları, radyo düzenlemeleri ve uzun vadeli bir spektrum planı ile yakından ilişkilidir. Ulusal spektrum yönetimi, kamu kuruluşlarının görevlerini yerine getirmeleri, kamu yazışmaları, özel ticari telekomünikasyon ve yayıncılık için kısa vadede ve uzun vadede yeterli spektrumun sağlanmasını içermelidir. Bunun dışında ayrıca araştırma, bilimsel kullanımlar ve amatör telsiz faaliyetleri için spektrum kullanımına yüksek öncelik verilmesi gerekmektedir (Haryadi, 2018).

Spektrum yönetimi ile ilgili ulusal hedefler aşağıdaki hususları içermelidir (Blackman & Srivastava, 2011; ITU-R, 2015a):

- Kişisel ve ticari kullanım için ülke çapında ve dünya çapında telekomünikasyon hizmetlerini etkin kılmak,
- Altyapının geliştirilmesinde ve haberleşme hizmetlerinin sağlanmasında yeniliği teşvik etmek,
- Güvenlik ve savunma dahil olmak üzere ulusal çıkarlara hizmet etmek,
- Can ve mal güvenliğini sağlamak,
- Suç önleme ve kanun yaptırımını desteklemek,
- Ulaşım için ulusal ve uluslararası sistemleri desteklemek,
- Doğal kaynakların korunmasını teşvik etmek,
- Eğitici, genel ve kamu yararına bilgi ve eğlencenin yayılmasını sağlamak,
- Bilimsel araştırmayı, kaynak geliştirmeyi ve keşifleri teşvik etmek,
- Kültürel mirasın yayılmasını ve ulusal ve bölgesel folklorun korunmasını teşvik etmek ve
- Dijital uçurumun azaltılmasını teşvik etmek

Bu hedeflere ulaşmak için spektrum yönetim sisteminin, radyo frekans bantlarını tahsis etmesi ve bu frekans tahsislerini kaydetmesi gerekmektedir. İlgili idareler tahsis edilen frekans bandına ilişkin teknik parametreleri, lisans kriterlerini ve bir frekans bandına kimin erişim yetkisine sahip olacağını ve ne amaçla kullanılacağı belirlemek için bir politika beyan dokümanı kullanabilmektedir. Politika beyanları aynı zamanda hükümet gündemi ile spektrum yöneticileri arasında bir bağlantı olabilmektedir. Telekomünikasyon sektörüne özel teşebbüslerin yatırımları için söz konusu politika beyanlarının istikrarı esastır.

Ulusal uzun vadeli bir spektrum planı, uzun vadeli ulusal gereksinimlerin analizine, teknolojinin evrimine ve spektrum yönetimi yeteneklerine dayalı olarak gelecekteki spektrum kullanımı için projeksiyon sağlamalıdır. Bu kapsamda ülkemizde, Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığınca sektördeki ilgili paydaşların görüşleri dikkate alınarak hazırlanan “Ulusal Genişbant Stratejisi ve Eylem Planı (2017-2020)” 11.12.2017 tarihli ve 2017/44 sayılı YPK (Yüksek Planlama Kurulu) Kararı ile kabul edilmiş ve 21 Aralık 2017 tarihli ve 30277 sayılı Resmi Gazetenin mükerrer sayısında yayımlanmıştır. Bu planla, “Genişbant Arzının Oluşturulması”, “Genişbant Talebinin Oluşturulması” ve “Hem Genişbant Arzının ve Hem Talebinin Oluşturulması” başlıklarındaki üç ayrı stratejik amaç altında yer alan stratejiler ve 25 adet eylem uygulamaya alınmıştır. Bu doğrultuda, genişbant altyapısına ve genişbantın kullanılmasına yönelik 2020 ve 2023 yılları için belirlenen ülkemizin genişbant hedeflerine ulaşılması ve nihai olarak “HER YERDEN HERKESE GENİŞBANT” ana hedefine varılması sağlanması hedeflenmektedir (UAB, 2017).

Milli Frekans Planı ise, kullanıcıların kendi hedeflerini belirlemeleri için çerçeve sağlayan, kilit bir unsurdur. Milli frekans planları ayrıca, spektrum yönetimi organizasyonunun gelecekteki gereksinimleri karşılamak için atması gereken adımları da belirtmelidir. Plan kamu yararına spektrum politikası değişiklikleri için önerilerde bulunabilir. Ülkemizde, Milli Frekans Planı, ITU ve CEPT (European Conference of Postal and Telecommunications Administrations) yayınlarına dayalı olarak, üretici, işletmeci/işletici, kullanıcı ve ilgili diğer kişi ve kuruluşların, frekans spektrumunun kullanım durumu hakkında bilgi edinebilmesi için ITU Region-1 ve ECA (Avrupa Ortak Planı)’nda uygulanan planlama dikkate alınarak hazırlanmakta ve yayınlanmaktadır (BTK, 2018b).

2.3.1. Türkiye’de Spektrum Yönetimi

Ülkemizde radyo spektrumu 5/11/2008 tarihli ve 5809 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan Elektronik Haberleşme Kanunu’nun “Kurumun görev ve yetkileri” başlıklı 6 ncı maddesinin (g) bendine yer alan;

“g) Elektronik haberleşme ile ilgili olarak Bakanlığın strateji ve politikalarını dikkate alarak, yetkilendirme, tarifeler, erişim, geçiş hakkı, numaralandırma, spektrum yönetimi, telsiz cihaz ve sistemlerine kurma ve kullanma izni verilmesi, spektrumun

izlenmesi ve denetimi, piyasa gözetimi ve denetimi de dahil gerekli düzenlemeler ile denetlemeleri yapmak.”

hükmü uyarınca BTK (Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu) tarafından düzenlenmekte ve denetlenmektedir. Kamu kurumlarına ve ticari işletmelere yapılan frekans tahsisleri BTK tarafından koordine edilir ve planlanır.

BTK, tarafından operatörlere spektrum tahsisinde genellikle bir spektrum ihalesi yönetimi kullanılır ve frekans bandları açık arttırma yoluyla ticari kullanım için tahsis edilir. Bu müzayedeler diğer tüm açık arttırmalarda olduğu gibi yapılır ve en yüksek teklifi verenler tarafından frekansların kullanım hakkı satın alınır ve söz konusu frekans kullanım ücretleri hazineye aktarılır.

2.4. Geçmişten Günümüze Spektrum Yönetimi Yaklaşımları

Spektrum yönetiminde geleneksel yaklaşım olan ‘yönet ve kontrol et’ yaklaşımı yakın zamana kadar tek yönetim biçimi olarak spektrum düzenleyici idareleri tarafından benimsenmiştir. Bu yaklaşıma göre çoğu bandın kullanımı belirli teknolojilere ve hizmetlere tahsis edilerek, bandların ikincil pazarlarda el değiştirmesi engellenmiştir. Bu yöntem az kullanıcı ve frekans kullanımının az olduğu durum ve zamanlarda kullanılan etkin bir yöntemdir. Yeni teknolojilerin ortaya çıkması ve kullanıcı taleplerdeki değişimlerle birlikte geleneksel yaklaşımın kullanılması, spektrum yönetiminin ana ilkesi olan spektrumun etkin ve verimli kullanımını belirli ölçüde sınırlanmış olup spektrum kullanımı üzerindeki kısıtlamaların kaldırılması ihtiyaç haline gelmiştir. Aksi takdirde, elektronik haberleşme sektöründe teknolojik buluşların yavaşlaması ve spektrumun verimsiz kullanımı söz konusu olacaktır. Bu bağlamda düzenleyici otoritenin rolünün azalması ve spektrumun nasıl kullanılacağına lisans sahibinin karar vermesinin teşvik edilmesi önerilmektedir (Prasad & Sridhar, 2013).

19. yüzyılın sonlarına doğru spektruma erişim ve spektrum erişim koşulları düzenlenmeye başlamıştır. Düzenleyici müdahale, radyo tabanlı hizmetlerin sayısının ve çeşitliliğinin artmasının bir sonucu olarak ortaya çıkan enterferans sorununun üstesinden gelmek için çok önemli görülmüştür (Durantini & Martino, 2013). Zamanla, radyo spektrumu yönetiminin üç ana nesli gelişmiştir. Söz konusu nesiller arasında tamamen bir

ayrışmadan ziyade aksine, bir arada uygulanmaları, çeşitli teknolojilerin ve hizmetlerin çeşitli ihtiyaçlarını karşılamasında fayda sağlamaktadır. Tablo 2.2’de üç nesil arasındaki bazı temel farklılıklara yer verilmektedir. Tablodan da görüleceği üzere, politika hedefleri ve düzenleyici yaklaşımlar açısından, özellikle tahsis prosedürleri ve spektrum erişimi ile ilgili olarak, üç nesil arasındaki bazı temel farklılıklar bulunmaktadır.

Tablo 2.2. Spektrum Yönetimi Nesillerine Genel Bakış

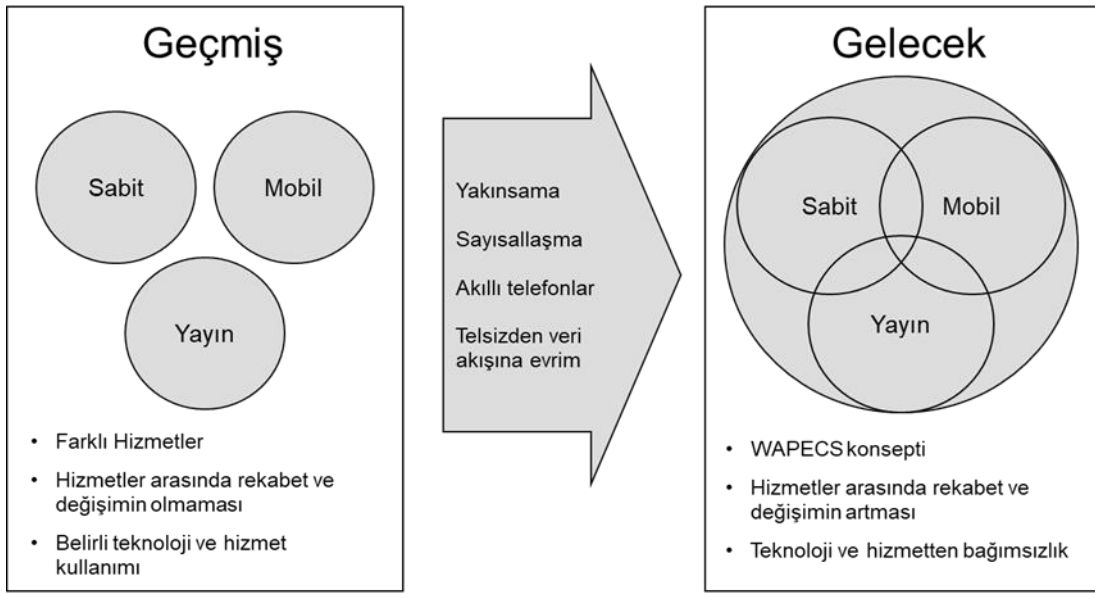
	<i>Birinci Nesil</i>	<i>İkinci Nesil</i>	<i>Üçüncü Nesil</i>
<i>Politika Hedefi</i>	Enterferanstan kaçınma Uluslararası harmonizasyon	Verimli tahsis (statik verimlilik)	Yenilik ve yatırım (dinamik verimlilik)
<i>Düzenleme Yaklaşımı</i>	İlk gelen alır Güzellik yarışması yaklaşımı	Market tabanlı ihaleler İkincil Ticaret	Teknoloji tabanlı kiralama Lisanstan muaf
<i>Spektrum Erişimi</i>	Bireysel özel erişim	Bireysel özel erişim	Bireysel paylaşımlı erişim Kısıtlamasız erişim

Kaynak:(Massaro, 2017)

Birinci nesil spektrum yönetimi yaklaşımı (idari yaklaşım) enterferans riskini en aza indirmeyi ve radyo spektrumunu uluslararası harmonize olarak kullanmayı hedeflemektedir. Uluslararası harmonize spektrum kullanımı teknolojilerin standardizasyonu ve ölçek ekonomilerinin cihaz üretiminde getirdiği faydalardan yararlanmak için spektrum düzenlemelerini başlangıcından itibaren teşvik edilmektedir (RSPG, 2014). Bu rejim idari temelli olup, merkezi planlama ve düzenleyici karar verme sürecinde kısıtlı esneklik sağlamaktadır.

İkinci nesil spektrum yönetimi yaklaşımında (pazar temelli yaklaşım), ana politika hedefi olarak statik verimliliği artırmak ve radyo spektrumunun daha verimli bir şekilde tahsisini garanti etmek benimsenmiştir. Radyo spektrumuna yönelik düzenleyici yaklaşım,

merkezi planlamaya odaklanmaktan ziyade pazar ihtiyaçlarını karşılamaya doğru eksen değişmiştir. Açık artırmalarla spektrum kullanım hakları tahsis edilmeye başlanmıştır ve lisanslar, rakip adaylar arasında ihale usulü ile verilmiştir. Bu yaklaşımda genel olarak, en yüksek parasal tutarı teklif eden teklif sahibi lisansı almaktadır. Açık artırma prosedürlerinin en önemli avantajı, lisansların en yüksek teklifi veren kullanıcılara tahsis edilmesidir ve bu kullanıcıların, spektruma en yüksek değeri veren kullanıcılar olması beklenmektedir (Cave, M., Doyle, C., 2007).



Şekil 2.1. Spektrum yönetimi yaklaşımlarındaki değişim (ITU, 2014)

Şekil 2.1’de betimlendiği üzere son yıllarda spektruma dayalı hizmetlerdeki arz ve talep değişimleriyle birlikte, bu değişimleri yansıtacak şekilde spektrum yönetimi politikası ve düzenlemelerinde ciddi şekilde değişiklikler meydana gelmiştir. Spektrum kullanımının hızla artmasıyla geleneksel modelden esnek modele (pazar tabanlı) doğru bir geçiş başlamıştır (Fitzgerald & Tenhula, 2011).

Üçüncü nesil spektrum yönetimi (teknoloji tabanlı yaklaşım) yaklaşımında ise odak önceki nesillerden farklı olarak teknolojik gelişim üzerinedir. Özellikle, AB ve ABD’deki politika belirleyici ve düzenleyici kurumlar, lisanslı bir temelde ortak erişime olanak sağlayacak yeni spektrum paylaşım düzenlemeleri üzerinde çalışmaktadır.

Carnegie Mellon Üniversitesi'nde yapılan ölçümlerde değerli spektrum kaynağının çoğunun herhangi belirli bir zamanda ve yerde boşta olduğunu göstermektedir. Eksiklik, çok az paylaşımına izin veren eski spektrum politikalarından kaynaklanmaktadır. Düzenleyiciler, spektruma özel erişim sunan lisanslar vermektedir. Lisans sahipleri iletim yapmadığında ise spektrum boşta kalmaktadır. 1920'lerin teknolojisi tarafından motive edilen bu politikalar bir zamanlar uygun olsa da günümüzde geçerliliğini yitirmektedir. Yeni teknoloji, uygun spektrum politikalarını benimsememiz koşuluyla, yenilikçi yeni ürün ve hizmetleri açığa çıkararak çok daha fazla spektrum paylaşımını mümkün kılacaktır (Peha, 2009).

Dinamik verimliliği teşvik etmek dünya çapında kamu politikası önceliği haline gelmiştir. OECD gibi uluslararası örgütlerin raporlarında da belirtildiği üzere büyüyen bir telekomünikasyon sektörü yalnızca doğrudan ekonomik ve sosyal büyüme sağlamakla kalmamakta, aynı zamanda ulaşım, ticaret ve inşaat endüstrileri gibi diğer endüstrilerin gelişimine de dolaylı olarak katkıda bulunmaktadır (Bauer, 2010).

3. SPEKTRUM PAYLAŞIMI

3.1. Spektrum Paylaşımı Nedir?

Radyo spektrumuna yönelik taleplerin daha yoğun hale gelmesiyle, kablosuz veri trafiğindeki büyümeyi hızlandıran bu benzersiz kaynağın olabildiğince verimli kullanılması önem kazanmıştır. Bu vizyonu gerçekleştirmek ve gelecekteki uygulamaların spektrum taleplerini karşılamak için, yenilikçi spektrum erişim teknolojileri geliştirilmesi ve kullanılması ve bu teknolojilerin etkinliğini en üst düzeye çıkarabilecek yeni düzenlemeler ve kurumsal çerçeveler benimsenmesi gerekmektedir (Park vd., 2014) Bu amaca yönelik olarak, dinamik spektrum erişimi ve heterojen kablosuz sistemler arasında **spektrum paylaşımı** dahil olmak üzere temelde yeni spektrum erişim paradigmalarının benimsenmesini gerekmektedir.

Spektrum paylaşımı, belirli bir coğrafi alanda bulunan birkaç bağımsız kullanıcı tarafından sabit bir radyo frekans kaynağının eşzamanlı kullanımı veya ortak kullanımudur. İlgili bağımsız kullanıcılar, lisanslı kullanıcı ya da diğer adıyla birincil kullanıcı ve ikincil kullanıcıdan oluşmaktadır. İkincil kullanıcılar tarafından lisanslı spektruma ikincil bir temelde erişim vardır. Birincil kullanıcıların spektrumlarına erişimde önceliğe sahiptir. Spektrum paylaşımı hem lisanslı hem de lisanssız bantta gerçekleşebilir (Yang vd., 2016). Spektrum paylaşımında, farklı erişim önceliklerine sahip kullanıcılar önceden tanımlı bir hiyerarşi içinde ortak bir kaynak olan spektrumu paylaşmaktadır. Spektrum paylaşımı, heterojen kablosuz ağların bir arada var olmasına ve aynı spektrum kaynağına dinamik bir şekilde erişmesine izin vermektedir (Zou, 2017). Spektrum paylaşımında, farklı erişim öncelikleri, hizmet kalitesi (QoS) gereksinimleri ve iletim özelliklerinden oluşan heterojen bir kablosuz sistem karışımının, birbirlerine zararlı enterferansa neden olmadan bir arada var olmalarını gerekmektedir.

Dünyanın dört bir yanındaki spektrum düzenleyicileri, ulusal spektrum kaynaklarını verimli bir şekilde yönetmenin önemini giderek daha fazla farkına varmaktadır. İdareler tarafından spektrumun verimli bir şekilde paylaşımını sağlayan esnek spektrum yönetimi çerçevelerini benimsemeye başlanmaktadır. Bu eğilim, yetersiz hizmet verilen alanlarda genişbant bağlantı talebinin karşılanmasında ve ayrıca yaklaşmakta olan beşinci nesil (5G)

eko-sistemlerinde gigabit kablosuz hizmetlere hazırlıkta önemli bir rol oynamaktadır. Bu bağlamda, radyo spektrumunun ortak kullanımının sürekli teşviki, spektrum kaynaklarının yeniden kullanılması için oldukça değerli bir araçtır ve yeni spektrum paylaşım düzenlemeleri yeni bağlantı ihtiyaçlarını karşılamanın etkili bir yoludur (Massaro, 2017).

Düzenleyici kurumlar spektrum paylaşımı yoluyla spektrum kullanım verimliliğini artırmak amacıyla çalışmalar yürütmekte ve bazı düzenlemeler yapmaktadır. Birleşik Krallık düzenleyici otoritesi OFCOM (OFCOM, 2015), Endüstri Kanada (IC, 2011), AB (EC, 2012b) ve RSPG (EC, 2021) yapmış oldukları çalışmalarda spektrum paylaşımını teşvik etmektedir. Spektrumun, Amerika Birleşik Devletleri (ABD)'nde önemli bir ekonomik büyüme etkeni olarak önemine, Ulusal Genişbant Planı'nda (National Broadband Plan-NBP) ve ABD Başkanı'nın Bilim ve Teknoloji Danışmanları Konseyi'nin (President's Council of Advisors on Science and Technology-PCAST) "Büyümeyi teşvik etmek için hükümetin sahip olduğu spektrum potansiyeli" başlıklı raporunda yer verilmektedir. Raporda yetersiz kullanılan federal hükümet **spektrumunun paylaşılması** ve 1000 MHz'lik federal spektrumun bu amaç için belirlenmesini tavsiye edilmektedir (PCAST, 2012).

3.1.1. Spektrum Paylaşımı Uygulamaları ve Düzenlemelerine Genel Bakış

Bazı spektrum paylaşım biçimleri uzun süredir uygulanmasına rağmen, spektrum erişimi düzenlenmeye başladığından beri, daha gelişmiş radyo ekipmanı ve rafine edilmiş teknik ve operasyonel koşullar, spektrum paylaşımının yeni yolları için fırsatlar oluşturmaktadır (Cave & Webb, 2012). Özellikle, AB ve ABD'deki düzenleyici kurumlar, lisanslı bir temelde paylaşımli erişimi mümkün kılacak yeni spektrum paylaşımı düzenleme biçimleri üzerinde çalışmaktadırlar. AB'de, spektrum paylaşımına uygun radyo frekansı bantlarının belirlenmesi, Radyo Spektrum Politika Programının (RSPP) temel hedeflerinden birisidir (EC, 2012b). AB'de, iki alternatif paylaşım yaklaşımı teşvik edilmektedir: Spektrumun Toplu Kullanımı (Collective Use of Spectrum-CUS) ve LSA (License Shared Access-Lisans Paylaşımli Erişim). Bu iki yaklaşım arasındaki temel fark, uygulanan yetkilendirme türü ile ilgilidir. Hizmet sağlayıcılar, CUS yaklaşımı kapsamında genel bir yetkilendirme türüne ve LSA yaklaşımı kapsamında ise bireysel bir yetkilendirme türüne tabidir (RSPG, 2011). Genel yetkilendirme türünde, spektrum, bireysel bir lisans alınmadan kullanılabilir. Önceden tanımlanmış koşullara uyum garanti edildiği sürece herkes belirli bir

spektrum bandına erişebilir. Bununla birlikte, enterferansa karşı hiçbir koruma talep edilemez ve kullanıcılardan kendi kendilerini koordine etmeleri istenmemektedir.

Ülkemizde CUS yaklaşımı çerçevesinde lisans alınmadan kullanılacak frekans bandları, 7/11/2018 tarihli ve 30608 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan “Frekans Tahsisinden Muaf Telsiz Cihaz ve Sistemleri Hakkında Yönetmelik” (FTM Yönetmeliği) kapsamında BTK tarafından düzenlenmektedir (BTK, 2018a).

3.2. 5G’de Spektrum Paylaşımının Önemi

5G ile birlikte milyarlarca makine tipi M2M (machine-to-machine) cihazın veriyi algılamak, toplamak ve iletmek gibi görevler için hayatımıza girmesi beklenmektedir. Geleneksel insandan insana (human-to-human-H2H) haberleşmeden farklı olarak M2M haberleşme düşük mobilite, seyrek iletim ve düşük veri boyutu gibi özelliklere sahiptir. Düzensiz ve bozuk veri iletim trafik desenleri ve spektrum kıtlığı göz önünde bulundurulduğunda M2M haberleşme ihtiyaçları için özel ağ kurmak ve spektrum tahsis etmek oldukça maliyet-verimsiz bir yaklaşımdır. Bu soruna alternatif çözüm ise mevcut H2H ağları ile M2M ağlarını entegre etmek ve az kullanılan spektrum kaynaklarını paylaşmalarını sağlamaktır (Zhou vd., 2020). Bu yeni spektrum paylaşım yaklaşımı sayesinde 5G ağların ihtiyaçları karşılanması sağlanabilecektir.

Standartlaştırma çalışmaları halen devam eden 5G teknolojisi, mevcut ağ teknolojilerine kıyasla yüksek veri kapasitesi, yüksek veri hızı, düşük gecikme süresi, yüksek güvenilirlik, büyük cihaz bağlantısı, mobilite ve düşük enerji tüketimi gibi çeşitli bağlantı ihtiyaçlarını karşılayacak gelişmiş özelliklere sahip olacaktır (ITU-R, 2015b). Söz konusu bağlantı ihtiyaçlarını karşılamak için 5G ağlarının hem makro hem de küçük hücreler (small cells), çoklu giriş çoklu çıkış (MIMO-Multiple-Input Multiple-Output) teknolojisi ve yüksek kapasiteli backhaul taşıyıcıları da içerecek şekilde oldukça heterojen olması beklenmektedir (ITU-R, 2015b). 5G ağlarının heterojenliği özellikle 1 GHz’in üstündeki ve 6 GHz’in altındaki frekans bandlarında desteklenmektedir (5GObsevatory, 2021)

Diğer taraftan, düşük frekans bandları ise sağlam performans gerektiren uygulamalara destek verebilecek yayılma özelliklerine sahiptir. Bununla birlikte yüksek frekans bandları

ise kısa mesafelerde de olsa daha yüksek veri kapasitesinin iletilmesini sağlar. Yüksek band genişliği ve küresel harmonizasyon yüksek frekans bandlarının çekici olmasını sağlayan iki ana nedendir. Özellikle 20 ile 300 GHz arasındaki milimetre dalga aralığındaki yüksek frekans bandları, trafik talebinin çok yüksek olduğu belirli alanlarda yüksek veri hızı, düşük gecikme süresi ve yüksek kapasite gibi bağlantı ihtiyaçlarını desteklemek için bitişik ve geniş band genişlikleri sağlamaktadır (5G Americas, 2019). Daha yüksek frekans bandlarındaki bloklarının genişliği en az 100 MHz iken, düşük bandlardaki spektrum bloklarının genişliği genellikle 5-10 MHz'dir. Bunlara ek olarak yüksek frekans bandları küresel harmonizasyonla birlikte beraberinde bazı fırsatlar sunmaktadır. Bunlar ölçek ekonomisiyle birlikte cihaz imalatında, cihaz karmaşıklığının azaltılmasında ve sınır dışı enterferans problemlerinin azaltılmasında katkı sağlamaktadır.

6 GHz altı spektrumda mobil geniş bant hizmetleri için bitişik spektrum bulmak zordur. 6 GHz altı spektrumu, mobil genişbant hizmetleri de dahil olmak üzere çeşitli genel ve ticari kullanımlar için kullanıldığından özellikle oldukça kalabalıktır. Mobil geniş bant hizmetleri için kullanılan 6 GHz altı spektrum küresel olarak uyumlu hale getirilmemiştir (ITU-R, 2012). Bununla birlikte söz konusu spektrumun uygunluğu ve band genişliği miktarı bandlar ve ülkeler arasında farklılık göstermektedir. Spektrum parçalanması, 5G'nin belirli kullanım durumlarının bağlantı ihtiyaçlarını karşılamasını engelleyebilmektedir. Spektrum oldukça parçalanmış olduğu bu gibi durumlarda re-farming (yeniden düzenleme) uygun bir çözüm olmaktan çıkmaktadır (Cave, M., Doyle, C., 2007). Spektrumdaki mevcut kullanımları boşaltmak, beklenenin aksine makul olmayan maliyetli ve zaman alıcı bir süreçle sonuçlanmaktadır (Khun-Jush & Bender, 2012). Aynı zamanda, bazı çalışmalar 6 GHz altı spektrumun bazı kısımlarının normalden az kullanıldığını göstermektedir (Kim vd., 2020). Politika yapıcılar ve otoriteler 6 GHz'in altındaki spektruma zamanında erişmenin potansiyel etkili yolu olarak spektrum re-farminge alternatif olarak yeni **spektrum paylaşım düzenlemelerini** tercih etmektedirler (Simon Forge, 2012). Lisans muaf paylaşımli erişime ek olarak, yeni lisans paylaşımli erişim kavramı, özellikle Avrupa Birliği ve Amerika Birleşik Devletleri'nde gündeme gelmiştir (EC, 2012a)

Spektrum Ticareti ile Kiralanması ve Spektrum Paylaşımı İlişkisi

Spektrum ticareti spektrum paylaşımından farklı olarak, spektrum kullanım hakkı sahiplerinin bu haklarını ikincil pazarlarda alıp-satması, yani spektrum kullanım haklarının bir taraftan diğer bir tarafa aktarılması olarak tanımlanabilir. Spektrum ticareti temel olarak, spektrum kullanımına ilişkin hak ve yükümlülüklerin tamamının veya bir kısmının düzenleyici çerçeve kapsamında devredilmesi veya kiralanması yoluyla yapılabilmektedir.

Spektrum kiralamasında ise bir operatör, sahip olduğu kullanım hakkını; başka bir operatörün kullanımı için yetkilendirildiği süreden az olacak şekilde belirli bir süreliğine kiralayabilir. Bu süre içerisinde, kiralayan söz konusu spektrumdan elektronik haberleşme hizmeti verebilir kiralanan spektruma ilişkin tüm hak ve yükümlülükler (kullanım hakkı vb. ücretlerin ödenmesi, zararlı enterferans oluşturmama gibi) kiralayanda kalır, kiralanan devredilmez. Kiralanan operatör, kiraladığı spektrumu başka bir operatöre kiralayamaz.

3.2.1. Avrupa Birliği'nde Spektrum Paylaşımı

Bu bölümde Avrupa Birliği (AB)'nde spektrum paylaşımına yaklaşım ile ilgili gelişmeler ve düzenlemeler ele alınmıştır. AB'de elektronik haberleşmeye ve bu kapsamda radyo spektrumuna ilişkin düzenlemeler, AB'nin yürütme organı Avrupa Komisyonu tarafından gerçekleştirilmektedir. 17.12.2018 tarihli ve L/321/36 sayılı AB Resmi gazetesinde yayınlanan Avrupa Elektronik Haberleşme Kanunu (European Electronic Communications Code -EECC)'nin Spektrum Yönetimi başlıklı 45 inci maddesinin 2 inci fıkrasının e bendinde; *“rekabet kanununa uygun olarak spektrumun benzer ve farklı kullanıcılar arasında paylaşımli olarak kullanımını teşvik etmek”* hükmü yer almaktadır. Bu kapsamda Avrupa Komisyonu (European Commission-EC) Radyo spektrumu Politika Grubu (Radio Spectrum Policy Group-RSPG) 2020 ve Ötesi İş Planına **spektrum paylaşımı** başlığı altında yeni bir iş kalemi eklemeye karar vermiştir (EC, 2020). Söz konusu iş planında RSPG, ayrıca Birlik'te spektrum paylaşımının şimdiye kadar oldukça statik ve muhafazakar bir şekilde uygulandığını ve özellikle radyo spektrumunun daha verimli kullanımını sağlama ve yenilik için teşvik verme potansiyeli açısından geliştirilmesi gerektiğini vurgulamaktadır. RSPG İş Programına göre, özellikle test ve denemeler (korunmalı alanlarda), öncü senaryolar/bantlar, yeni lisanslama biçimleri ve stratejik odaklama teşvik edilerek, veritabanlarını kullanan yöntemler ve Lisanslı Paylaşımli Erişim

(LSA) de dahil olmak üzere spektrum paylaşımını iyileştirme ve yenilikçi paylaşım çözümlerini uygulama yolları araştırılması teşvik edilmektedir. Buna ek olarak Program, üye devletlere katma değer getiren AB düzeyinde eşgüdümlü eylemler için somut önerilerde bulunmak amacıyla yapay zeka dahil olmak üzere kullanılabilir yöntemler için geliştirme ve pazar fırsatlarının incelenmesi gerektiğini öngörmektedir.

3.2.1.1. Uygulama Örnekleri

Bu bölümde AB ülkelerinde uygulaması olan bir takım spektrum paylaşım uygulamalarına ilişkin örneklere yer verilmiştir.

İngiltere

İngiltere düzenleyici idaresi OFCOM 2019'da daha geniş bir kullanıcı kitlesinin ortak bir temelde radyo spektrumuna erişmesini kolaylaştırmak için yerel lisanslama yoluyla iki yeni lisans türünü içeren, “kablosuz inovasyonu etkinleştirme” başlıklı bir bildiri yayınlamıştır (OFCOM, 2019). Söz konusu yeni verilecek paylaşımlı lisanslarla birlikte, mobil operatörlere tahsisli frekanslar, mobil operatörlerin kullanmadıkları bölgelerde yeni kullanıcılara tahsis edilebilmektedir. Sunulan yeni frekans bantlarının üretim, işletme, lojistik, tarım, madencilik ve sağlık gibi bir dizi sektörde büyümeyi ve yeniliği desteklemesi beklenmektedir.

Yerel Erişim Lisansı olarak da adlandırılan bu lisanslar, mobil operatörlere halihazırda tahsisli olan ancak önümüzdeki üç yıl içinde belirli bir alanda kullanılmayan veya kullanılması planlanmayan spektruma erişim sağlamaktadır. Yeni tahsis yönteminde yeni bir lisans için OFCOM'a başvuru yapılmakta ve mobil operatör makul bir itirazda bulunmaz ve başvuru uygun bulunursa, lisans başına 950 £ olarak belirlenmiş düşük bir miktar ödenerek talep edilen spektrum üç yıl boyunca kullanmalarına izin verilmektedir.

OFCOM'a göre bu frekanslar mobil ticaret düzenlemelerinde yer alan bütün frekansları kapsayacak olmakla birlikte mevcut durumda sunulan frekanslar aşağıdaki gibidir:

- 791-821 MHz ile 832-862 MHz (“800 MHz frekans bandı”);

- 880-915 MHz ve 925-960 MHz (“900 MHz frekans bandı”);
- 1452-1492 MHz (“1400 MHz frekans bandı”);
- 1710-1781.7 MHz ve 1805-1876. 7 MHz (“1800 MHz frekans bandı”);
- 1900-1920 MHz (“1900 MHz frekans bandı”);
- 1920-1980 MHz ve 2110-2170 MHz (“2100 MHz frekans bandı”);
- 2350-2390 MHz (“2300 MHz frekans bandı”);
- 2500-2690 MHz (“2600 MHz frekans bandı ”) ve
- 3410-3600 MHz (“3. 4 GHz frekans bandı”).

Çekya

Çekya’da kablosuz teknolojilerin internet bağlantısını ve telekomünikasyonu kolaylaştırmadaki rolü oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Çeşitli SRD (Short Range Devices-Kısa Mesafeli Cihazlar) ve RLAN (Radio Local Area Network-Kablosuz Yerel Ağ Bağlantısı) teknolojileri (özellikle IEEE 802.11 ailesi), genel yetkilendirmeye dayalı olarak kendi kendine koordineli kullanım için halihazırda tasarlanmıştır. Ancak, daha sıkışık bölgelerde ve farklı teknolojilerin birlikte kullanıldığı alanlarda spektrum kullanımının verimliliği arttırmak için ilave bir yaklaşıma ihtiyaç duyulmuştur. Bu nedenle Çekya idaresi, hafif lisanslama (light licensing) ile ilgili veri tabanı destekli birkaç ulusal proje yürütmektedir. 5.8 GHz bandında WAS(Wireless Access Systems)/RLAN sistem bildirimine ilişkin ilk kamuya açık olmayan deneme portalı 2018’de çeşitli uygulamalar paylaşımlı kullanım şartıyla (SRD, ISM, uydu hizmeti, radyo konum hizmeti ve diğerleri) başlatılmıştır. Birlikte kullanımı yönetmek için portal, bina dışı alanlarda WAS/RLAN erişim noktalarının sistem bildiri için (genel yetkilendirme) olarak tasarlanmıştır. Bazı önemli istasyonları enterferanstan korumak ve paylaşım alanı dışında tutmak için ek olarak uzaktan otomatik radyo spektrum algılama sistemi uygulanmıştır. Söz konusu sistemin 2021 yılında bütün kullanıcılara açılması planlanmaktadır (RSPG, 2021).

2018 yılında Çekya yönetimi, 57-66 GHz bandının (60 GHz) radyolink sistemlerine ek olarak MGWS/WiGig (802.11 ailesi) ile birlikte iki farklı teknoloji tarafından ortak kullanımına ilişkin koşulların hazırlanmasına da başlamıştır. Ancak çeşitli çalışmaların gösterdiği üzere, bu tür bir kullanım, sıkışık alanlarda enterferans riskine neden olması muhtemeldir. Bu nedenle Çekya idaresi, bant koordinasyonu konusunda yeni bir web portalı aracılığıyla hafif lisanslamaya (light licensing) dayalı bir yaklaşım geliştirmeye karar

vermiştir. Bu kapsamda 60 GHz bandının kullanımı için yeni koşullar Ocak 2020'de yeni bir genel yetkilendirme türü olarak yayınlanmıştır. Söz konusu portal, 60 GHz bandındaki kullanıcıların birbirleriyle iletişim kurmasını (mesajlaşma yoluyla) ve örneğin teknik konfigürasyonları en iyi şekilde planlayarak ve yeni kurulan istasyonlarını yöneterek adımlarını koordine etmelerini sağlamak için tasarlanmıştır. 60 GHz bandındaki kullanıcılar istasyonlarının coğrafi konumlarını seçebilmekte ve anten konfigürasyonlarını belirleyebilmektedir. Genel amaç, 60 GHz bandının kullanımı için, kullanıcıların karşılıklı koordinasyon yoluyla olası zararlı enterferansı çözebilecekleri ve kendi kendini düzenleme temelinde anlaşmaya varabilecekleri koşullar yaratmaktır. İkinci olarak, portal aracılığıyla toplanan veriler, radyo spektrumunun etkin bir şekilde denetlenmesine ve yönetilmesine izin vermesinden dolayı düzenleyici idare için önemlidir.

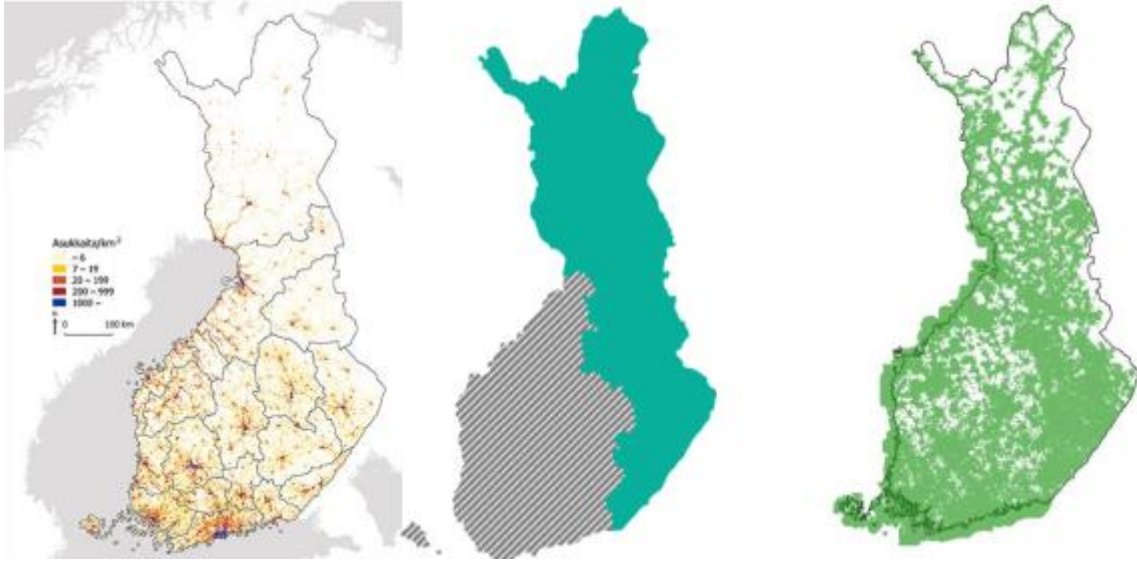
Danimarka

2012 yılında Danimarkalı mobil ağ operatörleri Telenor ve Telia, "TT-netværket" ("TT Ağı") adlı ortak bir şirkette ülke çapında fiziksel RAN altyapısının (direkler ve antenler) ve frekans kaynaklarının paylaşımını içeren bir ağ ve RAN paylaşım anlaşması imzaladılar. Taraflar, farklı hizmetlerin ve müşteri verilerinin tanımlandığı ilgili mobil ağlarının (yani çekirdek ağların) "akıllı" kısmını ve ayrıca bireysel iletim kapasitelerinin bazı kısımlarını paylaşım anlaşması dışında tutmuşlardır. Taraflar, hem toptan hem de perakende pazarlarda ayrı mobil operatörler olarak kalmaya devam etmişlerdir. Danimarka Rekabet Konseyi, Telenor ve Telia arasındaki ağ ve RAN paylaşım anlaşmasının, operatörlerin bireysel işletmeleri için daha iyi ve daha verimli bir ağ oluşturduğunu belirtmiştir. Tarafların ağlarındaki gelişmiş kapsama ve farklı teknolojilerin kullanılabilirliği tüketiciler için faydalı olarak kabul edilmiştir.

Bununla birlikte, Danimarka Rekabet Konseyi, işbirliği anlaşmasının bazı pazar fiyatları için rekabete karşı bir etkisi olabileceği sonucuna varmıştır. Altı özel konu rekabet karşıtı endişelere yol açmıştır ve bu endişeler Telenor ve Telia tarafından sunulan taahhütlerle çözülmüştür. Danimarka Rekabet Konseyi'nin kararı (ağ ve RAN paylaşım sözleşmesinin tanımı, yasal değerlendirme ve taraflarca sunulan taahhütler) hakkında daha fazla bilgi Danimarka Ulusal Rekabet Kurumu'nun web sitesinde mevcuttur (Danish Competition and Consumer Authority, 2012).

Finlandiya

Finlandiya'da üç ana kamu mobil ağ operatörü bulunmaktadır: Elisa, DNA ve Telia. 2014 yılında Finlandiya hükümeti DNA ve Telia'nın Doğu ve Kuzey Finlandiya'da ortak bir ağ kullanmasına izin vermiştir. Düzenlemenin amacı, yasaların asgari olarak talep ettiği 2 Mbits/sn'den çok daha yüksek bit hızı sağlayarak, nüfus yoğunluğunun düşük olduğu bölgelerde telekomünikasyon hizmetlerini iyileştirmektir. Anlaşmaya göre Finlandiya'nın tamamında, 2 operatörün ağı nüfusun en az %80'ini kapsamaya öngörülmektedir. Söz konusu Ortak ağ 2G/3G/4G bantlarında çalışmaktadır. Söz konusu ortak şebeke yüksek hızlı bağlantı sağlamakta ve spektrum havuzunun kullanılmadığı Güney ve Batı Finlandiya'ya göre çok daha eşzamanlı kullanıcı sayısı düşük olduğu için hizmet kalitesini daha yükselttiği görülmüştür.



Şekil 3.1. Finlandiya spektrum paylaşımı uygulaması (RSPG, 2021)

Şekil 3.1'de solda, Finlandiya'da nüfus yoğunluğu (/km²); ortada, spektrum havuzuna izin verilen Doğu ve Kuzey Finlandiya'daki (ülke alanının %50'sini ve ülke nüfusunun %15'ini kapsayan) ortak mobil ağ alanını ve sağda ise Finlandiya'da mobil ağ kapsama alanı (> 30 Mbit/s) görülmektedir.

3.4 - 3.8 GHz frekans bandında (3410 - 3800 MHz) üç operatörün her biri 130 MHz spektruma sahiptir ve kendi ağları ülkenin en az %35'ni kapsadığı sürece spektrum kaynaklarını birleştirmelerine izin verilmektedir.

Fransa

Fransa, yerleşik radyolink hizmetlerini yeni WAS/RLAN cihazlarından korumak için 6 GHz bandında bir coğrafi konum veri tabanı çözümü için blok zinciri (blockchain) kullanan bir kavram kanıtı geliştirmektedir. Bu çözüm, yerel olarak mevcut kanallar ve ilgili kullanım koşulları hakkında kamuya açık olması gerekmeyen ayrıntılı veriler ile bu verileri kullanması gerekli olan cihazlar arasında bir arayüz görevi görmektedir. Söz konusu arayüz, diğer frekans bantlarındaki diğer paylaşım senaryoları için de kullanılabilir olacaktır.

6 GHz bandı için planlanan yaklaşım kapsamında, korumaya ihtiyaç duyan her radyolink alıcısı için, belirli özellikleri (anten yüksekliği, anten modeli, bağlantı azimutu, vb.) dikkate alınarak bir dizi “koruma bölgesi” tanımlanmaktadır. Koruma bölgesi, RLAN gücü ve anten yükseklik aralığının fonksiyonu olarak hesaplanan coğrafi konumlu bir alandır.

Bunun dışında, Fransa'da, 2019'daki özel bir etkinlikte ilk kez blockchain konseptini kullanan bir veritabanı çözümü kullanılmıştır. Merkezi olmayan bir şekilde kanalların bireysel mikrofon kullanıcılarına atanmasına izin verilmiştir. Blockchain, etkileşimlerin şeffaflığını ve izlenebilirliğini sağlamaktadır. Bu teknolojinin kullanılmasındaki temel fayda makineler arası iletişimde işlenen verilerin güvenilirlik düzeyi ile ilgilidir.

İtalya

Nisan 2016'da İtalya düzenleyici otoritesi AGCOM, kablosuz geniş bant sistemleri için LSA (License Shared Access) hakkında bir kamuoyu görüşü dokümanı yayınlamıştır. LSA hakkında detaylı bilgiler çalışmanın 3.3.'üncü bölümünde yer almaktadır. Kamuoyu görüşü ile birlikte AGCOM: bir yandan piyasa oyuncularının spektrum kullanımında verimliliği artırmak için LSA'ye olan ilgisini doğrulamak ve diğer yandan, LSA paylaşım çerçevesinin tanımlanmasındaki temel faydalar ve LSA paydaşlarının rolü ve ana sorumlulukları, paydaşlar için uygulamadan kaynaklanan ana fırsatlar, LSA'in benimsenmesi için olası teşvikler, LSA yaklaşımını sağlayan teknolojilerin olgunluğu ve ticari kullanılabilirliği ve

LSA'yı uygulamak için gerekli sistem mimarileri ve teknik özellikler dahil olmak üzere potansiyel konular hakkında araştırma yapmayı amaçlamıştır. Fakat kamuoyu görüşüne sunulan belge için bir başvuru talebi ortaya çıkmamıştır (RSPG, 2021).

AGCOM, ayrıca 26 GHz frekans bandında “club use” yaklaşımı spektrum kullanımında esnekliği artırmak için, bu bantta spektrumun bireysel ancak münhasır olmayan kullanım hakları verilmesini yürürlüğe koymuştur. “**Club use**” olarak adlandırılan bu modele göre, 200 MHz'e sahip 5 lisans sahibinin her biri, frekansların diğer lisans sahipleri tarafından kullanılmadığı alanlarda verilen tüm spektrumunu (1 GHz'e kadar) dinamik olarak kullanabilmektedir. Bu amaçla, lisans sahipleri maliyetleri orantılı olarak paylaşarak ticari olarak makul ve ayrımcı olmayan anlaşmalar yapabilmesinin önü açılmıştır. Her lisans sahibinin kendisine tahsis edilen 200 MHz bloğu üzerinde öncelikli kullanım hakkı vardır. Ayrıca, lisans sahipleri, zararlı enterferansı önlemek için kullanımları yönetme görevini güvenilir bir üçüncü tarafa verme hakkına sahiptir. Club use modeli 26 GHz bandında bantta bir arada çalışabilirliği sağlamak için kendi aralarında koordine edilmesi gereken önceden tanımlanmış sayıda lisans sahibi seçildiği ve ulusal düzenleyici tarafından getirilen bir spektrum paylaşım yaklaşımıdır.

Hollanda

Hollanda, LSA sistemi kapsamında ilk adım olarak kabul edilebilecek, Savunma Bakanlığı tarafından da kullanılan 2.3 - 2.4 GHz bandında PMSE (Programme Making and Special Events) için bir çevrimiçi tahsis sistemi uygulamıştır. Bu tahsis sisteminin asıl amacı, spektrum tahsislerini yapmak için teslim süresini kısaltmak ve enterferans sorunlarını azaltmaktır. Hollanda kurduğu bu sistemle bu hedefe ulaşılmıştır. LSA tabanlı sistem, PMSE sektörü için zorunludur ve bu banttaki PMSE kullanıcılarının lisanslarına dahil edilmiştir. 2.3- 2.4 GHz bandındaki diğer mevcut kullanıcılar olan hükümet kullanımı ve radyo amatörlerinin de sisteme dahil edilerek sistemin daha da geliştirilmesi hedeflenmektedir.

Portekiz

Portekiz'de “LSA Spektrum Paylaşım Modeli Çalışması”, Portekiz idaresi ANACOM ve bir dizi stratejik ortağı içerecek şekilde 2018'de başlatılmıştır.

Çalışma, 2,3 - 2,4 GHz bandındaki LSA'yi ve alternatif spektrum yönetimi senaryolarını ve modellerini analiz etmek amacıyla yapılmıştır. Ana hatlarıyla belirtilen metodolojik yaklaşım, LSA spektrum paylaşım modelinin uygulanmasıyla spektrum kullanımı ile ilişkili süreçlerdeki teknolojiler ve çeşitli aktörler arasındaki ilişkiler hakkında sağlam bir deneysel temelden bilgi edinmeyi ve keşfetmeyi amaçlamaktadır.

Bu bağlamda, özellikle bir amaç, PMSE ve mobil sistemlerin, belirli özellikleri göz önüne alındığında 2.3-2.4 GHz bandında bir arada bulunup bulunamayacağını, hangi biçimde ve ne ölçüde bir arada bulunabileceğini değerlendirmektir. Çalışma sonucunda pilot ağ kullanılarak mobil terminaller arasında başarıyla aramalar yapılmış ve ayrıca uygulanan tüm kontrol mekanizmalarının beklendiği gibi çalıştığı doğrulanmıştır. Bunlar, televizyon operatörü daha önce mobil ağ tarafından işgal edilen spektrumu kullanma niyetini belirttiğinde mobil ağın bağlantısının kesilmesi ve ayrıca televizyon operasyonları sona erdiğinde mobil ağın yeniden bağlanması gibi senaryoları içermektedir.

Slovenya

Slovenya'da, altyapı rekabetini sınırlamayan bir çerçevede dinamik spektrum paylaşımı da dahil olmak üzere aktif paylaşım ve frekans havuzuna izin verilmektedir. Örneğin, bazı zorlu alanlarda ağ yoğunlaşması olduğu ve pasif paylaşımın yeterli olmadığı durumlarda, aktif ekipmanın paylaşımına ve frekans havuzuna izin verilmektedir.

26 GHz frekans bandı havuzu için dinamik spektrum paylaşımı da dahil olmak üzere aktif paylaşım, lisans sahibinin kendisine tahsisli bantlarda öncelikli kullanım hakkı olması şartı ile her yerde izin verilmektedir. Spektrum paylaşımının Slovenya'da başka bir kullanım alanı ise, spektrumun bir kısmının yerel bir internet servis sağlayıcısı tarafından kullanıldığı, geri kalanının ise 3,4 – 3,8 GHz bandında olduğu gibi ulusal bazda açık artırmaya çıkarılacağı frekans bantlarındadır. Tüm lisans sahiplerinin hizmet kalitesine ilişkin öngörülen tüm ihale koşullarını ve kullanıcı deneyiminin kalitesini düşürmeyecek şekilde yerine getirmeleri halinde spektrum paylaşımı ile ulusal operatör daha büyük bir bitişik blok kullanabilmektedir.

3.2.2. ABD’de Spektrum Paylaşımı

Amerika Birleşik Devletlerinde, spektrum daha verimli kullanımını geliştirmek ve kablosuz veri trafiğindeki artışı desteklemek için yeterli spektrumu sağlamak amacıyla FCC (Federal Communications Commission), 3.5 GHz Citizens Broadband Radio Service (CBRS) hizmetini hayata geçirerek ülke çapında dinamik spektrum paylaşımının yolunu açmıştır (FCC, 2019).

Söz konusu uygulama aynı zamanda son birkaç yılda spektrum yönetim paradigmasının, hem kamusal hem de özel ihtiyaçları güvenli bir şekilde karşılamak için spektrumun dinamik olarak paylaşılabilmesi gerçeğinin bir kabulü olarak görülmektedir (FCW, 2019)

3.5 GHz bandı, ABD’de Savunma Bakanlığı, sabit uydu sistemleri ve bazı kablosuz ISP’ler (Internet Service Provider) tarafından kullanılmakta olsa da herhangi bir anda bantdaki 150 MHz’lik kullanılabilir spektrumun yalnızca bir kısmı kullanılmaktadır. Devlet ve ticari kullanım için bu banttaki spektrumu güvenli bir şekilde paylaşabilmek adına FCC, bir Spektrum Erişim Sistemi (SAS-Spectrum Access System) tarafından yönetilen ve uygulanan üç katmanlı bir spektrum erişim çerçevesi geliştirmiştir. SAS, spektrum kaynaklarının gerçek zamanlı olarak dinamik, güvenli ve verimli tahsisini, yönetimini ve paylaşımını sağlamaktadır.

FCC tarafından 2015 yılında CBRS (Citizens Broadband Radio Services- Vatandaşlar Geniş Bant Radyo Hizmeti) adında bir hizmet türü tanımlandı (RSPG, 2021). Citizens Band (CB) Radyo Hizmeti, genel halkın kişisel veya ticari faaliyetleri için özel, iki yönlü, kısa mesafeli bir sesli iletişim hizmetidir. Federal İletişim Komisyonu (FCC), 3550-3700 MHz bandının (3,5 GHz bandı) ortak ticari kullanımı için kuralları belirlemiştir. Komisyon, Yurttaşlar Geniş Bant Radyo Hizmetini (CBRS) kurmuş ve bandın federal ve federal olmayan ortak kullanımına uyum sağlamak için üç katmanlı bir erişim ve yetkilendirme çerçevesi oluşturmuştur.

3.2.3. Türkiye’de Spektrum Paylaşımı

5809 sayılı Elektronik Haberleşme Kanunu (EHK)’nun “Spektrum izleme ve denetimi” başlıklı 40’ıncı maddesinin ikinci fıkrasında,

*“Kurum, spektrum planlaması, frekans tahsis ve tescili, ücretlendirilmesi dahil spektrum yönetimi ile frekansların etkin ve verimli kullanımı için gerektiğinde tahsis edilen frekansın geri alınması ve yeniden satışı dahil **spektrum ticareti** ile spektrumun izlenmesi ve denetiminin gerektirdiği düzenlemeleri yönetmelikle yapmaya yetkilidir.”*

hükmüne yer verilerek Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu (BTK)’nun spektrum ticareti ile ilgili gerekli düzenlemelerin yapılması ile yetkili olduğu belirtilmiş ise de, spektrum paylaşımına ilişkin EHK’da herhangi bir hüküm bulunmamaktadır.

Bunun ötesinde spektrum paylaşımına ilişkin olarak ise Ulusal Genişbant Stratejisi ve Eylem Planı (2017-2020)’de, “3 işletmecinin ticari olarak kârlı görmedikleri alanlarda hem mükerrer yatırım yapılmasının önüne geçmek hem de kaynak israfını önlemek amacıyla bölünmüş karayolları, otoyol, tünel kapsamaları, konvansiyonel tren hatları, hızlı ve yüksek hızlı tren hatları ile nüfusu 10 binin altında olan yerleşim yerlerinde kurulacak olan baz istasyonlarının **aktif şebeke paylaşımı** yapılarak kullanılması zorunluluğu getirilmiştir. Yani bu alanlarda tek bir baz istasyonu üzerinde 3 işletmeci aynı anda abonelerine hizmet sunabilecektir.” hususu yer almaktadır.

Bunun yanında 7 Nolu “Spektrumun Etkin ve Verimli Kullanılması” başlıklı eylem adımı;

“9. Spektrum paylaşımı ve ticaretine imkân verecek yetkilendirme esaslarına ilişkin düzenleyici çerçeve ve buna ilişkin altyapı hazırlanacaktır.

- Öncelikle ticareti yapılabilir kaynaklar tespit edilerek, bu kaynaklarla ilgili hak ve yükümlülükler belirlenecektir.
- Spektrum ticaretinin hangi kapsamlarda gerçekleşebileceğini (frekansın miktar ve/veya zaman ve/veya coğrafya bakımından bölünerek kullanılmasına imkân tanınıp tanınmayacağı); spektrum ticaretinin hangi usuller aracılığıyla gerçekleştirilebileceği (kiralama ve/veya devir) ile bu usuller kapsamında kullanım

hakkını devreden/kiraya veren ile devralan/kiralayanın hangi hak ve yükümlülüklere tabi olacağına ilişkin usul ve esasları düzenleyen ayrı bir düzenleme hazırlanacaktır.

- *Spektrum ticareti ve **paylaşımında**, frekanslar diğer işletmecilere gönüllülük esasına göre kullanılabilir.*” hususlarına yer verilmektedir.

Ülkemizde spektrum paylaşımına yönelik henüz yukarıda bahis geçen AB ve ABD uygulamalarına benzer bir örnek bulunmamaktadır.

3.3. Spektrum Paylaşım Modelleri

Spektrum paylaşımı uygulamalarında genel olarak Avrupa ve Amerika’da LSA ve SAS (Spectrum Access Systems) olmak üzere iki temel yaklaşım bulunmaktadır.

3.3.1. LSA (License Shared Access)

Lisans Paylaşımlı Erişim (License Shared Access-LSA), bilişsel radyo (Cognitive Radio-CR) teknolojisini kullanarak Avrupa’da kullanılmayan spektrumun kullanımını desteklemek için Avrupa Komisyonu tarafından önerilen iki katmanlı bir spektrum paylaşım yapısıdır (EC, 2012a). Önceden tahsis edilmiş spektruma erişimi, LSA yaklaşımı yoluyla sağlamak mümkündür. LSA rejimi, bireysel spektrum kullanım hakları aracılığıyla, halihazırda tahsisli ancak az kullanılan spektrum bandlarının yerleşikler yani mevcut kullanıcılar ile sınırlı sayıda yeni kullanıcı arasında paylaşılmasına izin veren düzenleyici bir yaklaşım olarak tanımlanmıştır (RSPG, 2013). Bu bireysel lisanslar, hem yerleşiklerin hem de yeni kullanıcıların garantili servis kalitesi sağlamasına olanak sağlamak için paylaşım koşullarını içermektedir. LSA’de kullanılan iki katmanlı kullanıcı modelinde, kullanıcılar iki kategoriye ayrılır: yerleşik/birincil kullanıcılar (Primary Users-PU) ve ikincil kullanıcılar (Secondary Users-SU). Birincil kullanıcılar ikincil kullanıcılara göre erişim önceliğine sahiptir ve birincil kullanıcılar olarak kamu kullanıcıları ve lisanslı kullanıcılar örnek verilebilmektedir. İkincil kullanıcılar ise spektrum için ikincil hakları vardır ve genel olarak lisanssız kullanıcılardan oluşmaktadır. Spektruma erişim hakları yerine ikincil kullanıcılar, maksimum verici gücü, coğrafi konum yeteneği, bir veri tabanına erişme yeteneği, algılama yeteneği vb. gibi yeteneklerine göre sınıflandırılabilir.

Paylaşımlı bir spektrum ortamında heterojen kablosuz sistemlerin uyumlu bir şekilde bir arada çalışmasını sağlamak için coğrafi konum veri tabanları ve uygun spektrum algılama olmak üzere iki farklı mekanizma bulunmaktadır. Veri tabanı odaklı bir spektrum paylaşımı senaryosunda, veri tabanı spektrum uygunluk bilgisi ve aynı zamanda ikincil kullanıcıların paylaşılan spektruma erişmesi için kuralları barındırmaktadır (Gurney vd., 2008). İkincil kullanıcıların spektruma erişmeden önce veri tabanına erişmeleri gerekir. Öte yandan, algılama odaklı bir spektrum paylaşım uygulamasında, ikincil kullanıcıların iletim davranışı, bağımsız algılama veya işbirlikçi algılama yoluyla elde edilen spektrum algılama sonuçları tarafından belirlenmektedir (Cabric vd., 2004). Algılama odaklı spektrum paylaşımında, radyoların kendisini çevreleyen radyo frekansı (RF) ortamından algılama yoluyla farkında olması ve düzenleyici spektrum kurallarıyla uyumlu iletim parametrelerini kullanmak için yeterli bilince sahip olması gerekmektedir. Bu tür yeteneklere sahip radyolar genellikle bilişsel radyo (Cognitive Radio-CR) olarak adlandırılır (Mitola & Maguire, 1999). Çoğu durumda, spektrum paylaşımını gerçekleştirmek için her iki mekanizma da kullanılır.

LSA sistemi iki ana öğeden oluşmaktadır; LSA Havuzu ve LSA Kontrolörü. LSA havuzu, tahsisli spektrum kullanımına ilişkin paylaşım kurallarını ve bilgileri içermektedir. Mevcut lisans sahibi, LSA havuzuna dahil edilecek bilgileri sağlamak ve bilgilerinin güncellemekten sorumludur. LSA kontrolörü ise, LSA havuzundan bilgi almakta ve yeni LSA lisans sahipleri için spektrum kullanılabilirliğini belirlemektedir. LSA havuzu, düzenleyici otorite, mevcut lisans sahibi veya güvenilir bir üçüncü taraf tarafından yönetilebilir.

2013 yılından bu yana, 2,3 GHz bandında bu tür bir paylaşım düzenlemesinin fizibilitesini test etmek için İtalya, İspanya, Finlandiya ve Fransa dahil olmak üzere bir dizi AB üye ülkesinde LSA denemeleri yapılmıştır (CEPT, 2014).

5G'de LSA Yaklaşımı

Lisanslı paylaşımlı erişime olan mevcut ilgi, 5G kurulumunu desteklemek için ek 6 GHz altındaki spektruma erişim çabasıyla kaynaklanmaktadır (AB, 2016). Lisanslı paylaşımlı erişim ile yeterince kullanılmayan kamu sektörüne ait spektrumun üzerinden mobil geniş bant hizmetlerine erişimi kolaylaştıracaktır. Bu bağlamda, 2,3 GHz bandı ve 3,5 GHz bandı sırasıyla AB ve ABD'de inceleme altındadır. Hem 2,3 GHz bandı hem de 3,5

GHz bandı zaten uluslararası düzeyde, mobil genişbant hizmetlerinin sağlanması için uygun olarak tanımlanmıştır (ITU-R, 2012). Bununla birlikte, mobil geniş bant hizmetlerinin sağlanması için uluslararası olarak tanımlanan tüm spektrum, kısmen bu özel kullanım için kullanılmaktadır. Pek çok ülkede, diğer birkaç hizmet aynı spektruma dayanmaktadır. Bu bağlamda, 2,3 GHz ve 3,5 GHz bantları ağırlıklı olarak sırasıyla AB ve ABD'de askeri amaçlar için kullanılmaktadır.

3.3.2. SAS (Spectrum Access Systems)

SAS spektrumun askeri uygulamalar ve diğer mevcut kullanıcılar için ihtiyaç duyulan zamanda ve yerde her zaman kullanılabilir olmasını sağlamaktadır. Ardından, spektrum, belirli bir yer ve süre için Öncelikli Erişim Lisansları (PAL-Priority Access License) satın alan ticari kullanıcılara tahsis edilmektedir. Kalan spektrum daha sonra Genel Yetkili Erişim (GAA-General Authorized Access) lisansları için kullanılmaktadır. FCC spesifikasyonlarına göre, SAS, 80 MHz spektrumun GAA kullanımı için her zaman mevcut olmasını ve bazen 150 MHz'in tamamı kadar kullanılabilir olmasını sağlayacaktır.

Söz konusu Spektrum paylaşım mimarisinin en kritik unsurlarından biri, Çevresel Algılama Yeteneğidir (ESC- Environmental Sensing Capability). Bir ESC sensörü federal bir iletim algıladığında, bir koruma bölgesini etkinleştirir ve bölgedeki kullanıcıları dinamik olarak diğer kullanıcılara yeniden tahsis etmesi için SAS'ı bilgilendirir.

FCC tarafından benimsenen yenilikçi üç katmanlı paylaşımlı spektrum modeli, diğer kablosuz bantlarla elde edilenlerin çok üzerinde fayda sağlamaktadır (FCC, 2019). Kablosuz ağların hızını, kapasitesini ve uyarlanabilirliğini artıracak, kullanıcılar için daha iyi bir mobil genişbant deneyimi sağlayacak ve endüstriyel IoT, bilgisayarla görme ve akıllı ev/bina uygulamaları dahil olmak üzere yeni bir dizi uygulama için kablosuz bağlantı sağlayacaktır. Ek olarak, paylaşılan spektrum, kurumsal ve endüstriyel uygulamalara geniş çapta uygulanacak, imalat, enerji ve sağlık hizmetlerini ilerletecek ve kablosuz inovasyonun bir sonraki döngüsü olacak ve ABD ekonomisinin büyümesini sağlayacaktır. Ayrıca, SAS rejimi, 3,5 GHz bandında uygulanması için önemli miktarda kaynak yatırımı taahhüt eden endüstrinin son zamanlarda artan ilgisini çekmiştir (Jon Wilkins Knapp, 2016).

3.4. Spektrum Paylaşımında Güvenlik

Spektrum paylaşımında olduğu gibi farklı paydaşlar ortak bir kaynağı paylaştıklarında, güvenlik, gizlilik ve yaptırım, tüm paydaşların refahı için gerekli olan kritik hususlar haline gelmektedir. Özellikle askeri servisler tarafından da kullanılan kamuya ait spektrum kamu dışı özel teşebbüslerle paylaşılmasında güvenlik ve yaptırım en önemli iki unsurdur.

Bir taraftan kullanılmayan spektrum ve diğer taraftan korunma gerektiren sistemlerin kapsamı bilgisi, yeni oyunculara pazara girme konusunda güven vererek yardımcı olabilmektedir. Bununla birlikte, bilginin gönüllü olarak paylaşıldığı durumlar dışında, spektrum paylaşımı için, veri mevcudiyetine olan gerçek ihtiyaç ve özellikle belirli bir bant için paylaşım çerçevesi önceden tanımlandığı ve verilerin nasıl ve kime sağlandığına ilişkin belirli yöntemler spektrum idareleri tarafından değerlendirilmelidir.

Yetkili düzenleyici tarafından spektrum kullanımının şeffaflığı ele alınırken, kişisel verilerin korunması, kamu güvenliği, savunma ve iş gizliliği dahil olmak üzere bir dizi konu değerlendirilmelidir.

Bu bölümde dinamik spektrum erişimi ve spektrum paylaşımındaki kritik güvenlik ve gizlilik tehditleri gözden geçirilmiştir. Her bir tehdit kategorisi için ilgili güvenlik ve gizlilik tehditleri açıklanmış ve tehditlere karşı önlemler de açıklanmıştır. Uygulama teknikleri uygulama öncesi ve uygulama sonrası olmak üzere iki farklı yaklaşımla tartışılmaktadır. İlk yaklaşımda potansiyel olarak zararlı bir müdahaleyi "önlemek" veya olasılığını azaltmak için tasarlanmış eylemlere yer verilmekte, ikinci olarak ise potansiyel olarak zararlı bir müdahale meydana geldikten sonra kötü niyetli veya bencil davranışları cezalandırmak için tasarlanmış "cezalandırıcı" önlemleri ifade etmektedir.

Tüm paydaşları korumak ve spektrum paylaşımının uygulanabilirliğini sağlamak için belirli güvenlik ve yaptırım gereksinimlerinin karşılanması gerekmektedir. Farklı spektrum paylaşım senaryolarının farklı gereksinimleri olabilmektedir.

Spektrum paylaşım modellerinin çoğunda ortak olan bazı güvenlik gereksinimlerini listelemek gerekirse, bunlar şu şekildedir (Baldini vd., 2012);

- Gizlilik: Veri tabanında depolanan verilerin kayıtlı kullanıcılar ile veri tabanları arasında ve ağdaki kullanıcılar arasında iletilen veriler yetkisiz kullanıcıların erişimine açık olmamalıdır.
- Bütünlük: Veri tabanında depolanan ve kullanıcılar arasında iletilen veriler kötü niyetli değişiklik, ekleme, silme veya tekrar oynatmaya karşı korunmalı olmalıdır.
- Kullanılabilirlik: Kullanıcılar gerektiğinde veri tabanına ve/veya spektruma erişebilmelidir.
- Kimlik Doğrulama: Veri tabanı ve ağ bileşenleri ve mobil terminaller kimliklerini oluşturabilmeli ve doğrulayabilmelidir.
- Reddedilmeme: Kullanıcılar bir mesaj aldıklarını veya gönderdiklerini inkar edememeli ve ayrıca spektruma belirli bir yer ve zamanda eriştiklerini de reddedememelidirler.
- Uyumluluk: Ağ, zararlı girişime neden olan uyumsuz davranışları algılayabilmelidir.
- Erişim kontrolü: Hiçbir kullanıcı, uygun kimlik bilgileri olmadan ne veri tabanına ne de spektruma erişmemelidir.
- Gizlilik: hem birincil hem de ikincil kullanıcıların kritik veya özel bilgileri uygun şekilde korunmalıdır.

Spektrum paylaşımına yönelik bilinen tüm tehditler, farklı kablosuz sistemlerin bir arada var olmasını sağlayan iki mekanizmadan birini, yani spektrum algılama veya coğrafi konum veri tabanlarını hedef almaktadır. Bu nedenle, tüm tehditleri algılama odaklı spektrum paylaşımına yönelik tehditler ve veri tabanı odaklı spektrum paylaşımına yönelik tehditler olmak üzere iki ana kategoriye ayırmak mümkündür.

Algılama Odaklı Tehditler

Algılama odaklı tehditler sınıfı altındaki tehditler, belirli bir tehdidin hangi protokol yığını katmanını etkilediğine bağlı olarak üç alt sınıfa ayrılabilir:

- i. Fiziksel katman tehdidi,
- ii. MAC katmanı tehdidi
- iii. Çapraz katman tehdidi.

Söz konusu tehditleri kısaca incelemek gerekirse algılama odaklı tehditlerden;

- i. Fiziksel katman tehdidi:** Bu sınıftaki tehditler, spektrum paylaşımındaki fiziksel katman mekanizmalarını doğrudan etkiler. İkincil kullanıcılar tarafından spektrum algılama işlevi, spektrumlarını ele geçirmek veya spektrum paylaşım kararlarını etkilemek için örneğin birincil kullanıcı emülasyonu (primary user emissions-PUE) kullanımı gibi sahte bir verici tarafından manipüle edilebilir. Bir PUE saldırısında, kötü niyetli bir kullanıcı, birincil kullanıcıların sinyallerini taklit eder ve diğer ikincil kullanıcıları yasa dışı bir şekilde spektrumunu boşaltmaya zorlar. PUE saldırıları, daha karmaşık saldırıları gerçekleştirmek için bir araç olarak da kullanılabilir (Newman vd., 2010) İkincil kullanıcılar ilgili spektrumda birincil kullanıcıların sinyallerinin varlığını algılayamazsa, birincil kullanıcılara zararlı parazite neden olabilirler.
- ii. MAC Katmanı Tehdidi:** Spektrum paylaşımının MAC katmanı mekanizmalarını bozan bir dizi bilinen saldırı bulunmaktadır. Çok duraklı bir CR ağında, önceden tanımlanmış bir bilişsel kontrol kanalı (Cognitive Control Channel- CCC), ikincil kullanıcılar tarafından kanal anlaşması, spektrum aktarımı gibi işlemler için kontrol bilgisi alışverişi kullanılır. Kötü niyetli bir verici, DoS saldırısına neden olacak şekilde CCC'yi bozabilir (Bian & Park, 2006). CR'ler ayrıca spektrum erişimi için çarpışmadan kaçınma (CSMA/CA) protokollü bir taşıyıcı algılama çoklu erişim tekniği kullanılmaktadır. Bu protokolda, kullanıcılar algıladıktan sonra iletimden önce rastgele bir süre geri çekilir. Herhangi iki kullanıcı tarafından iletilen paketlerin çakışması durumunda, kullanıcılar geri çekilme süresini ikiye katlar ve yeniden iletir. Ancak, kötü niyetli bir kullanıcı küçük bir geri çekilme süresini kullanabilir ve diğer kullanıcılara göre öncelik kazanabilir, Buna küçük geri dönüş penceresi (Small Backoff Window-SBW) saldırısı denir (Toledo & Wang, 2007).
- iii. Çapraz Katman Tehdidi:** Protokol yığınının iki veya daha fazla katmanındaki güvenlik açıklarından yararlanmak için eşzamanlı olarak bir dizi saldırı gerçekleştirilebilir. Bu saldırılara genellikle katmanlar arası saldırılar ya da çapraz katman saldırısı denir. CSMA/CA protokolünü kullanan bilişsel bir ağda kötü niyetli bir kullanıcı, koordineli bir şekilde SSDF (Spectrum Sensing. Data Falsification) fiziksel katman saldırısı ve SBW MAC katman saldırısı gerçekleştirebilir (Wang vd., 2010). Koordinasyon eksikliği nedeniyle, iki saldırıdan birini tespit etmek zorlaşır

ve bu nedenle katmanlar arası saldırılar ikincil kullanıcıların kanal kullanımını azaltmada tek katmanlı bir saldırılara göre daha etkilidir. Lion saldırısı, bir CR ağının fiziksel ve taşıma katmanlarını hedefleyen çapraz katman saldırısının başka bir örneğidir (Hernandez-Serrano vd., 2011). Bir Lion saldırısında, kötü niyetli bir kullanıcı, hedef düğümleri frekans aktarımları gerçekleştirmeye zorlamak için bir PUE saldırısı başlatır. İletim kontrol protokolü (TCP), gecikme ve bant genişliğindeki değişikliklere duyarlı olduğundan iletim kesintileri, taşıma katmanında çok zayıf iletimi yol açabilir.

Veri Tabanı Odaklı Tehditler

Veri tabanı odaklı tehditler, spektrum paylaşımı için coğrafi konum veri tabanlarının kullanılmasının doğasında bulunan güvenlik veya gizlilik açıklarından yararlanır. Öte yandan, veri tabanı sınıfındaki tehditler ayrıca iki alt sınıfa ayrılabilir: veri tabanını bozmaya yönelik saldırıları ve veri tabanı erişim protokollerine yönelik tehditler.

Birincil Kullanıcıların Gizliliğine Yönelik Tehditler: Spektrum paylaşımı için coğrafi konum veri tabanlarını kullanmanın birçok avantajı olmasına rağmen, potansiyel olarak ciddi bir gizlilik sorunu oluşturmaktadır. Örneğin ikincil kullanıcılar, veri tabanına yönelik görünüşte zararsız sorgular yoluyla, belirli bir bölgede çalışan yerleşik sistemlerin türlerini ve konumlarını belirleyebilir; bu yerleşiklerin operasyonel gizliliği olarak ifade edilmektedir. Başka bir deyişle, birincil kullanıcıların operasyonel gizliliği, birincil kullanıcıların operasyonel özelliklerine ilişkin bilgilerin gizliliğidir. Yerleşik sistemler, TV lisansları olduğu durumdaki gibi ticari sistemler olduğunda, bu bir sorun değildir. Bununla birlikte, yerleşiklerin hükümet, ya da askeri sistemler olması durumunda, veri tabanlarının ortaya koyduğu bilgiler, operasyonel gizliliğin ciddi şekilde ihlal edilmesine neden olabilir. Dahası, ikincil kullanıcılar karmaşık çıkarım teknikleri kullanarak veri tabanının sorgu yanıtları tarafından doğrudan açığa çıkarılan bilginin ötesinde bilgi edinme olasılığı bulunmaktadır ve bunlar veri tabanı çıkarım saldırısı olarak ifade edilmektedir.

Birincil kullanıcıların operasyonel gizliliği sorunu, veri tabanına erişimin sıkı bir şekilde kontrol edilmesiyle çözülemez, çünkü spektrum paylaşımını sağlamak için tüm ikincil kullanıcıların veri tabanına erişmesi gerekmektedir. Daha uygulanabilir bir yaklaşım,

veri tabanının açığa çıkardığı bilgileri akıllı bir şekilde "gizlemek"tir, böylece spektrumun verimli kullanımını desteklerken belirli bir gizlilik düzeyi sağlanmaktadır.

İkincil Kullanıcıların Gizliliğine Yönelik Tehditler: Spektrum paylaşımı için coğrafi konum veri tabanlarının kullanılmasının bir sonucu olarak ortaya çıkan bir diğer gizlilik sorunu, ikincil kullanıcıların konum gizliliği sorunudur. İkincil kullanıcıların, bölgelerindeki mevcut uygun kanal setleri hakkında bilgi almak için konum bilgilerini veri tabanına göndermeleri gerektiğinden, konum gizliliği güvenilir bir veri tabanı tarafından tehdit edilebilir. Bu tür saldırılara örnek olarak, ikincil kullanıcıların kullandığı kanallardan konumunun çıkarmasına olanak tanıyan, spektrum kullanımı temelli konum çıkarım (SULI) saldırısı adı verilen yeni bir konum gizliliği saldırısı türü örnek verilebilir (Gao vd., 2013).

Veri tabanı Erişim Protokolüne (DAP) Yönelik Tehditler: Yukarıda belirtilen gizlilik sorunlarına ek olarak, spektrum paylaşımı için bir coğrafi konum veri tabanı kullanmayla ilgili başka güvenlik endişeleri de bulunmaktadır. Bunlar:

- Bir cihazı başka bir onaylı cihaz gibi görünecek şekilde değiştirme
- Sahte veri tabanı
- Bir sorguyu değiştirmek veya karıştırmak
- Bir veri tabanı yanıtını değiştirme veya karıştırma
- Yetkisiz kişilerce cihazların spektrum erişimini sonlandırmak veya haksız bir şekilde sınırlandırmak için bir veri tabanı görevi görmek olarak sıralanabilir.

Saldırlara karşı önlemleri ve spektrum kuralı uygulamasını önleyici ve sonradan cezalandırıcı uygulama olmak üzere iki ana kategoriye ayırmak mümkündür. Önleyici uygulamanın amacı, zararlı müdahale olaylarının olasılığını önlemek veya azaltmaktır.

Öte yandan, sonradan cezalandırıcı uygulamanın amacı, bir müdahale meydana geldikten sonra kötü niyetli veya bencil kullanıcıları tespit etmek ve/veya cezalandırmaktır.

Sahte iletiler için önleyici eylemler: Spektrum erişim politikaları radyonun donanım yazılımının ve platformunun ayrılmaz bir parçası olduğundan, eski telsizlerde (ör: cep telefonları) spektrum erişim kontrolünü zorunlu kılmak nispeten kolaydır. Eski bir telsizin iletim davranışında kontrollü değişiklikler yapmak, bir saldırganın telsizin yazılımı

ve donanımı konusunda çok özel uzmanlığa sahip olmasını ve ayrıca özel ekipmanları gerektirmektedir. Ne yazık ki, yazılım tanımlı radyoların (Software Defined Radio-SDR'ler) ve CR'lerin aktarım davranışını değiştirmek daha kolaydır. Bir SDR/CR'nin yeniden yapılandırılabilirliği, onu yetkisiz değişikliklere karşı savunmasız hale getirmektedir. Bu tür değişiklikler, zararlı girişime neden olabilir. Yasadışı olarak değiştirilmiş telsizler, çok karmaşık sinyal bozma saldırıları başlatmak için bile kullanılabilir (Tippenhauer vd., 2009).

Gizlilik İhlallerine Karşı Önleyici Tedbirler: Üçüncü bölümde de bahsedildiği üzere veritabanı sorgu yanıtlarının içeriğini coğrafi konum veri tabanından gizlemek, spektrum paylaşımında birincil kullanıcıların gizliliğini korumaya yönelik bir yaklaşımdır. Gizlilik, birçok veri tabanı uygulamasında önemli bir sorun olduğu için, gizliliği koruyan veri yönetimi teknikleri aktif bir araştırma alanıdır. Spektrum paylaşımı için gizliliği koruyan veri tabanları üzerinde çok az çalışma olmasına rağmen, diğer uygulamalar bağlamında bu konuda çok sayıda mevcut çalışma vardır. Bazı değişikliklerle birlikte veri tabanına dayalı spektrum paylaşımına yönelik uygulamalara sahip olabilecek tekniklere odaklanarak, gizliliği koruyan veri tabanları ile ilgili mevcut çalışmaların bir kısmını gözden geçirdiğimizde; veri tabanlarının özel olarak korunması için muhtemelen en yaygın kullanılan yöntem “karışıklık” olarak karşımıza çıkmaktadır (Liu vd., 2008). Pertürbatif maskeleyme yöntemi (diğer adıyla randomizasyon yöntemi olarak da bilinir), kayıtların öznitelik değerlerini maskeleyerek için veri bozulmasını kullanan, gizliliği koruyan veri tabanları için bir tekniktir. Bu yöntemde, bu değerlerin bir düşman tarafından ele geçirilmesini önlemek için tek tek kayıt değerlerine yeterince büyük gürültü eklenir.

4. ARAŞTIRMA YÖNTEMİ

Bu bölümde çalışma kapsamında kullanılan veri toplama tekniği ve bu verilerin çeşitli analizi yöntemleri kullanılarak ortaya çıkan değerlendirmelere yer verilecektir.

4.1. Veri Toplama Yöntemi

Bu çalışma veri toplama tekniği olarak odak grup görüşmesi gerçekleştirilmiştir. Odak grup görüşmesi, küçük gruplarla yapılan ve biçimsel olmayan görüşmelerdir. Odak grup görüşmeleri, grupların, alt grupların, kendilerinin de bilinçli, yarı bilinçli veya bilinçsiz oldukları psikolojik ve sosyokültürel özellikler ve yaptıkları uygulamalar hakkında bilgi almayı, davranışları ve bu davranışların arasındaki nedenleri öğrenmeyi amaçlayan niteliksel bir yöntemdir (Şahsuvaroğlu & Ekşi, 2013). Odak grup görüşmeleri belirli bir tema veya görüşü tartışmak için özellikle belirli bir sektör arasından seçilen ve ortaya çıkan etkileşimin veri ve sonuçlarına götürdüğü niteliksel araştırma yöntemlerinden biridir (Cohen vd., 2002).

Yarı yapılandırılmış görüşmede ise araştırmacı önceden sormayı planladığı soruları içeren görüşme formunu hazırlar ve buna karşın araştırmacı görüşmenin akışına bağlı olarak alternatif ve sonda sorular sorabilir ve kişinin cevaplarını detaylandırmasını isteyebilmektedir (Bogdan vd., 1998).

Bu kapsamda operatörlerle görüşmeler gerçekleştirilmeden önce her üç operatöre de EK-3'te yer alan ve uzman görüşleri alınarak hazırlanmış görüşme soruları iletilmiş ve soruların üzerinde araştırma yapabilmelerini teminen belirli bir süre verilmiştir.

4.1.1. Görüşme tekniği

Bu çalışmada nitel bir araştırma yöntemi olarak spektrum paylaşımı hakkında ülkemizde yerleşik üç ana mobil operatörle spektrum paylaşımı konusundaki yaklaşım ve niyetlerini tespit etmek için yarı yapılandırılmış görüşme tekniği kullanılarak odak grup görüşmeleri gerçekleştirilmiştir. Görüşmeler Covid-19 pandemi koşulları nedeniyle çevirim içi ortamlarda gerçekleştirilmiştir.

4.1.2. Görüşülen taraflara ilişkin bilgiler

Görüşme gerçekleştirilen operatörler ve kişiler hakkında kısa bilgiler vermek gerekirse;

X operatörü 1994 yılında Türkiye’de kurulmuş; yerleşik, entegre iletişim ve teknoloji hizmetleri şirkettir. Müşterilerine mobil ve sabit şebekeleri üzerinden ses, data, TV hizmetleri ve katma değerli bireysel ve kurumsal servisler sunmaktadır. BTK’nın yayınladığı üç aylık pazar verileri raporunda gelirlerine göre 2021 yılı 2. Çeyreği itibarıyla %41,4’lük bir pazar payına sahiptir (BTK, 2021). X şirketi ile yapılan görüşmeye şirketi temsilen Telekomünikasyon Uzmanı, Erişim Ağ Mimarisi Yöneticisi, Network Uygulama Mühendisi, Düzenleme İşleri Uzmanı ve Hukuk Müşaviri olmak üzere toplam beş kişiden oluşan temsilciler katılmıştır.

Y operatörü ise dünyanın en büyük teknoloji iletişim şirketlerinden biri olan yabancı bir şirketler grubunun bünyesinde ülkemizde hizmet veren ve birey ve kurumlara sabit, mobil ve içerik hizmetleri dahil tüm telekomünikasyon teknolojilerini sunan bir teknoloji şirkettir. Söz konusu yabancı şirketler grubu Türkiye’nin en büyük uluslararası doğrudan yatırımcılarından biridir. BTK’nın yayınladığı üç aylık pazar verileri raporunda gelirlerine göre 2021 yılı 2. Çeyreği itibarıyla %35’lük bir pazar payına sahiptir (BTK, 2021). Y operatör ile yapılan görüşmeye şirketi temsilen Dijital Planlama ve Mimari Müdürü, Dijital Planlama ve Mimarlık Kıdemli Uzmanı, Kamu Politikası Yöneticisi ve Düzenleme Müdürü olmak üzere toplam 4 kişiden oluşan temsilciler katılmıştır.

Z operatörü ise 180 yıllık köklü bir geçmişe sahip olan, Türkiye’nin ilk entegre telekomünikasyon operatörüdür. Bireysel ve kurumsal hizmetler alanında hizmet ağı ve ürün çeşitliliğine sahip olan şirket, mobil, internet, telefon ve TV ürün ve hizmetleri sunmaktadır. BTK’nın yayınladığı üç aylık pazar verileri raporunda gelirlerine göre 2021 yılı 2. Çeyreği itibarıyla %23,6’lık bir pazar payına sahiptir (BTK, 2021). Z operatörü ile yapılan görüşmeye şirketi temsilen Düzenleyici Strateji Üst Düzey Yöneticisi, Avukat, Mevzuat (Mobil & Sabit & Geniş Bant) Teknik Uygunluk Yöneticisi, Regülasyon Stratejileri Kıdemli Uzmanı olmak üzere toplam 4 kişiden oluşan temsilciler katılmıştır.

Böylelikle örneklem seçimi bakımından, bu çalışma kapsamında görüşme yapılan operatörler, pazar paylarına göre Türkiye mobil haberleşme sektörünün yüzde yüzünü kapsamaktadır.

4.2. Görüşmelerin Analizi

Operatörlerle gerçekleştirilen görüşmelerin notları nitel araştırma analiz yazılımı Nvivo programı kullanılarak kodlama yöntemiyle analiz edilmiştir. Bu kapsamda görüşmelerde ortaya çıkan belirli ifadeler için çeşitli kodlar oluşturulmuş ve bu kodlar üzerinden analiz gerçekleştirilmiştir.

Kodlama, nitel araştırmalarda araştırma verilerine araştırma amaçları doğrultusunda sembolik olarak kelime ya da kısa cümle atama işlemidir (Karataş, 2015). Araştırmacının neyi aradığına bağlı olarak, kodlar farklılaşabilir. Seçici kodlamada merkezi (core) kategoriler belirlenerek, diğer kategorilerin bu merkezi kategorilerle ilişkileri kurulur. Kodlamada veriler, belirli işaretçiler kullanılarak görünür hale getirilir. Bunun yanında kodlama, verilerin belli bir anlam bütünlüğünü yakalamasını sağlar, kodlama ile veriler daha kolay bir şekilde kavramsallaştırılabilir (Baltacı, 2017).

Kodlama en basit tanımıyla elimizdeki veri kümesini bizim için anlamlı hale getiren ve veri analizini başlatarak süreç boyunca devam eden bir etiketleme işlemidir. Diğer bir deyişle kodlama; analizcinin öznelliğine bağlı olarak gelişen, bir tür veri anlamlandırma sürecidir (Oklay, 2011).

Görüşmelerde kullanılan kod dizini aşağıda verilmiştir:

- rekabete ilişkin hususlara dikkat edilmesi
- hizmet kalitesi yükümlülükleri
- düzenleme ihtiyacı
- yeni frekans bandlarına erişimin önünün açılması
- gönüllülük esası
- exclusive licensing (ayrıcalıklı lisanslama)

- altyapı yönetiminin BTK'da olması
- zararlı enterferansın engellenmesine yönelik tedbirler
- dikey sektörlere frekans tahsis edilmemeli
- 3.5 GHz'de spektrum paylaşımı uygun
- 3.5 GHz'de spektrum paylaşımı uygun değil
- 26 GHz'de club use kullanımına temkinli yaklaşım
- veri gizliliğine ilişkin hususlar
- teşvik mekanizmalarının oluşturulması
- 60 GHz'de paylaşım yapmak uygun
- 60 GHz'de paylaşım yapmak uygun değil
- 60 GHz'de light licensing olmalı
- tamamlayıcı bir çözüm
- kontrol ve denetim zorlukları
- teknik altyapının gereksinimi
- 2300 MHz bandında paylaşım uygun
- 2300 MHz bandında paylaşım uygun değil
- 2300 MHz bandının tek operatöre verilmeli
- kullan ya da kirala yöntemi gönüllülük esasına aykırı
- yaptırımların net olarak belirlenmesi
- spektrum kıtlığı mevcut değil

Spektrum paylaşımı hakkında görüşlerini almak için toplamda 7 soru operatörlere yöneltilmiştir (Ek-3).

İlk olarak operatörlere:

“1. Spektrum paylaşımına genel bakışınız nedir? Ülkemizde bu alanda bir eksiklik ve ihtiyaç görüyor musunuz?

a. Eksik bulduğunuz hususların nedenleri nelerdir? (işletmecilerin taleplerinde zayıflık, mevcut kamu kullanıcılarının isteksizliği, teknik altyapı yetersizliği...)”

2. *Spektrum paylaşımına ilişkin düzenleme yapılmasını gerekli buluyor musunuz?”* soruları yöneltilmiştir.

Operatörlerin verdiği cevaplar operatör bazlı analiz edildiğinde;

X Operatörü; “... kontrolü, takibi ve denetimi oldukça zor.” olduğunu, bunun yanında “teknik altyapının kurulması...” gerektiğini ve “...gerekli düzenlemelerin yapıldığı takdirde düşünülebileceği..” ve “temel bir çözüm değil tamamlayıcı bir çözüm olarak görüyoruz.” şeklinde ifadelerle, spektrum paylaşımının “...zorlayıcı değil gönüllük esasına dayalı olması...” gerektiği, ve yaptırımlara ilişkin olarak ise “ne tür yaptırımların olacağını da çok net olarak belirlenmesi gerekmektedir.” gibi ifadelere, ayrı enterferans sorunları ile ilgili “Zararlı enterferansın ortaya çıkmasının engelleyecek bir takım koşulların ortaya konması” ifadesine ve temel bakış açıları olarak ise “Genel olarak bizim bakış açımız “exclusive licensing (özel lisans)” operatörler açısından temel çözüm olmaya devam edecektir” ile “ilave yeni frekanslar bandlarına erişimin önü açılırsa spektrum kullanımını artırma yönünde faydalanabilir.” ifadelerine yer vermiştir.

Y Operatörü; spektrum paylaşımının “...Avrupa’da operatörün ticari kararına bırakılmış...” olduğunu, temel bakış açılarına ilişkin olarak ise, “Bizim buradaki temel bakış açımız mobil teknolojilere daha fazla frekans ayrılması...” gerektiğini, “Mobil teknolojiler için ayrılan bandların artması ve bunun esnek kullanımı aslında bizim bu olaya temel bakış açımız.” şeklinde ifadeleri ile, mevzuat eksikliğine ilişkin olarak ise “Şu anda usul ve esaslar veya yönetmelik çerçevesinde çözülecek gibi gözüküyor.” ifadesine, dikey sektörlerle paylaşımına ilişkin olarak ise “...endüstrideki oyuncuların da bundan faydalananı olması gibi hususlar. Bu hususlar hakkında biraz daha farklı düşünüyoruz.” ifadeleri ile “...belirleyici bir düzenleme olmadığında bu bir aşamada tıkanıyor. Bu önemli bir eksiklik.” ve “...önü açık olsa değerlendirilebilecek opsiyonlar.”, ifadeleri ile spektrum paylaşımı hakkında genel olarak “...Burada iki önemli husus var; birinci husus ticari gönüllük, ikincisi ise mobil teknolojilerin kapasitesini engellemeyecek onu arttıracak düzenlemeler olması gerekiyor.” ve “...kapsama yükümlüklerimiz var, hizmet kalitesi yükümlülüklerimiz bunları engellemeyecek bir ortam oluşması gerekiyor.” ifadelerine yer vermiştir.

Z Operatörü: “Uygulanabilir olduğunda mevzuat esneklik getirilmesi tüm taraflar için faydadır.” ifadesi ve mevzuat eksikliğine ilişkin olarak ise “Spektrum paylaşımında ise henüz BTK’nın kanundaki ikincil düzenleme yapma yetkisini kullanmadığını görüyoruz. BTK’nın bu düzenlemeyi yapması beklenir.” ifadesine “Bunun ticari esaslar çerçevesinde

bir imkan olarak işletmecilere tanımlanması gerektiğini düşünüyoruz.” “Bölünmeden exclusive (ayrıcılık) olarak işletmecilere tahsis edilmesi gerektiğini düşünüyoruz.” gibi hususlara değinmiştir.

Bu sorulara 3 operatörün de hemfikir olduğu hususları sıralamak gerekirse;

- Spektrum paylaşımının bir zorunluluk değil, ticari bir gönüllülük esasına göre uygulanması gerektiği,
- Mevcut durumdaki düzenleme eksikliği hususları ön plana çıkmaktadır.

Bunun yanında üç operatörün ilave spektrum tahsislerine sıcak baktığı, iki operatörün ise frekans bandlarının “exclusive” (ayrıcılık) olarak operatörlere tahsis edilmesi gerektiğini, dikey sektörlerdeki diğer paydaşlara frekans tahsis edilmemesi gerektiğini belirtmişlerdir. Ayrıca zararlı enterferansın önlenmesine ilişkin tedbirlerin ve yaptırımların net olarak tanımlanması gerekliliğinden bahsetmişlerdir.

Diğer taraftan;

“3. Gelecek planlarınızda spektrum paylaşımına ilişkin hususlar var mıdır? Paylaşım modeli önerisi? “şeklindeki sorumuza;

X Operatörü: gelecek planlarına ilişkin olarak *“2025 ten sonra bu tür ihtiyaçlar önümüze gelebilir. Bu durumda da açılacak spektrumda yeterli frekans bandının varlığı, kullanım alanları, lisans süreleri, yönetim mekanizması, ücretlendirme gibi hususların belirlenmesi gerekli.”* olduğunu, bunun yanında asıl planlarında ise *“lisanslı spektrum operatörler için bir konfor alanı ve her zaman tercih edeceğimiz yöntemdir.”* ifadelerine,

Y Operatörü: dikey sektörlerde frekans tahsis edilmesi hakkında *“İngiltere idaresi OFCOM’un örneği bizim ülkemizde nasıl işler soru işareti, endüstrideki firmaların gerekli yetkinlikleri olmadıkları için neyi nasıl kuracakları çok belli olmaz ve kontrolden çıkabilir gibi düşünüyoruz.”* ifadelerine ve, *“Bunu operatörlerle yapmaları daha maliyet olarak verimli oluyor.”* ifadelerine,

Z Operatörü ise, yine dikey sektörlerde tahsis frekans tahsis durumuna ilişkin olarak *“Dikey sektörlerde frekans tahsis edilmemesi gerektiğini ne var operatörlere tahsis*

edilmesi gerektiğini düşünüyoruz.” ve “Bu noktada yeni şirketlere sektörün girmesine sıcak bakmıyoruz.” ifadelerine yer verilmiştir.

Sorunun Genel Analizi:

Soruya verilen cevaplardan ortaya çıkan hususlarda, bir operatörün düzenlemenin çerçevesi belirli olmadan herhangi bir gelecek planı yapmasının mümkün olmadığı, diğer iki operatörün ise soruda belirtilen OFCOM örneğindeki gibi dikey sektördeki diğer paydaşlara frekans tahsis edilmesinin uygun olmayacağı görüşü ön plana çıkmaktadır.

Diğer sorumuzda ise;

“4. Spektrum paylaşımına ilişkin düzenlemeler yapıldığında düzenleyici kurumdan beklentiniz nedir?” hususu yöneltildi;

X Operatörü: *“Spektrum paylaşımının ancak ve gerekli düzenlemelerin yapıldığı takdirde düşünülebileceği...”, düzenleme çerçevesi ile ilgili olarak “Spektrum paylaşımı beraberinde bazı risklerde getiriyor. Dolayısıyla çok iyi planlanması gerekir. Koşulları çok iyi belirlenmeli ve farklı yorumlanmaması için gerekli tedbirlerin alınması gerekmektedir.” yaptırımlarla ilgili olarak ise “paylaşım koşullarına uyulmadığı zaman ne tür yaptırımların olacağını da çok net olarak belirlenmemesi gerekmektedir.” ifadelerine,*

Y Operatörü: düzenleme eksikliğine ilişkin olarak *“her ne kadar operatör istekli olsa da ortalıkta bununla ilgili şartları belirleyici bir düzenleme olmadığında bu bir aşamada tıkanıyor.”*, ifadesine, diğer sözleşmelerinden kaynaklı çeşitli yükümlülüklerine ilişkin olarak ise *“kapsama yükümlüklerimiz var, hizmet kalitesi yükümlülüklerimiz bunları engellemeyecek bir ortam oluşması gerekiyor.”* ifadelerine,

Z Operatörü ise: düzenleme eksikliğine ilişkin olarak ise, *“BTK’nın kanundaki ikincil düzenleme yapma yetkisini kullanmadığını, bu nedenle mevzuat düzenlemesinin çok zor olacağını düşünmüyoruz.”* ifadelerine yer vermiştir.

Sorunun Genel Analizi:

3 operatörün soruya verdiği cevaplardan;

- Spektrum paylaşımına ilişkin düzenlemenin şartlarının ve şartlara uyulmadığı durumdaki yaptırımların net olması gerektiği,
- Zararlı enterferansı giderebilecek tedbirlerin belirlenmesi gerektiği,
- BTK'ya Elektronik Haberleşme Kanunu ile verilen bu konudaki düzenleme yapma yetkisinin henüz BTK tarafından kullanılmadığı,
- Düzenleme yaparken diğer hizmet kalitesi ve kapsama yükümlüklerine ilişkin düzenlemelerinde göz önünde bulundurulması gerektiği hususlarını iletmişlerdir.

Frekans bandlarına ilişkin;

5. Spektrum paylaşımına ilişkin düzenlemeler yapıldığında hangi frekans bandlarında olmasını tercih ederdiniz?

a. 2300 -2400 MHz frekans bandında mevcut kamu kullanıcıları (Licenced Shared Access vb.) ile spektrum paylaşımı olması durumunda talebiniz nasıl olur? sorumuza:

X Operatörü: “bunun tek ya da 2 işletmeciye verilmesi durumunda verimli olabileceği fakat 3’e bölümünde fizibilite çalışması negatif çıkacağını öngörmekteyiz.” ifadelerine,

Y Operatörü: “30 MHz’lik kullanımda yeterli olur. TDD teknolojisi 20 MHz’den itibaren verimli olmaya başlıyor. 2 operatöre paylaştırıldığı durumda haksız durumlar oluşabilir. Kapsaması yüksek bir band. 3 operatöre de eşit şekilde paylaşıldığında kullanışlı olabileceğini düşündüğümüz bir band.” ifadelerine,

Z Operatörü: “Bu frekans bandının mobile tahsis edilmesi gerektiğini düşünmüyoruz.” ifadelerine yer vermiştir.

Sorunun Genel Analizi:

Bu soruya üç operatör de farklı cevaplar vermiştir. Bir operatör banddaki mevcut spektrumun en fazla iki operatöre bölünmesi gerektiğinden bahsederken, diğer operatör ise bandın üç operatöre de eşit paylaşılması gerektiğinden bahsetmiştir. Diğer operatör ise bandın mobil operatörlere tahsise açılmaması gerektiği hususunu iletmiştir.

Diğer sorumuz olan;

” b. Frekans tahsisinden muaf frekans bandlarında (5GHz, 60 GHz) öncesinde bildirim ile spektrumun etkin kullanımının kontrolünü sağlayan Çek Cumhuriyeti uygulaması gibi bir kullanım senaryosu hakkındaki görüşleriniz nelerdir? “ hususuna ise;

X Operatörü: “57-71 GHz bandı lisansız bir band, biz lisanslı bandları tercih ederiz.” ifadesine,

Y Operatörü: “Eğer yönetmelik değişikliği yapılırsa bizim de kullanmayı düşünebileceğimiz bir band.” ifadesine,

Z Operatörü: “Bu frekans bandının mobile tahsis edilmesi gerektiğini düşünmüyoruz.” ifadelerine yer vermiştir.

Sorunun Genel Analizi:

Bu soruya da üç operatör farklı cevaplar vermiştir. Bir operatör “*exclusive licensing*” hususuna değinirken diğer operatör ise mevcut yönetmelikte gerekli düzenlemenin yapılmasıyla bandı kullanmayı düşünebileceğini belirtmiştir. Diğer operatör ise bandı kullanmayı düşünmediklerini iletmiştir.

Diğer sorumuzda operatörlere;

” 6. 5G ve Spektrum Paylaşımı hakkında görüşleriniz nelerdir?

a. 3.5 GHz bandına Finlandiya örneğinde olduğu gibi “*network slicing*” kullanarak operatörler arası “*spektrum havuzu*” yaklaşımı hakkındaki görüşünüzü nedir?” sorusunu yönelttiğimizde;

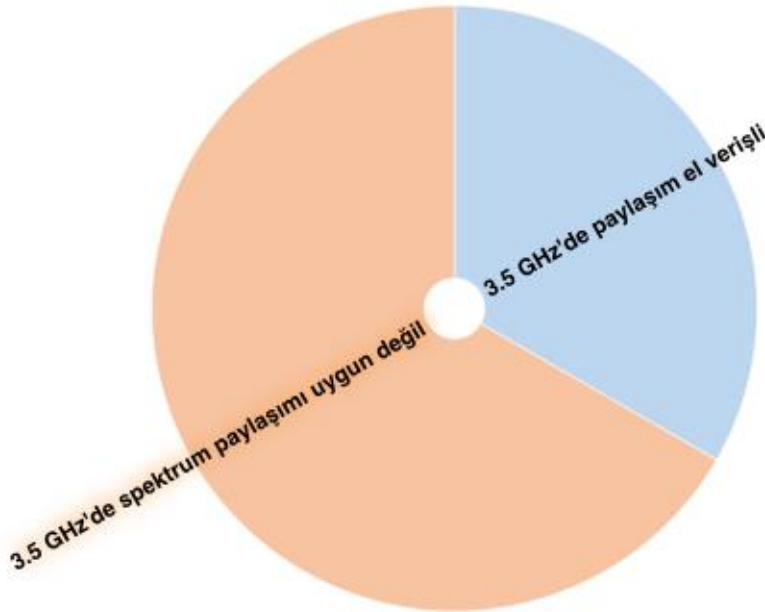
X Operatörü: spektrum paylaşımı ve kapsama ile ilgili olarak “*Spektrum paylaşıldığında kapsama düşmese bile hizmet kalitesi düşüyor.*” ve “*Bunun değerlendirilmenin (bertaraf etmenin) tek yolu da ilave saha kurmak, bu da spektrum paylaşımının sağlayacağı fayda ile çözülecek bir yöntem değil.*” ifadesine, paylaşımın yönetilmesi hususunda ise “*Paylaşılan sahalarda operasyonel zorluklar oldukça yüksek.*” ifadesine ve ayrıca veri gizliliğine ilişkin olarak ise “*...3 operatör olduğu durumda veri gizliği gibi sorunlar ortaya çıkacaktır.*” ifadelerine,

Y Operatörü: Finladiya’da uygulanan 3.5 GHz spektrum paylaşım uygulamasına ilişkin olarak *“Finlandiya’da örneği beğendimizi söyleyebilirim. Mantıklı bir örnek. “, “Benzer bir tanımlamayla biz de kullanabileceğini düşünüyoruz.”* ifadelerine ve veri gizliliğine ilişkin olarak ise *“paylaşım yapıldığında veri gizliliği hususları devreye giriyor.”* ifadelerine,

Z Operatörü: *“ Finlandiya gelişmişlik bakımından ülkemize örnek teşkil edebilecek bir ülke değil”* ifadesini, *“Teknoloji ekibini bunu şu an değerlendiriyor. evet dememiz için de teknik olarak konuya çalışmamız gerekiyor.”* ifadesine yer verilmiştir.

Sorunun Genel Analizi:

Bu sorumuzda operatörlerin birbirinden farklı yaklaşımları olmuştur. Bir operatör Finlandiya örneğini mantıklı bulurken, diğer iki operatör paylaşım hususuna daha temkinli yaklaşmıştır. Soruya verilen cevaplara ilişkin Nvivo nitel analiz programından alına pasta grafiğinde (Şekil 4.1) de bu husus görülmektedir. Diğer öne çıkan husus ise paylaşım durumunda operatörlerin veri gizliliğine ilişkin sorunların ortaya çıkması endişesidir.



Şekil 4.1. 3.5 GHz bandına ilişkin operatör görüşleri

5G frekans bandlarına ilişkin diğer sorumuzda ise operatörlere: *” b. 26 GHz frekans bandında İtalya yaklaşımda olduğu gibi “kullan ya da kirala” gibi ya da “club use” gibi yaklaşımı hakkındaki görüşünüz nedir? “* sorusunu yönelttiğimizde;

X Operatörü: İtalya’da uygulanan yönteme ilişkin olarak “*Club licensing çok yeni bir yöntem, teknik koşulların ve müeyyide, yaptırım ve regülatif kuralların en baştan belirlenmesi lazım.*”, ifadesine yer verirken diğer taraftan gönüllük esasına ilişkin olarak ise “*Kullan ya da kirala yönteminde ise bir zorlama var.*”, ifadesine, teknik altyapı eksikliği ile ilgili ise “*Çek cumhuriyeti örneğinde olduğu gibi bir teknik altyapının kurulu olması gerekiyor*” ifadelerine,

Y Operatörü: “*Başka bir operatörün olmadığı lokasyonlarda iyi takip edildiği durumda olumlu olarak yaklaşıyoruz.*” ifadesine yer vermiş,

Z Operatörü: “*...26 GHz’in tahsis edilmemesi gerektiğini, club use yaklaşımının ülkemize uygun olmadığını düşünüyoruz. Ülkemizde biraz daha sert bir rekabet olarak var. Bu nedenle de uygun değil.*” hususlarını belirtmişlerdir.

Sorunun Genel Analizi:

Bu sorumuza da operatörlerden biri düzenlemenin belirli olması ve gerekli altyapının hazır olması durumunda uygulanabileceğini belirtirken diğer operatör ise uygulamaya olumlu yaklaştığını belirtmiştir. Diğer operatör ise uygulamaya olumsuz yaklaşmıştır. Cevaplardan ortaya çıkan bir diğer husus ise “kullan ya da kirala” yöntemindeki zorunlu durumun operatörler için uygunsuz olmasıdır.

Diğer sorumuzda operatörler:

”c. 6 GHz ve 60 GHz bandında LAA yaklaşımı hakkında görüşleriniz nelerdir?” hususuna;

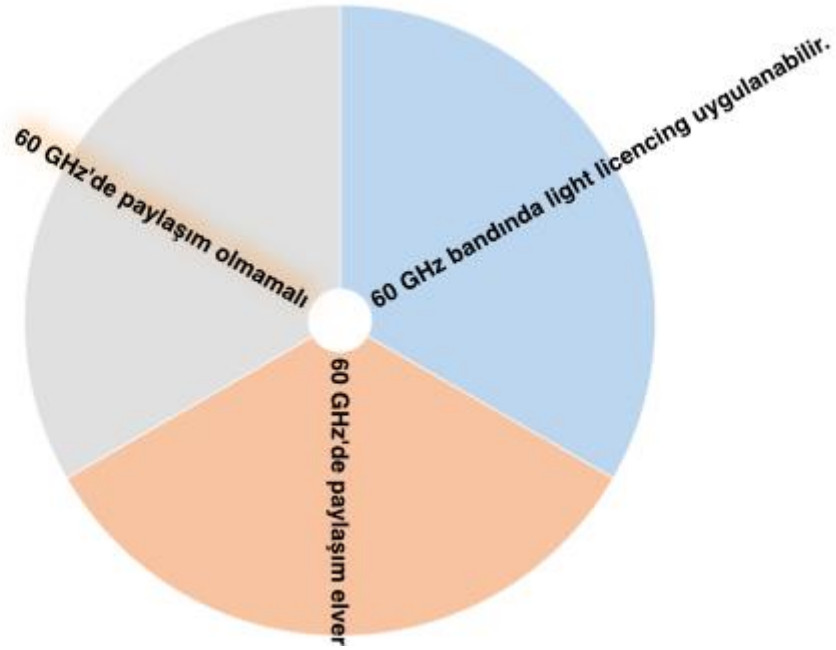
X Operatörü: “*Lisansız band kullanımından doğan kalite garantisi olmayacaktır. Operatör olarak kaliteli hizmet vermek istiyoruz bu yüzden lisanslı bandlara önem veriyoruz.*” “*Bunları biz tamamlayıcı çözüm olarak görüyoruz.*” “*Radyolink süreçlerinde bu yöntem daha hızlı bir tahsis süreci ile sonuçlanacaksa faydalı olabilir.*” ifadelerine,

Y Operatörü: “*3.5 GHz yakın bir kapsamı var ve daha geniş band genişliği sunuyor.*” , “*Lisansız olarak kullanabilmemiz için biraz daha üzerinde düşünmemiz gerekiyor.*” ifadelerine,

Z Operatörü: “Çalışmamız henüz tamamlanmadı. Tamamlanınca daha net konuşabilir olacağız konuyu.” ifadesine yer vermiştir.

Sorunun Genel Analizi:

Bu sorumuza ise bir operatör olum yaklaşmakta fakat lisansız olarak kullanmak için (light licensing ile) biraz daha teknik çalışma gerektiğini, diğer operatör kendileri için tamamlayıcı bir çözüm olabileceğini, diğer operatör ise bu banddan paylaşım düşünmediğini iletmiştir. Cevaplara göre Nvivo programı ile oluşturulan pasta grafik Şekil 4.2’de verilmektedir. Grafikten de görüleceği üzere üç operatörün de soruya yaklaşımları farklılık arz etmektedir.



Şekil 4.2. 60 GHz bandına ilişkin operatör görüşleri

Operatör bazında görüşmelerin analizi:

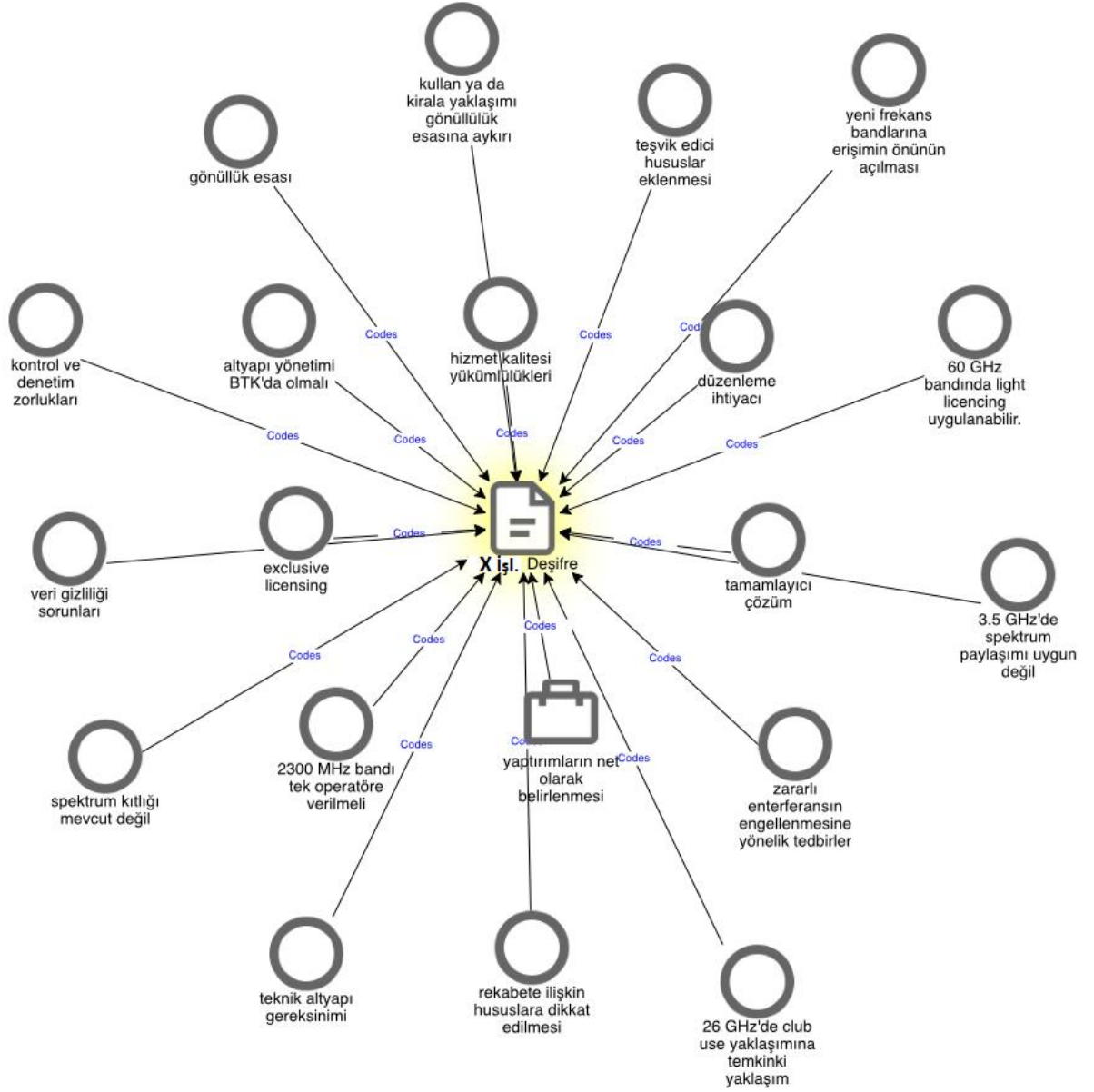
X operatörü:

Şekil 4.3'te X operatörü ile yapılan görüşmenin kodları genel olarak analiz edildiğinde; merkeze yakın olan kodlardan görüşmede daha sık bahsedildiği anlaşılmaktadır.

Buna göre X operatörü özet olarak:

- Spektrum paylaşımının kendileri için temel bir çözüm değil, tamamlayıcı bir çözüm olabileceğini,
- Asıl planlamalarını daima “exclusive licensing” üzerine kurduklarını,
- Yaptırımların ve enterferansın önlenmesine ilişkin tedbirlerin net olarak belirlenmesi gerektiğinden bahsetmiştir.

X operatörüyle yapılan görüşmeden çıkarılan diğer tüm kodlara yine Şekil 4.3'te yer verilmektedir.



Şekil 4.3. X operatörü ile yapılan görüşmenin analizi

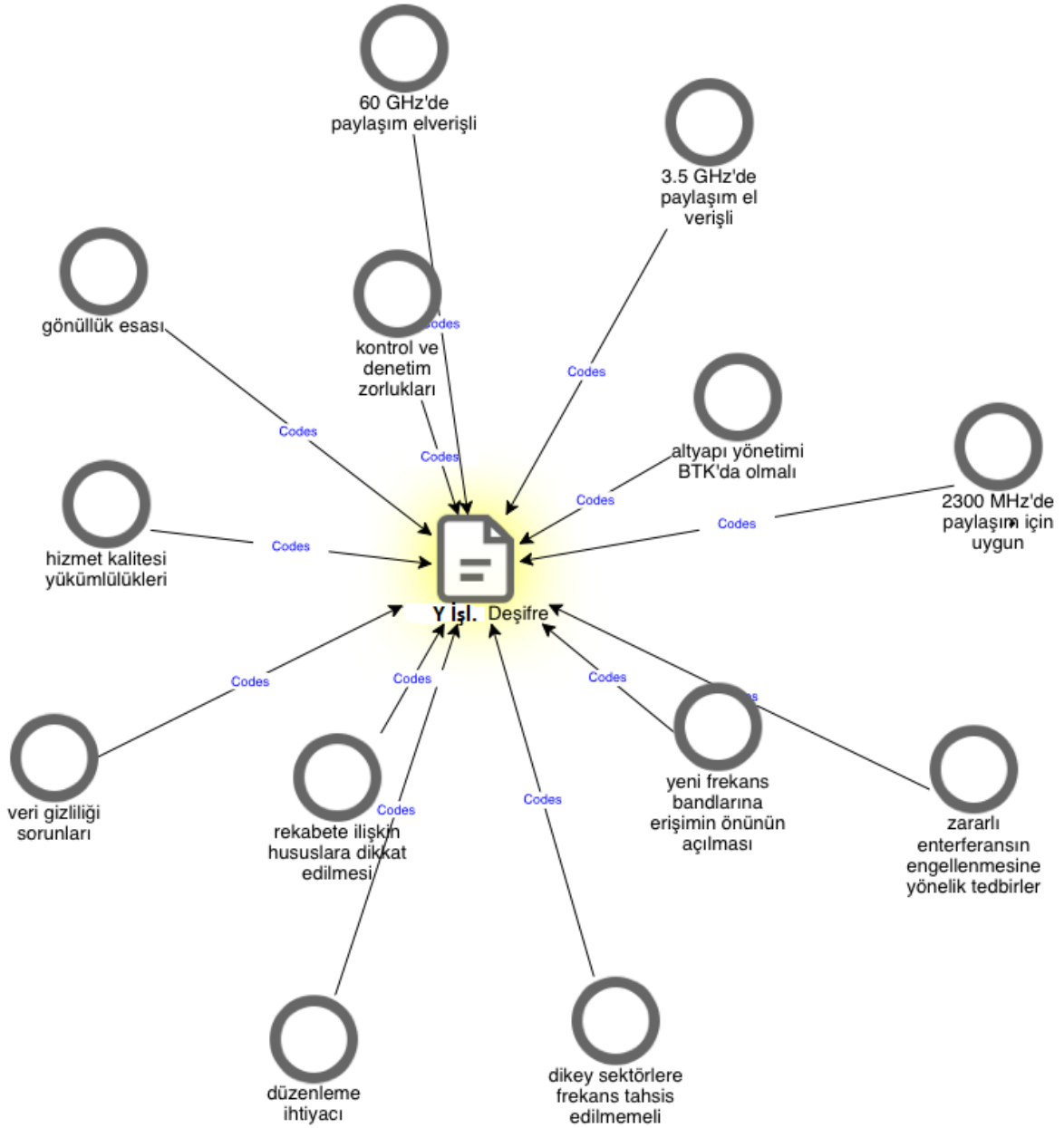
Y Operatörü:

Y operatörü ile yapılan görüşmenin kodları Şekil 4.4'te analiz edilmiştir. Merkeze yakın olan kodlardan görüşmede daha sık bahsedilmiştir. Buna göre Y operatörü genel olarak:

- Spektrum paylaşımını mobil haberleşme için yeni frekans bandlarının açılması olarak gördüklerinden spektrum paylaşımına olumlu yaklaştıklarını,
- Düzenleme yapılırken rekabete ilişkin hususlara dikkat edilmesi gerektiğini,

- Spektrum paylaşımı uygulamalarında yaşanan kontrol ve denetim zorluklarını belirtmiştir.

X operatörü ile yapılan görüşmeden çıkarılan tüm kodlara yine Şekil 4.4'te yer verilmiştir.



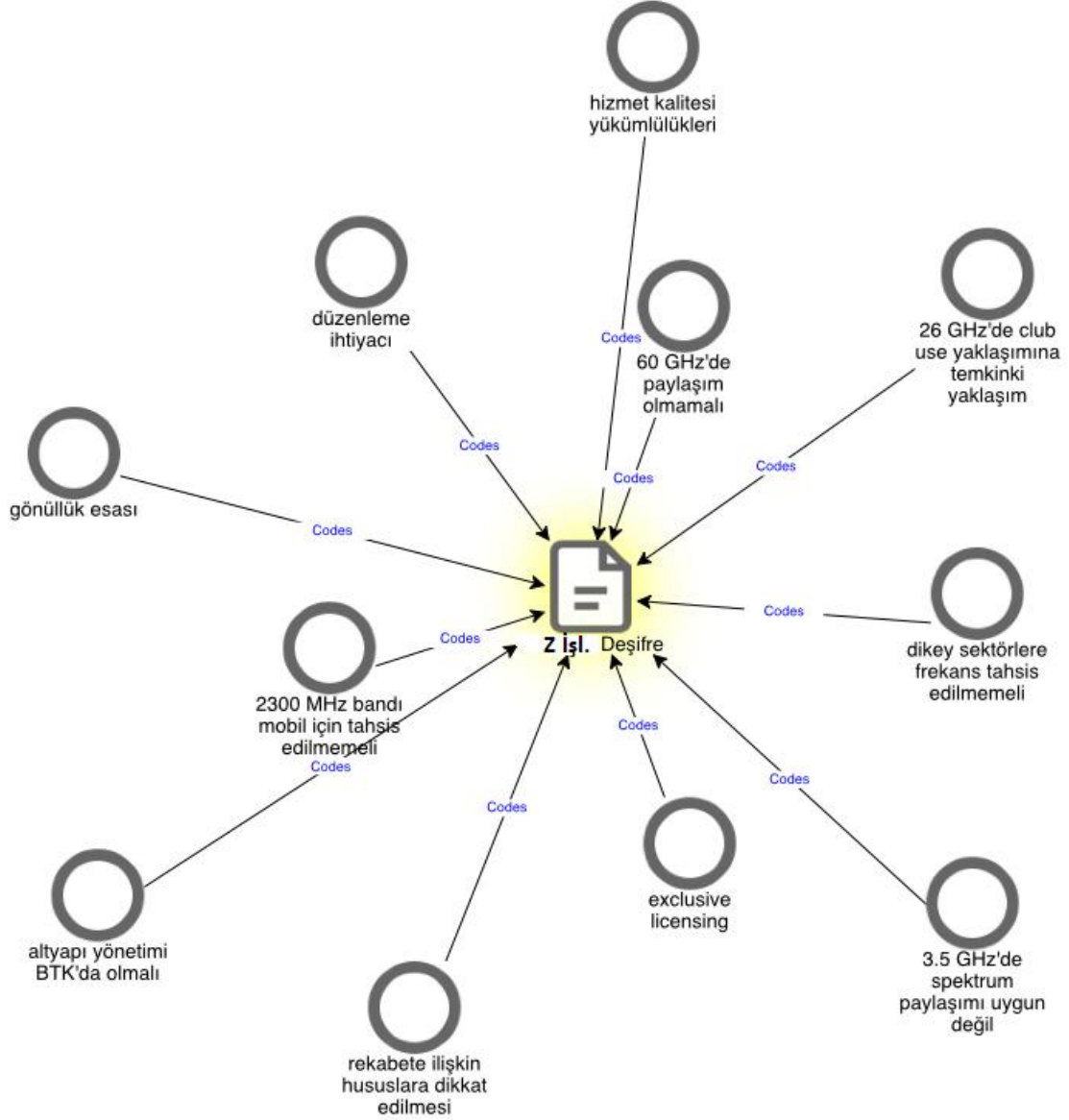
Şekil 4.4. Y operatörü ile yapılan görüşmenin analizi

Z Operatörü:

Z operatörü ile yapılan görüşmenin kodları Şekil 4.5'te analiz edilmiştir. Merkeze yakın olan kodlardan görüşmede daha sık bahsedilmiştir. Buna göre Z operatörü genel olarak:

- Mobil operatörler haricindeki dikey sektörler için frekans tahsis edilmemesi gerektiğini,
- Spektrum paylaşımından ziyada "exclusive licensing" in kendileri için temel yaklaşım olduğunu belirtmişlerdir.

Bunun dışında Z operatörüyle yapılan görüşmenin diğer kodlarına yine Şekil 4.5'te yer verilmiştir.



Şekil 4.5. Z operatörü ile yapılan görüşmenin analizi

4.2.1. Görüşmelerin genel analizi:

Operatörlerle yapılan görüşmelerin kodları genel olarak analiz edildiğinde ise karşımıza Şekil 4.6'daki genel tablo çıkmaktadır. Şekilde daha büyük olarak görülen kodlardan görüşmede daha sık bahsedilmiştir. Buna göre spektrum paylaşımı hususunda operatörlerin en çok değindiği hususlar:

- Spektrum paylaşımına ilişkin düzenleme yapılırken rekabete ilişkin hususlara dikkat edilmesi,

- Mevcut durumdaki hizmet kalitesi yükümlülüklerinin göz önünde bulundurulması,
- Spektrum paylaşımına ilişkin bir düzenleme yapılması gerektiği ihtiyacı,
- Spektrum paylaşımı ile yeni ilave frekans bandlarına erişime olumlu değerlendirilmesi,
- Spektrum paylaşımının bir zorunluluk değil bir ticari gönüllülük esasına bağlı olarak yapılması, kullan ya da kirala gibi yöntemlerde zorunluluk olduğundan operatörler için cazip olamayabileceği,
- Spektrumu paylaşımlı kullanımdan ziyade “exclusive” olarak kullanmayı tercih etmeleri
- Spektrum paylaşımına ilişkin kurulması muhtemel teknik altyapının kontrolünün BTK’da olması gerektiridir.
- Yapılacak düzenlemede entrerferansın önlenmesine yönelik tedbirlerin net olarak belirlenmesi,
- Mobil haberleşme sektörü haricindeki üretim, işletme, lojistik, tarım, madencilik ve sağlık gibi dikey sektörlerle frekans tahsis edilmemesi,
- Spektrum paylaşımına ilişkin düzenleme yapılırken teşvik mekanizmalarının ön plana çıkartılması hususları ön plana çıkmıştır.

Bunun yanında her operatörün ticari plan, beklenti ve stratejilerinin farklı olması nedeniyle sorulara verilen cevaplarda çeşitli farklılıkların ortaya çıktığı gözlemlenmiştir. Örneğin bir operatör belirli bir frekans bandında spektrum paylaşılması durumunda kapsama kalitesinin artacağına ilişkin görüş verirken diğer işletme aynı bandda paylaşım yapılması durumunda kapsama kalitesinin azalacağına bu nedenle daha fazla baz istasyonu kurması gerekeceğine dair görüş vermiştir. Bu anlamda operatör görüşlerinde bu farklılıkların operatörlerin ticari kaygılarından kaynaklanıyor olabileceği değerlendirilmektedir. Örneğin ilave spektruma daha fazla ihtiyacı olan bir operatörle, spektruma ihtiyacı olmayan operatörün görüşleri farklılık gösterdiği değerlendirilmektedir.



Şekil 4.6. Görüşmelerin kodlarının genel analizi

4.3. Spektrum Paylaşımı ile ilgili Yurt Dışı Mülakat Çalışması

Spektrum paylaşımı hakkında IRG (Independent Regulators Group)² aracılığıyla EK-4'te yer alan sorular e-posta ile ülke idarelerine yönetilmiş ve 15 ülkeden sorulara görüş verilmiştir. Ülke idarelerine sorulan sorular ile operatörlere sorulan benzer olsa da farklılık göstermektedir. Ülke idarelerine daha öz ve düzenleyici çerçeveyi anlamaya yönelik sorular yöneltilmiştir. Sorulara görüş veren ülkeler Avusturya, Belçika, Hırvatistan, Çek Cumhuriyeti, Finlandiya, Macaristan, İtalya, Malta, Letonya, Norveç, Birleşik Krallık, Sırbistan, Slovakya, Slovenya ve İspanya'dır.

² Bağımsız Düzenleyiciler Grubu (IRG), başlangıçta Avrupa telekomünikasyon pazarının düzenlenmesi ve geliştirilmesi ile ilgili önemli konularda üyeleri arasında deneyimlerini ve görüşlerini paylaşmak üzere 1997 yılında Avrupa Ulusal Telekomünikasyon Düzenleme Otoriteleri (NRA'lar) grubu olarak kurulmuştur. IRG, Grup, en iyi uygulamaların değişimi, kıyaslama, bilgi yönetimi, eğitim ve iletişimde mevcut ve gelecekteki düzenleyici zorluklar hakkında derinlemesine ve ileriye dönük tartışmalar için AB'nin birincil forumudur. IRG, 37 üyesi için eşit fırsatlar sağlarken NRA'lar arasında işbirliğini, karşılıklı yardımlaşmayı ve bilgi alışverişini geliştirmeye çalışmaktadır (IRG, 2021)

E-posta yolu ile gerçekleştirilen yurtdışı yarı yapılandırılmış mülakat çalışmasının genel bir değerlendirmesi yapılacak olursa cevap veren ülkelerin çoğunda spektrum paylaşımı alanında düzenlemeler olduğu görülmektedir. Sorulara cevap veren ülkelerin birçoğunda bu düzenlemeler çeşitli kanun ve yönetmeliklerle düzenlenmekte olduğu görülmektedir. Ülkelerin verdiği cevaplardan çıkarılan analizleri özetlemek gerekirse;

- Macaristan gibi bazı ülkelerde ise spektrum paylaşımı yerine spektrum ticaretine ilişkin düzenlemeler olduğu görülmüştür.
- Slovenya ve İtalya'da ise 5G ihale süreçlerinde “case-by-case” temelli spektrum paylaşımı yaklaşımının olduğu belirtilmektedir.
- Slovakya ise 5G ihalesinde “spektrum havuzu” yaklaşımını benimsediğini belirtmektedir. Spektrum havuzu yaklaşımında belirli sayıda operatör ortak bir spektrum havuzundan belirli spektrum aralıklarını diğer operatörün kullanmadığı yerlerde kullanabilmektedir.
- Letonya, Belçika, Hırvatistan, Slovakya ve Sırbistan ise ülkelerinde spektrum paylaşımına ilişkin bir düzenleme olmadığını söylemekle birlikte, Belçika ve Sırbistan gelecekte düzenleme yapmayı düşündüklerini iletmişlerdir.
- Bunun yanında Norveç 2.3 GHz ve 26 GHz'de paylaşım olanaklarının değerlendirilme aşamasında olduğunu iletmiştir.
- Avusturya da ise Viyana, Graz ve Linz gibi rekabetin yüksek olduğu şehirlerde spektrum paylaşımına özellikle izin verilmediği belirtilmiştir.
- Finlandiya da ise 1427-1518 MHz bandında dinamik spektrum paylaşımı uygulamasının yapıldığı belirtilmiştir.

Bunun yanında spektrum paylaşımının olduğu tüm ülkeler, spektrum paylaşım anlaşmalarını paylaşımından önce idarenin onayına tabii olduğunu dile getirmiştir.

5. DEĞERLENDİRME VE ÖNERİLER

5.1. Değerlendirme ve Tartışmalar ve Öneriler

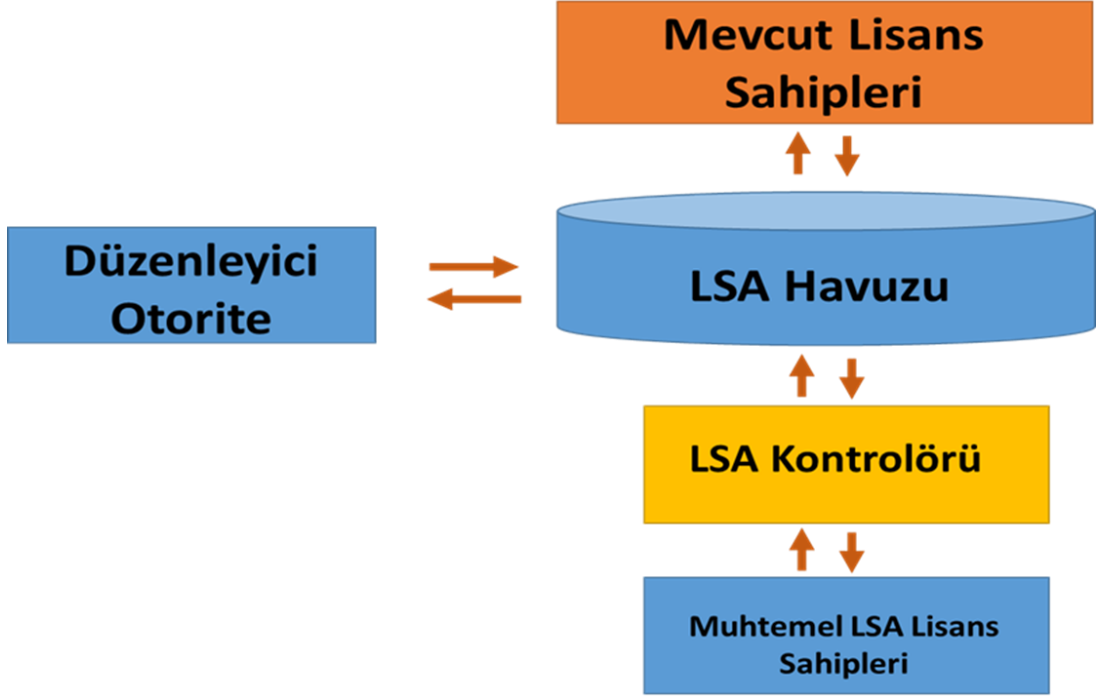
Bu bölümde, yapılan tüm incelemelere yönelik olarak değerlendirmelere, tartışmalara ve çeşitli önerilere yer verilecektir.

5.1.1. Operatör Görüşmeleri Kapsamında Öneriler

Bu bölümde operatörlerle yapılan görüşmelerdeki hususlar yurt dışı uygulamalarla karşılaştırılıp çeşitli sonuçlara ulaşılmaya çalışılmıştır. Bu bağlamda;

- Her üç operatör de spektrum paylaşım durumunda oluşabilecek rekabet ihlallerine ilişkin çekincelerinden bahsetse de Danimarka örneğinden görüleceği üzere paylaşım yapılan tarafların sunacağı çeşitli taahhütlerle bu çekincelerin üstesinden gelmek mümkündür. Bunun dışında, spektrum paylaşımına ilişkin olarak BTK tarafından ilgili pazarda etkin rekabeti önemli ölçüde azaltan işlemlere izin verilmemesi gerektiği, bununla birlikte BTK'nın, spektrum bantlarında, bir operatörün elde edebileceği azami frekans miktarını göstermek üzere spektrum aralıklarının belirleyebilmesi yetkisinin olmasının rekabet hususlarına ilişkin operatör çekincelerinin giderilmesini teminen önemli olabileceği değerlendirilmektedir.
- Her üç operatörün de dile getirdiği hizmet kalitesine ilişkin yükümlüklerin zaafa uğraması hususu ise paylaşım koşulları ile belirlenebilecek tedbirler sayesinde giderilebilecektir.
- Yine her üç operatör tarafından dile getirilen enterferans sorunlarının üstesinden gelmek kurulacak teknik altyapının iyi tasarlanmış olması ve uygulanacak müeyyidelerin net olarak belirlenmesi ile mümkün olabilecektir.
- Yine bazı operatörlerin her ne kadar 3.5 GHz'de paylaşım yapılmasının ekonomik ve teknik anlamda uygun olmadığına dair çekinceleri olsa da Finlandiya ve Danimarka örneğinden görüleceği üzere 3.5 GHz'de ortak şebeke kurmanın kırsalda hem maliyetin azalması hem de veri iletim kapasitesinin artması yönünde faydaları olduğu açıktır. Bu nedenle Norveç, Danimarka ve Finlandiya'da uygulanan paylaşım uygulamalarının ülkemizde de uygulanabileceği değerlendirilmektedir.
- Diğer bir husus olarak, kullan ya da kirala yöntemine ilişkin bazı operatörlerin çekinceleri olduğu görülmektedir. Özellikle 26 GHz frekans bandında uygulanması

- düşünülen bu modelin İtalya ve Slovenya örneğindeki gibi uygulanması durumunda atıl spektrum kullanımının önüne geçilebileceği düşünülmektedir. 26 GHz frekans bandındaki sinyaller yüksek frekans bandındaki yayılımın doğası gereği kısa mesafelerde sönmülmekte ve dolayısıyla bu frekans bandında herhangi bir operatör tarafından ülke çapında bir kapsama sağlanması olası değildir. Bu kapsamda söz konusu frekans bandında kendisine tahsisli kısmın dışında kalan kısmı, frekansın kullanılmadığı yerlerde diğer operatör tarafından kullanılmasının atıl spektrum kullanımının önüne geçilmesi için faydalı bir yöntem olacağı değerlendirilmektedir.
- 2300 MHz frekans bandına ilişkin olarak ise Avrupa'da uygulanan LSA yaklaşımının ülkemizde de uygulanabileceği değerlendirilmektedir. Bu kapsamda ülkemizde bandın mevcutta askeri olarak kullanımı göz önünde bulundurulduğunda tasarlanacak veritabanı temelli bir spektum paylaşım sistemi ile bandın mobil operatörlerce askeri kullanımın olmadığı yerlerde kullanımı atıl spektrum kullanımının önüne geçebileceği değerlendirilmektedir. Bu kapsamda bu sistemin gerçekleşmesi için kurulacak veritabanı merkezli teknik altyapı her ne kadar Amerika yaklaşımında üçüncü taraf özel şirketlerce yönetilse de ülkemizde kurulacak altyapının operatör görüşleri doğrultusunda BTK tarafından yönetilmesinin uygun olacağı değerlendirilmektedir. Bu kapsamda Şekil 5.1'de (EK-2) temel şeması verilen teknik altyapının BTK bünyesinde kurulması önerilmektedir. Şekilde LSA havuzu LSA lisans veritabanını temsil etmektedir. Lisans bilgileri içerisinde hangi frekans bandının hangi lokasyonda hangi teknik parametrelerle kullanılabilmesine ilişkin bilgiler yer almaktadır. LSA kontrolörü ise söz konusu LSA veritabanına erişmek isteyen potansiyel kullanıcıları belirli yetkilendirme süzgeçlerinden geçirerek erişim yetkisi sağlamaktadır. LSA havuzundaki bilgilere düzenleyici otoritenin sürekli erişimi olmasından dolayı hangi lisansların kullanıma açılabilmesi sürekli olarak düzenleyici otoritenin kontrolü altındadır. Bununla birlikte kurulacak teknik altyapının Bölüm 3.5'te belirtilen güvenlik önlemleri dikkate alınarak kurulması önem arz etmektedir.



Şekil 5.1. Spektrum Paylaşımı Teknik Altyapı Önerisi

- 60 GHz frekans bandının ise Çekya örneğinde olduğu gibi kurulacak bir web arayüzü ile birlikte light licensing (bildirim zorunlu) yaklaşımı çerçevesinde mobil operatörler dışında dikey sektörlerce de kullanılmasının spektrumun etkin ve verimli kullanılması açısından faydalı olabileceği değerlendirilmektedir.

Genel olarak değerlendirme yapmak gerekirse, spektrum yönetiminde geleneksel yaklaşım olan ‘yönet ve kontrol et’ yaklaşımının yerini, frekans kullanımının artması, yeni teknolojilerin ortaya çıkması ve kullanıcı taleplerdeki değişimlerle spektrumun etkin ve verimli kullanımı ilkesi çerçevesinde, pazar tabanlı ardından teknoloji tabanlı yaklaşımlara bırakması ihtiyaç haline gelmiştir. Bu bağlamda düzenleyici otoritenin spektrum tahsislerindeki rolünün azalması ve spektrumun nasıl kullanılacağına yetkilendirme sahibinin karar vermesinin ve spektrumun değerini pazar tabanlı ve teknoloji tabanlı yaklaşımlarla belirlemesinin teşvik edilmesi gerektiği değerlendirilmektedir.

Bununla birlikte, AB ile yürütülen müzakereler çerçevesinde ‘Bilgi Toplumu ve Medya’ faslında elektronik haberleşme sektörüne ilişkin BTK görev ve yetki alanı dâhilindeki kapanış kriterleri arasında, spektrum yönetimi konusunda müktesebatın

elektronik haberleşme ve bilgi toplumu hizmetleri kısmıyla mevzuat uyumunun tamamlanması da yer almaktadır. Bu kapsamda, AB düzenlemelerinde yer alan spektrum paylaşımına ilişkin hususların elektronik haberleşme mevzuatında ve uygulamalarında yer alması gerektiği değerlendirilmektedir.

5.1.2. Mevzuat Eksikliğine İlişkin Öneriler

Bu kapsamda mevzuat açısından, spektrum paylaşımı uygulamalarının EK-1'deki tabloda yer alan yetkilendirme türleri ve frekans bandlarında yapılabileceği değerlendirilmektedir. Ülkemizde spektrum paylaşımının, AB ve dünya örnekleri kapsamındaki uygulamalara yaklaştırılması ve AB mevzuatına uygun bir şekilde gerçekleştirilmesini sağlamak amacıyla aşağıdaki düzenlemelerin yapılabileceği değerlendirilmektedir:

- Spektrum paylaşımına ilişkin usul ve esasları düzenleyen ayrı bir düzenlemenin yürürlüğe girmesi gerektiği değerlendirilmektedir. Anılan düzenleme kapsamında, spektrum paylaşımının hangi kapsamda gerçekleştirilebileceğinin (frekansın miktar ve/veya zaman ve/veya coğrafya bakımından bölünerek kullanılmasına imkan tanınıp tanınmayacağı); spektrum paylaşımının hangi usuller aracılığıyla gerçekleştirilebileceği (kiralama ve/veya devir, şebeke paylaşımı) ile bu usuller kapsamında kullanım hakkını paylaşan ile paylaşılanın hangi hak ve yükümlülüklerle tabi olacağı açıkça belirlenmelidir. Ayrıca, BTK'nın idari yaptırım uygulamasını gerektiren durumların ve uygulanacak yaptırımların açıkça anılan düzenlemede yer alması gerektiği değerlendirilmektedir.

5.1.3. Teknik Altyapı Kurulumuna İlişkin Öneriler

Öte yandan, ülkemizde spektrum paylaşımının belirli bir hacme ulaşması durumunda yapılacak işlemlerde kolaylık sağlayacağından ve şeffaflığı artıracığı düşünüldüğünden spektrum paylaşımına ilişkin bir teknik altyapının oluşturulmasının; hem piyasada şeffaflığı hem de tüketicilerin bilgilendirilmesini sağlayacağı değerlendirilmektedir. Altyapı kapsamında, spektrum paylaşım taraflarının kimler olduğu ve yetkilendirmelerine ait bilgiler, uygulamanın yürürlüğe gireceği ve varsa sona ereceği tarihler, coğrafi alan,

paylaşılan frekansların tür ve miktarlarına ilişkin bilgilerin tutulabileceği değerlendirilmektedir. Böylelikle hem piyasada şeffaflığın sağlanacağı hem de tüketicilerin hangi operatörlerden hizmet alacaklarına yönelik seçim yapmaları konusunda bilgilendirilmiş olacakları değerlendirilmektedir. Altyapı sisteminde yer alacak bilgilerin Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurulu Kararı ile belirlenebileceği değerlendirilmektedir.

6. SONUÇ

Spektrum kıt ve değerli ulusal bir kaynaktır. 5G ile birlikte spektruma olan talebin giderek artacağı öngörülmektedir. Artan veri trafiği sorunun üstesinden gelebilmek için spektrumun olabildiğince verimli kullanılması gerekmektedir. Dinamik verimliliği teşvik etmek dünya çapında kamu politikası önceliği haline gelmiştir. OECD gibi uluslararası örgütlerin raporlarında da belirtildiği üzere büyüyen bir telekomünikasyon sektörü yalnızca doğrudan ekonomik ve sosyal büyüme sağlamakla kalmamakta, aynı zamanda ulaşım, ticaret ve inşaat endüstrileri gibi diğer endüstrilerin gelişimine de dolaylı olarak katkıda bulunmaktadır.

Geleneksel spektrum yönetimi yaklaşımı ile spektrumun sunduğu olanaklardan yeterince yararlanmak mümkün değildir. Bu vizyonu gerçekleştirmek ve gelecekteki uygulamaların spektrum taleplerini karşılamak için, yenilikçi spektrum erişim teknolojileri geliştirilmesi ve kullanılması ve bu teknolojilerin etkinliğini en üst düzeye çıkarabilecek yeni düzenlemeler ve kurumsal çerçeveler benimsenmesi gerekmektedir. Bu amaca yönelik olarak, dinamik spektrum erişimi ve kablosuz sistemler arasında spektrum paylaşımı kavramı ortaya çıkmıştır. Spektrum paylaşımı, belirli bir coğrafi alanda bulunan birkaç bağımsız kullanıcı tarafından sabit bir radyo frekans kaynağının eşzamanlı kullanımı veya ortak kullanımınıdır.

Bu çalışma kapsamında, spektrumun önemi, spektrum etkin ve verimli kullanıldığında sağlanacak sosyal, ekonomik faydalar araştırılmıştır. Ülkemizde mobil haberleşme sektörünün spektrum paylaşım yaklaşımına bakış açısı, öneri ve çekinceleri gerçekleştirilen odak grup görüşmeleriyle analiz edilmiştir. Odak grup görüşmeleri yarı yapılandırılmış mülakat tarzında gerçekleştirilmiş ve önceden hazırlanan soru seti operatörlerin bir ön hazırlık yapmasını teminen görüşmelerden önce operatörlere iletilmiştir. Görüşmelerde operatörlerin spektrum paylaşımına ilişkin genel görüşleri ve ayrıca çeşitli frekans bantları özelinde görüşleri alınmıştır. Gerçekleştirilen görüşmeler Nvivo nitel araştırma programı aracılığıyla çeşitli kodlama tekniği kullanılarak analiz edilmiştir. Avrupa'da ve ABD'de uygulanan mevcut spektrum yönetim yaklaşımlarının geldiği nokta belge tarama ve e-posta yoluyla yarı yapılandırılmış mülakat çalışması yapılarak incelenmiştir.

Ardından spektrum paylaşımı hususunda Avrupa ve ABD'deki yaklaşımlarla ülkemizdeki mobil operatörlerin yaklaşımları birlikte değerlendirilmiş ve ülkemizde uygulanmasında ekonomik ve sosyal faydaları olacağı değerlendirilen bazı düzenleme değişiklikleri (EK-1) ve Spektrum Paylaşım Sistemi teknik altyapı gereksinimleri (EK-2) ile ilgili önerilerde bulunulmuştur.

KAYNAKLAR

- 5GAmericas. (2019). *5G Americas White Paper – 5G Spectrum Vision*.
<http://library1.nida.ac.th/termpaper6/sd/2554/19755.pdf>
- AB. (2016). *DIRECTIVESDIRECTIVE (EU) 2018/1972 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCILof 11 December 2018establishing the European Electronic Communications Code*.
- Baldini, G., Sturman, T., Biswas, A. R., Leschhorn, R., Gódor, G., & Street, M. (2012). Security aspects in software defined radio and cognitive radio networks: A survey and a way ahead. In *IEEE Communications Surveys and Tutorials* (Vol. 14, Issue 2, pp. 355–379).
<https://doi.org/10.1109/SURV.2011.032511.00097>
- Baltacı, A., & Bakanlığı, M. E. (2017). Nitel Veri Analizinde Miles-Huberman Modeli. *Cilt*, 3(1), 1–15.
- Basaure, A. vd. (2015). Implications of dynamic spectrum management for regulation. *Telecommunications Policy*, 39(7), 563–579. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2014.07.001>
- Bauer, J. M. (2010). Regulation, public policy, and investment in communications infrastructure. *Telecommunications Policy*, 34(1–2), 65–79.
<https://doi.org/10.1016/j.telpol.2009.11.011>
- Bian, K., & Park, J. (2006). MAC-Layer Misbehaviors in Multi-Hop Cognitive Radio Networks. *US-Korea Conference on Science, Technology, and Entrepreneurship*, 3–10.
<https://www.yumpu.com/en/document/view/52486005/mac-layer-misbehaviors-in-multi-hop-cognitive-radio-arias>
- Blackman, C., & Srivastava, L. (2011). *TELECOMMUNICATIONS REGULATION HANDBOOK*.

- BTK. (2018a). *Frekans Tahsisinden Muaf Telsiz Cihaz ve Sistemleri*.
<https://www.btk.gov.tr/frekans-tahsisinden-muaf-telsiz-cihaz-ve-sistemleri>
- BTK. (2018b). *Milli Frekans Planı - Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu*.
<https://www.btk.gov.tr/milli-frekans-planı>
- BTK. (2021). *Türkiye Elektronik Haberleşme Sektörü- Üç Aylık Pazar Verileri Raporu (2021 2. Çeyrek)*. <https://www.btk.gov.tr/uploads/pages/pazar-verileri/ceyrek-raporu-2021-2-ceyrek-30-09-21-v8-kurumdisi.pdf>
- Cabric, D., Mishra, S. M., & Brodersen, R. W. (2004). Implementation issues in spectrum sensing for cognitive radios. *Conference Record - Asilomar Conference on Signals, Systems and Computers, 1*, 772–776. <https://doi.org/10.1109/acssc.2004.1399240>
- Cambridge Dictionary. (2021). *SPECTRUM | Cambridge İngilizce Sözlüğü'ndeki anlamı*.
<https://dictionary.cambridge.org/tr/sözlük/ingilizce/spectrum>
- Cave, M., Doyle, C., & W. (2007). *Essentials of modern spectrum management Cambridge*.
<http://library1.nida.ac.th/termpaper6/sd/2554/19755.pdf>
- Cave, M., & Webb, W. (2012). The unfinished history of usage rights for spectrum. *Telecommunications Policy, 36*(4), 293–300. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2011.12.013>
- CEPT. (2014). *Trends and principles in spectrum management CEPT*.
https://www.cept.org/files/1051/Workshops/CEPT_workshop_june_2014/3-2-Trends_principles_examples_spectrum_management.pptx
- Danish Competition and Consumer Authority. (2012). *Radio Access Network sharing agreement between Telia Denmark A/S and Telenor A/S*.
<https://www.en.kfst.dk/nyheder/kfst/english/decisions/20120229-radio-access-network-sharing-agreement-between-telia-denmark-and-telenor/>
- Durantini, A., & Martino, M. (2013). The spectrum policy reform paving the way to cognitive

- radio enabled spectrum sharing. *Telecommunications Policy*, 37(2–3), 87–95. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2012.10.003>
- EC. (2012a). Decisions establishing a multiannual radio spectrum policy programme. *Official Journal of the European Union*, 81, 7–17. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32012D0243&from=EN>
- EC. (2012b). *Promoting the shared use of radio spectrum resources in the internal market*.
- EC. (2020). *Work programme for 2020 and beyond. September 2019, 2021*.
- Ericsson. (n.d.). *Ericsson Mobility Report Q2 Update August 2021*. Retrieved November 20, 2021, from www.ericsson.com/mobility-report
- FCC. (2019). *Spectrum Sharing | Federal Communications Commission*. <https://www.fcc.gov/tags/spectrum-sharing>
- FCW. (2019). *FCC announces first spectrum-sharing deal -- GCN*. <https://fcw.com/GIG/gcn/Articles/2019/09/19/spectrum-sharing.aspx>
- Gao, Z., Zhu, H., Liu, Y., Li, M., & Cao, Z. (2013). Location privacy in database-driven Cognitive Radio Networks: Attacks and countermeasures. *Proceedings - IEEE INFOCOM*, 2751–2759. <https://doi.org/10.1109/INFCOM.2013.6567084>
- Gurney, D., Buchwald, G., Ecklund, L., Kuffner, S., & Grosspietsch, J. (2008). Geo-location database techniques for incumbent protection in the TV white space. *2008 IEEE Symposium on New Frontiers in Dynamic Spectrum Access Networks, DySPAN 2008*, 232–240. <https://doi.org/10.1109/DYSPAN.2008.31>
- Haryadi, S. (2018). *Principles of Spectrum Management. March*, 1–11. <https://doi.org/10.31227/osf.io/zhqvd>
- Hernandez-Serrano, J., Lé, O., & Soriano, M. (2011). Modeling the Lion Attack in Cognitive

- Radio Networks. *EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking*, 2011. <https://doi.org/10.1155/2011/242304>
- IRG. (2021). <https://www.irg.eu/>
- ITU-R. (2012). *Spectrum for IMT*. 2–3. <https://www.itu.int/ITU-D/tech/MobileCommunications/Spectrum-IMT.pdf>
- ITU-R. (2015a). *Handbook on National Spectrum Management*. 333. https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/hdb/R-HDB-21-2015-PDF-E.pdf
- ITU-R. (2015b). IMT Vision – Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond. *ITU-R M.2083-0, 0*, https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/m/R-REC-M.
- ITU. (2008). Radio Regulations. In *The RF in RFID* (pp. 447–457). <https://doi.org/10.1016/b978-075068209-1.50010-3>
- ITU. (2011). *About ITU*. <https://www.itu.int/en/about/Pages/default.aspx>
- ITU. (2015). *Nomenclature of the frequency and wavelength bands used in telecommunications*. 15. <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/en>
- Khun-Jush, J., & Bender, V. (2012). Licensed shared access as complementary approach to meet spectrum demands: Benefits for next generation cellular systems. *ETSI Workshop on Reconfigurable Radio Systems, December*, 1–7.
- Kim, S. M., Kim, J., Cha, H., Sim, M. S., Choi, J., Ko, S. W., Chae, C. B., & Kim, S. L. (2020). Opportunism in Spectrum Sharing for beyond 5G with Sub-6 GHz: A Concept and Its Application to Duplexing. *IEEE Access*, 8, 148877–148891. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3015762>
- Kour, H., Jha, R. K., & Jain, S. (2018). A comprehensive survey on spectrum sharing:

- Architecture, energy efficiency and security issues. *Journal of Network and Computer Applications*, 103(September 2017), 29–57. <https://doi.org/10.1016/j.jnca.2017.11.010>
- Liu, L., Kantarcioglu, M., & Thuraisingham, B. (2008). The applicability of the perturbation based privacy preserving data mining for real-world data. *Data and Knowledge Engineering*, 65(1), 5–21. <https://doi.org/10.1016/j.datak.2007.06.011>
- Massaro, M. (2017). Next generation of radio spectrum management: Licensed shared access for 5G. *Telecommunications Policy*, 41(5–6), 422–433. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2017.04.003>
- Mitola, J., & Maguire, G. Q. (1999). Cognitive radio: making software radios more personal. *IEEE Personal Communications*, 6(4), 13–18. <https://doi.org/10.1109/98.788210>
- NASA. (2013). *Electromagnetic Spectrum - Introduction*. High Energy Astrophysics Science Archive Research Center. <https://imagine.gsfc.nasa.gov/science/toolbox/emspectrum1.html>
- Newman, T. R., Clancy, T. C., McHenry, M., & Reed, J. H. (2010). Case study: Security analysis of a dynamic spectrum access radio system. *GLOBECOM - IEEE Global Telecommunications Conference*. <https://doi.org/10.1109/GLOCOM.2010.5683726>
- Obsevatory, 5G. (2021). *5G Products – 5G Observatory*. <https://5gobservatory.eu/5g-spectrum/>
- Ofcom. (2016). *Mobile Data Strategy Update on our strategy for mobile spectrum Update 2016 (June)*. June. https://www.ofcom.org.uk/__data/assets/pdf_file/0033/79584/update-strategy-mobile-spectrum.pdf
- OFCOM. (2019). *Enabling wireless innovation through local licensing technology*. July. https://www.ofcom.org.uk/__data/assets/pdf_file/0033/157884/enabling-wireless-innovation-through-local-licensing.pdf

- Oklay, E. (2011). *Nitel Araştırmalarda Kodlama*. <https://www.erdemoklay.com/post/nitel-arastirmalarda-kodlama>
- Park, J. M., Reed, J. H., Beex, A. A., Clancy, T. C., Kumar, V., & Bahrak, B. (2014). Security and enforcement in spectrum sharing. *Proceedings of the IEEE*, 102(3), 270–281. <https://doi.org/10.1109/JPROC.2014.2301972>
- Peha, J. M. (2009). Spectrum management policy options. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 1(1), 2–8. <https://doi.org/10.1109/comst.1998.5340403>
- Prasad, R. ;, & Sridhar, V. (2013). A Service of zbw Leibniz-Informationszentrum Wirtschaft Leibniz Information Centre for Economics Moving from Command and Control to Flexible Use and to a Spectrum Commons. *Technology, Investment and Uncertainty*. <http://hdl.handle.net/10419/88535www.econstor.eu>
- President’s Council of Advisors on Science and Technology (PCAST). (2012). *Report to the President: Realizing the Full Potential of Government-Held Spectrum to Spur Economic Growth*. http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/pcast_spectrum_report_final_july_20_2012.pdf
- RSPG. (2011). *RADIO SPECTRUM POLICY GROUP 2011 Report on Collective Use of Spectrum (CUS) and other spectrum sharing approaches Radio Spectrum Policy Group- Report on CUS and other spectrum sharing approaches-RSPG11-392*.
- RSPG. (2013). *RADIO SPECTRUM POLICY GROUP (RSPG) Opinion on Licensed Shared Access RSPG Opinion on Licensed Shared Access*. 0–33.
- RSPG. (2014). *RADIO SPECTRUM POLICY GROUP (Draft) RSPG Opinion on Common Policy Objectives for WRC-15 1 (Draft) RSPG Opinion on Common Policy Objectives for WRC-15*.
- RSPG. (2021). *RSPG Report on Spectrum Sharing. A forward-looking survey*. <https://rspg->

spectrum.eu/wp-content/uploads/2021/02/RSPG21-016final_RSPG_Report_on_Spectrum_Sharing.pdf

Simon Forge, R. H. and C. B. (2012). *Perspectives on the value of shared spectrum access*. February.

TDK. (2020). Türk Dil Kurumu Sözlükleri. *Tdk*, Türk Dil Kurumu. <https://sozluk.gov.tr/>

Tippenhauer, N. O., Rasmussen, K. B., Pöpper, C., & Čapkun, S. (2009). Attacks on public WLAN-based positioning systems. *MobiSys'09 - Proceedings of the 7th ACM International Conference on Mobile Systems, Applications, and Services*, 29–39. <https://doi.org/10.1145/1555816.1555820>

Toledo, A. L., & Wang, X. (2007). Robust detection of selfish misbehavior in wireless networks. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 25(6), 1124–1134. <https://doi.org/10.1109/JSAC.2007.070807>

UAB. (2017). Ulusal Genişbant Stratejisi ve Eylem Planı. *UAB*. <https://hgm.uab.gov.tr/ulusal-genisbant-stratejisi>

Wang, W., Sun, Y., Li, H., & Han, Z. (2010). Cross-layer attack and defense in cognitive radio networks. *GLOBECOM - IEEE Global Telecommunications Conference*. <https://doi.org/10.1109/GLOCOM.2010.5684069>

Weiss, M. B. H., Werbach, K., Sicker, D. C., & Bastidas, C. E. C. (2019). On the application of blockchains to spectrum management. *IEEE Transactions on Cognitive Communications and Networking*, 5(2), 193–205. <https://doi.org/10.1109/TCCN.2019.2914052>

Yang, C., Li, J., Guizani, M., Anpalagan, A., & Elkashlan, M. (2016). Advanced spectrum sharing in 5G cognitive heterogeneous networks. *IEEE Wireless Communications*, 23(2), 94–101. <https://doi.org/10.1109/MWC.2016.7462490>

Zeki Karataş. (2015). SOSYAL BİLİMLERDE NİTEL ARAŞTIRMA YÖNTEMLERİ. *Manevi Temelli Sosyal Hizmet Araştırmaları Dergisi*, 62–80.

Zhou, Z., Chen, X., Zhang, Y., & Mumtaz, S. (2020). Blockchain-Empowered Secure Spectrum Sharing for 5G Heterogeneous Networks. *IEEE Network*, 34(1), 24–31. <https://doi.org/10.1109/MNET.001.1900188>

Zou, Y. (2017). Physical-Layer Security for Spectrum Sharing Systems. *IEEE Transactions on Wireless Communications*, 16(2), 1319–1329. <https://doi.org/10.1109/TWC.2016.2645200>

EKLER

EK 1: Spektrum Paylaşımına Yönelik Mevzuat Önerileri

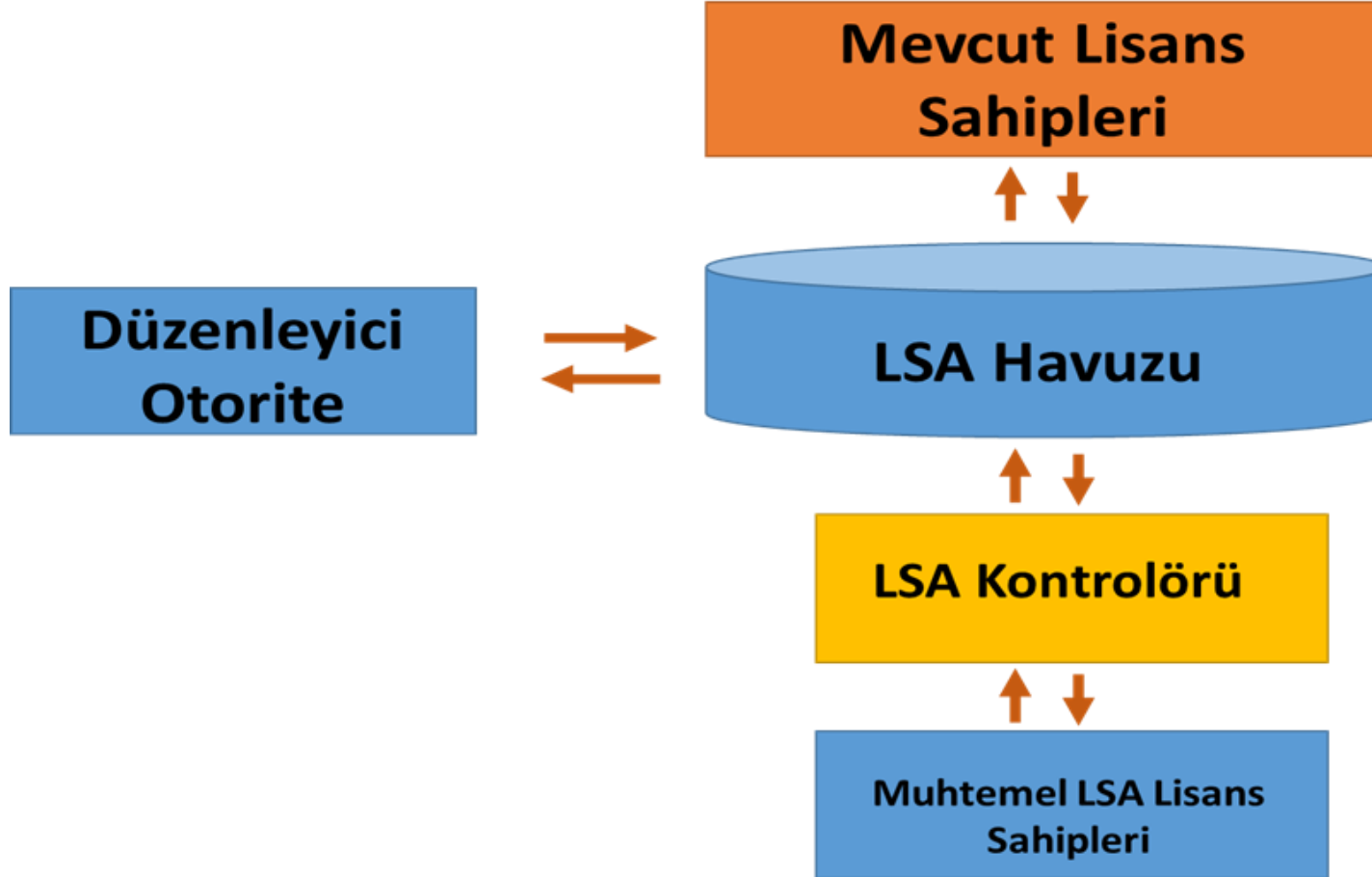
Mevzuat İsmi	İlgili Madde	Değişiklik/Ekleme Önerisi	Değişiklik Gerekçesi															
Spektrum Yönetimi Yönetmeliği	Yeni Madde	Frekansın spektrum paylaşımı kapsamında el değiştirmesi MADDE X: (1) İşletmecilerce spektrum paylaşımı uygulamaları kapsamında spektrum paylaşımı yapılabilecek frekans bandları Kurulca belirlenir.	Spektrum paylaşımına ilişkin maddenin ilgili Yönetmelikte yer alması gerekmektedir.															
Yeni Kurul Kararı		Spektrum Paylaşımına Konu Elektronik Haberleşme Hizmetleri, Frekans Bandları ve Minimum Kanal Genişlikleri 1) İşletmecilerce spektrum paylaşımı uygulamaları kapsamında spektrum paylaşımı yapılabilecek frekans bandları şunlardır. Spektrumun etkin ve verimli kullanımı ilkesi çerçevesinde; spektrum paylaşımı uygulamalarında, hizmetin durumuna göre, bir işletmeciye tahsisli kanalların bütünlüğünün bozulmaması esastır. <table border="1"><thead><tr><th>Elektronik Haberleşme Hizmeti</th><th>Frekans Band(lar)ı</th><th>Minimum Kanal Genişliği</th></tr></thead><tbody><tr><td>Hücreli sistemler</td><td>2300 MHz</td><td>Belirlenecektir.</td></tr><tr><td>Hücreli sistemler</td><td>3.5 GHz</td><td>Belirlenecektir.</td></tr><tr><td>GSM</td><td>26 GHz</td><td>Belirlenecektir.</td></tr><tr><td>Noktadan Noktaya</td><td>60 GHz</td><td>Belirlenecektir.</td></tr></tbody></table>	Elektronik Haberleşme Hizmeti	Frekans Band(lar)ı	Minimum Kanal Genişliği	Hücreli sistemler	2300 MHz	Belirlenecektir.	Hücreli sistemler	3.5 GHz	Belirlenecektir.	GSM	26 GHz	Belirlenecektir.	Noktadan Noktaya	60 GHz	Belirlenecektir.	Spektrum paylaşımına esas hizmetlere ilişkin frekans bandlarının ve paylaşımına konu minimum kanal genişliklerinin yeni alınacak bir Kurul Kararında yer alması ve söz konusu Kurul Kararı'nın gerektiğinde güncellenmesi gerekmektedir.
Elektronik Haberleşme Hizmeti	Frekans Band(lar)ı	Minimum Kanal Genişliği																
Hücreli sistemler	2300 MHz	Belirlenecektir.																
Hücreli sistemler	3.5 GHz	Belirlenecektir.																
GSM	26 GHz	Belirlenecektir.																
Noktadan Noktaya	60 GHz	Belirlenecektir.																

Yetkilendirme Yönetmeliği	Yeni Madde	<p>Spektrum Paylaşımı</p> <p>1) İşletmeciler kullanım hakkı kapsamında kendilerine tahsis edilen frekansları, Kurum tarafından aksi öngörülmedikçe, spektrum paylaşımı çerçevesinde birbirlerine devredebilir veya kiralayabilirler ve diğer işletmecilerle paylaşabilirler.</p> <p>a) Sayısı sınırlandırılmış kullanım hakkı kapsamında tahsis edilen frekansların spektrum paylaşımı çerçevesinde devredilmesi veya kiralanması, Kurumun kaynakların paylaşılmasını, devrini veya kiralanmasını uygun bulduğuna yönelik yazılı izin vermesine bağlıdır. Kurum kendisine gelen başvurudan itibaren makul bir süre içerisinde kararını verir. Kurum tarafından izin verildiği durumlarda, sayısı sınırlandırılmış kullanım hakkını paylaşılan şirket adına sayısı sınırlandırılmış kullanım hakkı yetki belgesi düzenlenir.</p> <p>2) Kurum, spektrum paylaşımına ilişkin incelemelerinde rekabet şartlarını, işletmecinin pazar payını ve diğer ilgili hususları dikkate alır.</p> <p>Ayrıca, aşağıdaki hususların varlığı halinde Kurum, spektrum paylaşımına konu frekans kaynağının türüne göre, spektrum paylaşımına ilişkin başvuruyu reddedebilir veya Kurum'a bildirilen spektrum paylaşımı iptal edebilir:</p> <p>a) Frekans kullanım hakkını paylaşan ve paylaşılan şirketlerin bu Yönetmeliğin 7 nci maddesinde öngörülen şartları taşımaması,</p> <p>b) İşletmecinin, elektronik haberleşme hizmeti sunmak amacıyla yetkilendirilmiş olması sebebiyle ilgili mevzuat tarafından öngörülmüş bulunan mali yükümlülüklerini yerine getirmemiş olması,</p> <p>c) Spektrum paylaşımının zararlı enterferansa yol açması,</p>	Taslak hüküm, spektrum paylaşımı ilişkin hususların çerçeve ve kapsamının genel anlamda belirlenebilmesi amacını taşımaktadır.
------------------------------	------------	--	--

		<p>d) Spektrum paylaşımının ilgili pazarlarda etkin rekabeti önemli ölçüde azaltması,</p> <p>e) Spektrum paylaşımının kaynakların etkin ve verimli kullanılmasına engel olması,</p> <p>f) İşletmecilerden herhangi birinin yetkilendirmesinin iptali için başvurmuş olması.</p> <p>3) Kurum'un idari tedbir ve yaptırımlara ilişkin yetkileri saklı kalmak kaydıyla, Kurum gerekli hallerde, spektrum paylaşımının gerçekleşmesini belirli koşul ve yükümlülüklerle bağlayabilir veya spektrum paylaşımı yoluyla işletmecinin elde edebileceği azami frekans miktarını belirleyebilir.</p> <p>4) İşletmecilerce spektrum paylaşımı uygulamaları kapsamında spektrum paylaşımı ve spektrum kiralaması yapılabilecek frekans bantları Kurulca belirlenir.</p>	
Yetkilendirme Yönetmeliği	Yeni Madde (Geçici Madde)	<p>1) İmtiyaz sözleşmesi imzalamış işletmecilerin, imtiyaz sözleşmesi kapsamındaki frekanslarını spektrum paylaşımı çerçevesinde paylaşmaları Kurumun bu konudaki yazılı iznine bağlıdır. Kurum kendisine gelen başvurudan itibaren makul bir süre içerisinde kararını verir. Kurum tarafından yapılacak değerlendirmeler, bu Yönetmeliğin ... maddesinde öngörülen hüküm ve koşullara tabidir.</p> <p>2) İmtiyaz sözleşmesi kapsamındaki frekanslar, paylaşım sözleşmesinin bitiminde, kaynağın ilk tahsis edildiği işletmeciye iade edilmesi şartıyla paylaşılabilir.</p> <p>3) İmtiyaz sözleşmesi kapsamındaki frekanslar, spektrum paylaşımı çerçevesinde kiralamaya konu olabilir.</p>	Taslak hüküm, niteliği itibariyle bildirim ve kullanım hakkından farklılık arz eden imtiyaz sözleşmeleri kapsamındaki frekans tahsislerinin hangi kapsam ve şartlarda spektrum paylaşımına konu olabileceğini düzenleme amacı taşımaktadır.

		<p>4) Paylaşan veya paylaşılan işletmecinin imzalamış olduğu paylaşım sözleşmelerinin herhangi bir şekilde sona ermesi halinde, spektrum paylaşımı çerçevesinde paylaşılan frekanslar, kaynağın ilk tahsis edildiği işletmeciye kendiliğinden iade olmuş sayılır.</p> <p>5) Kurum'un idari tedbir ve yaptırımlara ilişkin yetkileri saklı kalmak kaydıyla, Kurum gerekli hallerde, spektrum paylaşımının gerçekleşmesini belirli koşul ve yükümlülüklerle bağlayabilir veya işletmecinin elde edebileceği azami frekans miktarını belirleyebilir.</p>	
Yetkilendirme Yönetmeliği ve Elektronik Haberleşme Hizmet, Şebeke ve Altyapılarının Tanım, Kapsam ve Süreleri Düzenlemesi	“Tanımlar” başlıklı 4’üncü Madde ve 1. TERİM VE KISALTMALAR	“Spektrum Paylaşımı: frekans kullanım hakkı olan bir işletmecinin, söz konusu hak ve yükümlülüklerinin tamamını veya bir kısmını Kurum tarafından yetkilendirilmiş veya yetkilendirme başvuru şartlarını haiz başka bir işletmeci veya tüzel kuruluşla paylaşması”	Spektrum paylaşımına ilişkin tanımın ilgili Yönetmelikte ve düzenlemede yer alması gerekmektedir.

EK 2: Spektrum Paylaşımı Teknik Altyapı Önerisi



EK 3: Operatör Görüşme Soruları

Spektrum Paylaşımı Görüşme Soruları

1. Spektrum paylaşımına genel bakışınız nedir? Ülkemizde bu alanda bir eksiklik ve ihtiyaç görüyor musunuz?
 - a. Eksik bulduğunuz hususların nedenleri nelerdir? (işletmecilerin taleplerinde zayıflık, mevcut kamu kullanıcılarının isteksizliği, teknik altyapı yetersizliği...)
2. Spektrum paylaşımına ilişkin düzenleme yapılmasını gerekli buluyor musunuz?
3. Gelecek planlarınızda spektrum paylaşımına ilişkin hususlar var mıdır? Paylaşım modeli önerisi?
4. Spektrum paylaşımına ilişkin düzenlemeler yapıldığında düzenleyici kurumdan beklentiniz nedir?
5. Spektrum paylaşımına ilişkin düzenlemeler yapıldığında hangi frekans bandlarında olmasını tercih ederdiniz?
 - a. 2300 -2400 MHz frekans bandında mevcut kamu kullanıcıları spektrum paylaşımı olması durumunda talebiniz nasıl olur?
 - b. 5.8 GHz de Çek Cumhuriyeti uygulaması gibi bir kullanım senaryosu hakkındaki görüşleriniz nelerdir?
6. 5G ve Spektrum Paylaşımı hakkında görüşleriniz nelerdir?
 - a. 3.5 GHz bandına Finlandiya örneğinde olduğu gibi “network slicing” kullanarak operatörler arası ”spektrum havuzu” yaklaşımı hakkındaki görüşünüzü nedir?
 - b. 26 GHz frekans bandında İtalya yaklaşımında olduğu gibi “kullan ya da kirala” gibi ya da “club use” gibi yaklaşımı hakkındaki görüşünüz nedir?
 - c. 6 GHz ve 60 GHz bandında LAA yaklaşımı hakkında görüşleriniz nelerdir?
7. Spektrum Paylaşımı hakkında ilave öneri ve görüşler...

Teşekkürler...

EK 4: Yurt Dışı Mülakat için Ülke İdarelerine İletilen Sorular

QUESTIONNAIRE ABOUT SPECTRUM SHARING

Responding NRA:

Country:

Contact Person:

e-mail:

Dear colleagues, we have a few short questions related to the spectrum sharing and your help would be very much appreciated.

1. Do you have any spectrum sharing regulation or implementation in your country especially in MFCN frequency bands? If yes, please provide details?
2. Is it limited for some frequency bands or not? If yes, for which band do you allow sharing?
3. Do you have any spectrum sharing/pooling approach in 5G?
4. How do you determine the terms for the use of spectrum? Who is responsible for the efficient spectrum usage, the incumbent or secondary user?
5. As a regulator, what is your role in spectrum sharing?

Kindly send your answers preferably by 22 October. Thank you in advance.