

# 3G ve 4G MOBİL İLETİŞİM SİSTEMLERİNDE BAZ İSTASYONU ANTENLERİ GELİŞİMİ

Dr. Cahit Karakuş  
İstanbul Kültür Üniversitesi

Dr. Mehmet Fatih Demirkol  
Avea

**Anahtar Kelimeler:** GSM, Mobil iletişim, Baz istasyonu, Yönlü antenler, MIMO, Dizi antenler, Işıma huzmesi yönlendirilmesi.

## ÖZET:

3G mobil haberleşme sistemi, cep telefonunu sadece konuşma amaçlı olmaktan çıkarıp, yerini video ve multimedia içeren geniş bant veri servislerinden mobil olarak faydalanmayı sağlayan cihazlara bırakmıştır. Mobil veri trafiği hızla büyümekte olup bazı gelişmiş pazarlarda ses trafiğinin fazlasıyla üstüne çıkmıştır. Mobil kullanım ve uygulamalardaki hızlı veri isteği GSM operatörlerinin şebeke kapasitelerini hızlı şekilde genişletme uğraşı içerisine sokmuştur. Bu yayında gezgin telefon olarak da adlandırılan mobil erişim hizmetlerini veren GSM operatörlerin baz istasyonlarında kullandıkları antenlerin gelişimi ve teknik özellikleri anlatılmıştır. Geleceğin anteni olarak adlandırılan antenlerde ışım huzmesi yönlendirilmesi konusu detaylı olarak açıklanmıştır.

## 1. GİRİŞ

GSM operatörleri artan kapasite ihtiyacını karşılayabilmek için baz istasyonu yoğunluğunu artırma, istasyon başına sektör sayısını artırma, taşıyıcı ekleme ya da bant genişliğini artırma ve daha yeni erişim teknolojilerini servise sunma gibi çözümler uygulamaktadırlar. Operatörler, menzili tipik olarak 2 ile 5 km olan makro kapsamalı istasyonların yerine özellikle yoğun nüfuslu yerlerde menzili 200m'ye kadar düşen mikro istasyonlar kurarak hücre yoğunluğunu, kapasiteyi ve veri hızlarını artırmaya yönelmişlerdir. Ayrıca küçük iş yerlerinde ve evlerde femto hücreler devreye alınmaya başlayarak şebeke üzerindeki veri trafiği yükünün hafifletilmesi amaçlanmaktadır. Baz istasyonu başına hücre sayısı da ilk GSM şebekelerinde tek iken, günümüzde, yoğun nüfuslu ve sinyalin açılma saçılımının düşük olduğu ortamlarda 6 sektör

kullanılmaya başlanmıştır. Dünyanın birçok yerinde 4G adı da verilen mobil geniş bant hizmeti veren LTE (Long Term Evolution) servisi de hizmete alınarak yüksek veri hızları sağlanmaya başlanmıştır.

Baz istasyonlarında kullanılan anten teknolojisi de, mobil iletişim sektörünün ihtiyaçları doğrultusunda gelişmektedir. Kapasite büyüten hücresele şebeke teknikleri, baz istasyonlarının yoğunlaşması ile ışımı tanımlı bölge içinde tutma ihtiyacı, ve tek radom içinde daha fazla işlev entegre etme gibi faktörler anten gelişiminde tetikleyici olmaktadır. Artan kapasite ihtiyaçlarını uygun maliyetler ile karşılayabilme yolunda bir sonraki önemli fayda sağlayacak çözüm akıllı anten teknolojisidir. Hem alıcı hem de verici tarafta kullanılan antenlerin ışım yönlerini, işaretin gürültüye oranını artıracak şekilde karşılıklı olarak birbirlerine odaklanmaları üzerine yapılan çalışmalar akıllı antenlerin temelini oluşturmaktadır.

Bu bildiri de, gelişen yeni nesil mobil iletişim ağlarında kapsama ve kapasite artırımını amaçlayan anten teknolojisi gelişmelerinden ve akıllı anten kullanımlarından bahsedilecektir. Bölüm II'de günümüzde kullanılan sektör antenlerinin özellikleri ve GSM'in doğuşundan bu yana izlenen teknolojik gelişmeler özetlenecektir. Bölüm III'de, akıllı antenler ve MIMO (Multiple-Input Multiple-Output) sistemlerin geniş bantlı mobil iletişim sektöründe uygulamaları hakkında bilgi verilecektir. Bölüm IV ise sonuç bölümüdür.

## **2. BAZ İSTASYON ANTENİ ÖZELLİKLERİ VE GELİŞİMİ**

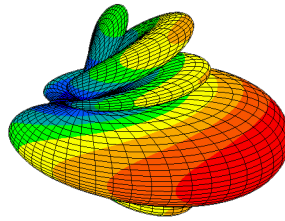
Günümüzde kullanılan baz istasyon antenleri genellikle dipol dizilimleri, baktıkları yönde kazanç sağlayan dizi ya da bir yansıtıcı yüzeyden odak ta kazanç sağlayan yönlü antenlerdir. Antenlerin kazançları ve ışım diyagramları kullanılan tekniklere bağlıdır.

GSM mobil hizmetlerin çalışma frekansı ve bant genişliği: İlk GSM antenleri 890-960 MHz bandı için tasarlanmışken EGSM (Extended GSM) bandının da eklenmesi ile desteklenen bant 880-960'a, son olarak LTE açılımıyla birlikte 790-960'a çıkmak zorunda kalmıştır. Üst bantta ise günümüzde çoğu anten hem GSM 1800, hem de UMTS 2100 bantlarını içeren 1720-2170 MHz aralığını desteklemektedir. Çoklu sistem kullanımı ve operatörler arası paylaşımın yaygınlaşması ile her iki bantı destekleyen çoklu girişli antenler üretilmektedir.

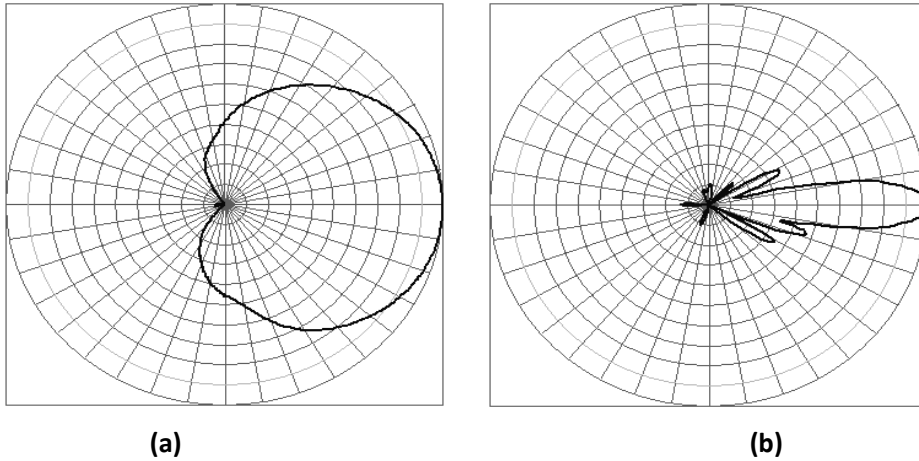
Anten ışım diyagramı, ışım alanı gücünün, antenden uzak bir mesafeden 3 boyutta ölçümüdür. Aynı zamanda antenin kendine gelen sinyali boşlukta elektromanyetik dalga olarak yayılım yapabilme ve

boşlukta yayılım yapan elektromanyetik dalgaları da kapabilme özelliğini de gösterir. GSM baz istasyonlarında, ilk yıllarında kullanılan antenler yatayda her yöne eşit yayılım yaparken, daha sonraları sektörel antenler ile tipik bir baz istasyonu ile 3 ayrı sektör oluşturarak (daha yüksek anten kazançları sayesinde) istasyon başına kapsama genişletilmiş, (yönlü ışınım sayesinde de) hücre başına kapasite ihtiyacı da azaltılmıştır. Mevcut şebekelerde ihtiyaca göre 30-120 derece arasında yatay hüzmeye açıklığına sahip antenler kullanılmaktadır. Yönlü antenler istenen alanı kapsayabilmesi için gücü belli yönlere yoğunlaştırarak yayılım yapacak şekilde tasarlanır. Şekil 1'de örnek bir üç boyutlu ışınım diyagramı, Şekil 1'de ise örnek iki boyutlu yatay ve dikey ışınım diyagramı kesitlerinin çizimleri verilmiştir.

Antenin yanlarından ve arkasından da ışınım yapması hücreler arası istenmeyen girişimlere neden olmaktadır. Bu nedenle kullanılacak antenlerde kenar lobların bastırılmış olması ve anten arkası ışınım zayıflaması, ya da ön-arka oranının (Front-to-Back Ratio, FBR) yüksek olması önem kazanmıştır.



**Şekil 1.** Üç boyutlu ışınım örüntüsü.



**Şekil 1.** İki boyutlu ışınım örüntüleri: (a) yatay, (b) düşey.

Son zamanlarda yoğun nüfuslu alanlarda istasyon başına sektör sayısı 3 sektörden 6 sektöre çıkararak yeni kapsama hücreleri eklenmesi ile hücre başına kullanıcı sayısı dengelenmeye çalışılmaktadır. Bunun için 30-45 derece hüzmeye açılı ve birden fazla hüzmeli (multi-beam) antenler tasarlanmıştır. Fakat kapsama alanlarının örtüşmesindeki artış sebebiyle tam olarak iki kat kapasite elde edilemez. Ayrıca özellikle yol kapsamalarında sık hücre değişimleri (handoff) istenmeyen bir etkidir. Sektör sayısını üçten altıya çıkarmak sinyalin açısal saçılımının düşük olduğu ortamlarda yaklaşık %70 kapasite artışı sağlar [1].

Kapasite ve kapsamayı en iyi şekilde sağlayabilmek için birden fazla anten kullanma ihtiyacı ile birlikte çapraz polarizasyonlu ( $\pm 45^\circ$ ) antenler yaygınlaşmıştır. Tek bir radom içinde birbirine dik ışımaya yapan iki anten dizini sağlayan çapraz polarizasyon ile ışımaya yönünde birleştirici kaybının önüne geçilir, alıcı yönünde ise anten çeşitliliği (diversity) sağlanır.

Eğim (tilt): Işımayı yere doğru yönlendirerek kapsamayı ve hücreler arası etkileşimi kontrol etmek için kullanılır. Anten eğimi kullanılarak, bir hücredeki sinyal seviyesi iyileştirilebilir ve anten ışımaya örüntüsünün daha iyi yönlendirilmesi ile diğer hücrelere yayılan girişim azaltılabilir. 3G şebekelerinin gelişmesi ile birlikte, bir elektrik motoru aracılığıyla eğim uzaktan ayarlanabilir hale getirilmiştir. 3G UMTS sisteminde frekans planlaması olmadığından ve kullanıcı yükü de kapsamayı etkilediğinden, hücrelerin kapsama ve birbiriyle örtüşme alanları şebekenin performansını büyük ölçüde etkiler. Hücreler arası örtüşmenin el değiştirmede (handover) aksama yaratmadan en aza indirilmesi için eğimin en iyi şekilde ayarlanması, hatta gün içindeki kullanım yoğunluğuna göre ayarların değiştirilebilmesi şebekenin kapasitesini büyük ölçüde artırır. Anten eğimlerinin en iyi şekilde seçilmesi %15–50 kapasite kazancı sağlayabilir [2].

Polarizasyon çeşitliliği olan ya da çok bantlı antenlerin içerisinde aslında birden fazla anten dizilimi olduğundan bu antenlerin farklı polarizasyonları ya da bantları arasında da yalıtım seviyesi önemli bir parametredir. Tipik olarak 30 dB'den fazla olması beklenir.

Farklı taşıyıcı ya da banttaki iki sinyalin doğrusal olmayan sistemler üzerinden geçerken karışarak istenmeyen RF sinyalleri Pasif Inter-Modülasyon oluşturur. Yükseltici, birleştirici, bağlantı noktalarında olduğu gibi antenlerde de önemli sorun teşkil edebilir. Anten tasarım, üretim ve test süreçlerinde dikkat edilmesi gereken önemli etkenlerden biridir.

### 3. AKILLI ANTENLER VE MIMO

Uyarlamalı (akıllı) anten sistemleri, birden fazla anten bileşeninin sinyallerini uyarlamalı sinyal işleme algoritmaları kullanarak birleştirilerek antne ışmasına çevre ve kullanıcı şartlarına göre değişebilen özellik sağlar. Kablosuz iletişimde akıllı antenler kanal kapasitesini ve spektrum etkinliğini artırma, kapsama alanını genişletme, verici gücünü düşürme, girişimi engelleme, sinyal yayılımında sönümlenme etkisini azaltma, bit hata oranı ve servis kesilmesi olasılığını azaltma amaçlarıyla kullanılabilir. İletişim bağlantısının her iki tarafında çoklu anten sistemi kullanılmasıyla elde edilen çok girdili çok çıktılı (Multiple-Input Multiple-Output, MIMO) bağlantılar aynı bant genişliğinde anten sayısı ile orantılı kapasite artışı sağlar.

Akıllı anten avantajlarından mevcut teknoloji ile faydalanmanın en kolay yolu çoklu sütun dizi antenler kullanmaktır. Bu yapı, mevcut sektörel antenler sektör başına birden fazla kullanılarak sağlanabilir. Ancak, birden fazla antenin yanında, her bir anten için ayrı radyo alıcı-verici zinciri ve sinyal işleme yeteneği gerektirir. Uygun boyut ve maliyetlerde, alıcı-verici zinciri sayısını artırmadan ışma hüzmesini ayarlayabilmek için yön, eğim ve hüzme açıklığı uyarlanabilir antenler tasarlanmıştır. Akıllı anten ve MIMO teknolojilerden en etkin şekilde faydalanabilmek için ise her bir anten bileşeni ile bir alıcı-verici zincirinin entegre olduğu aktif anten sistemleri gereklidir.

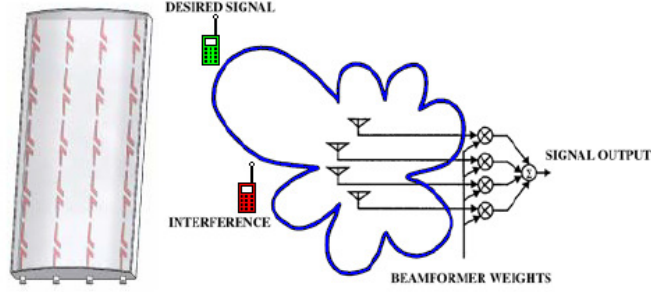
#### a. Çoklu sütun dizi antenler

Çoklu sütun dizi antenler ışma hüzmesini uyarlamalı olarak biçimlendirme, baz istasyonu ile cep telefonu arasındaki bir uçtan bir uca iletişim bağlantısını verimli hale getirilmesini sağlayan gelişmiş çoklu anten tekniği olarak kabul edilir (Şekil 3). Uyarlanmalı ışma hüzmesini biçimlendiren antenlerin temel mimarisi alıcı ve verici iletişim kısımların ayrıldığı ışma elemanlarının çoklu sütunundan meydana gelir. Her bir alıcı-verici yolu alıcı ve verici işaretlerinin genlik ve fazlarını ayarlama yeteneğine sahiptir.

Özellikleri;

- Düzlemsel dizi – ışma yapan parçalardan çok sütun
- Yatay ışma hüzmesi kontrolü sayısal işaret işleme teknolojileri ile yapılmaktadır.
- Bir cep telefonu tek bir hüzme takip eder.
- İşaretin gürültüye oranını artırır, girişim sinyallerini önler.
- V-pol 4,6 ve 8 li sütun antenler WiMax uygulamalarında kullanılır.
- Sütunlar arasında  $\lambda/2$  boşluk bırakılır.

- Besleme kablolarındaki genlik ve faz değişimlerini elimine etmek için kalibrasyona gereksinim vardır.

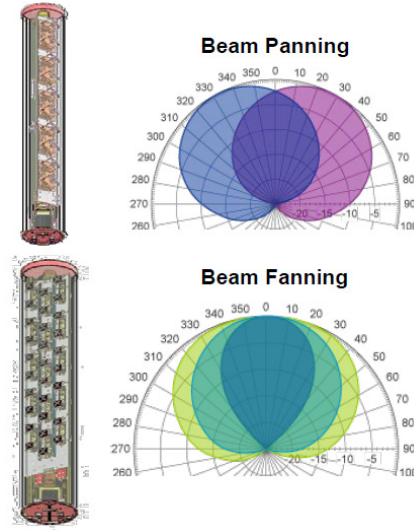


Şekil 3. Uyarlamalı dizi antenler [1].

### b. Işıma hüzmesi yapılandırılabilen antenler

Şekil 4'te hüzmesi dikey ve yatay olarak yönlendirilebilen, hüzme açıklığı değiştirilebilen bir ürün örnek olarak gösterilmiştir. Ürünün özellikleri:

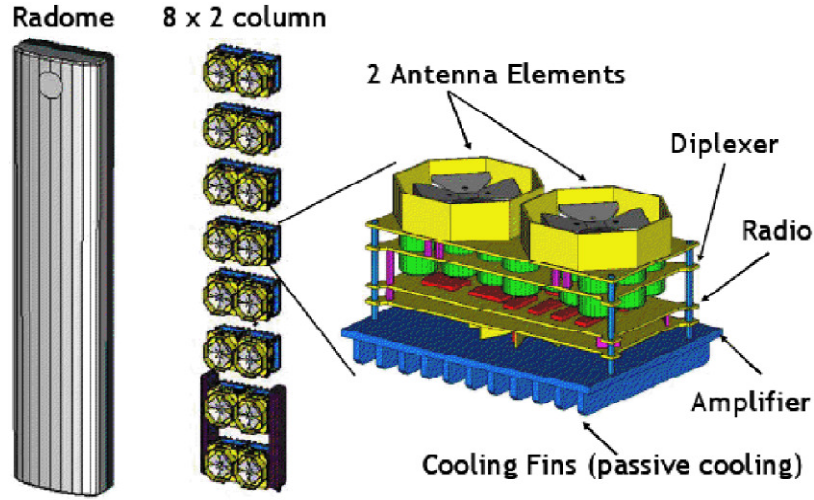
- Pasif ışma hüzmesi kontrolü
- 1-yönlü standart ışma eğimi (RET) kontrollü anten
- 2-yönlü ışma huzmesini kaydırır – yatay düzlemdeki ışma huzmesini yönlendirir.
- 3-yönlü ışma huzmelerini yelpaze biçiminde açar – yatay düzlemde ışma genişliğini ayarlar.
- Kapasite artımı sağlar, ağı optimize eder ve trafik yükünü dengeler.
- Dinamik kapsama alanı ayarlamaları trafik dağılımına yanıt verecek şekilde yapılır.



Şekil-4. Işıma hüzmesini yapılandırılabilen antenler [3].

### c. Aktif anten sistemleri

Günümüzde kullanılan pasif baz istasyon antenlerinde vericiden gelen sinyal, eş eksenli kablo ile anten elemanlarına dağıtılır. Aktif anten sistemlerinde ise her bir elemana entegre edilmiş bir radyo alıcı-verici devresi bulunur. Büyük bir verici yükselticisi yerine her bir antene bağlı daha küçük yükseltici ve filtreler kullanılır (Şekil 5). Bu şekilde, anten elemanları sayısal sinyal işleyici tarafından uyarlanabilir ağırlık ve fazlarla birleştirilebilir. Dolayısıyla, hem yatay hem de dikey yönde istenilen şekilde hüzme oluşturulabilir. Bu teknoloji ile baz istasyonu da küçültülerek tamamen anten içine sığdırılacaktır. Ayrıca, radyo besleme kablolarında sinyal gücü kaybını da engelleyerek daha etkin kapsama sağlar.

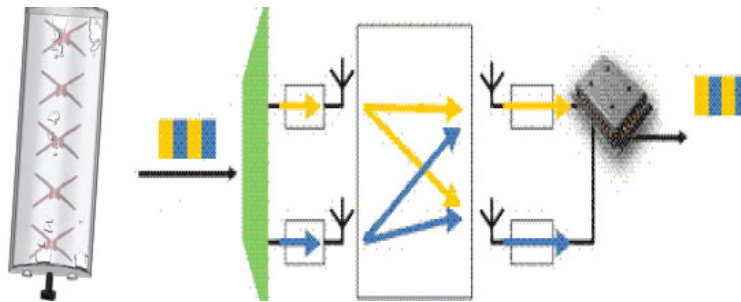


Şekil 5. Aktif anten dizini [1].

#### d. MIMO sistemler

Hem verici hem de alıcıda çoklu anten elemanları kullanan

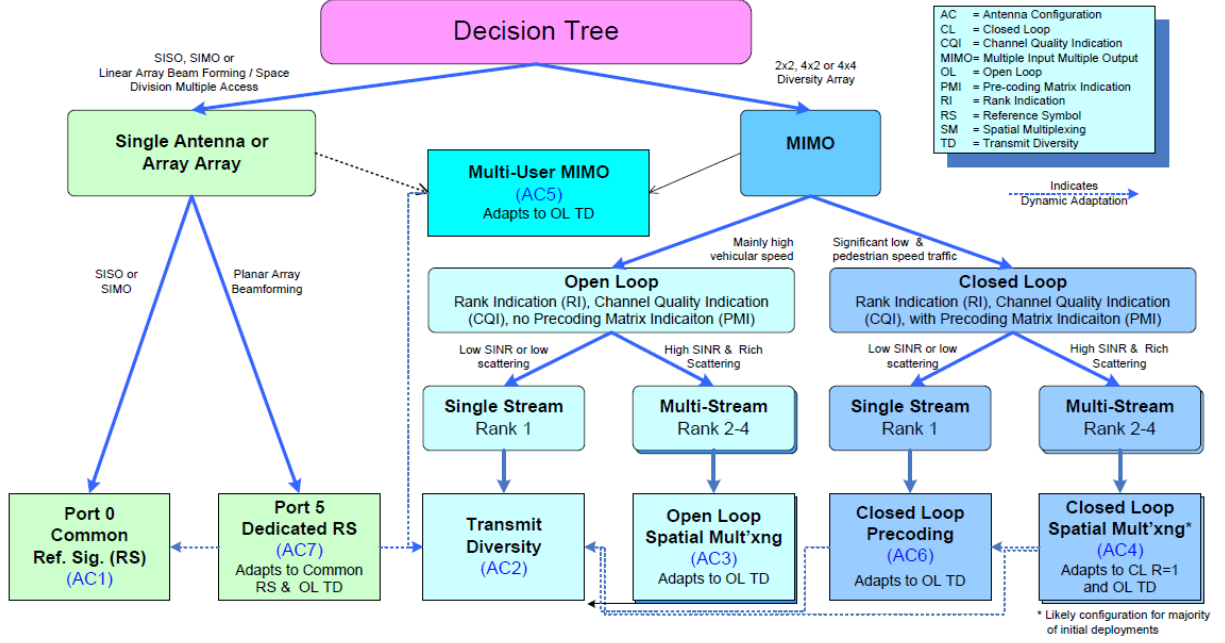
MIMO sistemler yeni nesil kablosuz haberleşme sistemlerinin kapasitesini artırmada önemli bir basamaktır (Şekil-6). MIMO sistemler [4,5,6], elektromanyetik yayılım ortamında saçılım etkisini kullanarak aynı bant genişliği içerisinde aynı anda birden fazla sinyalin iletilmesini sağlar. İletilen sinyallerin farklı yayılım yolları ile alıcıya ulaşarak sinyaller arası ilintinin düşük olması MIMO sistemlerden sağlanan avantajı artırır. Etkili frekans spektrumu kullanımına olanak sağlayan bu sistemler sınırlı bant genişliği içerisinde yüksek kanal kapasitesi sağlamaktadır.



Şekil 6. MIMO sistemleri.



Akıllı anten ve MIMO teknikleri 2008’de 3GPP standartlarına eklenmiştir. Baz istasyonu ve kullanıcı terminalindeki anten sayıları, kullanıcı sayısı ve taşıma kanalı ile ilgili gerekli bilgilerin alıcıya geri beslemesinin sağlanmasına göre kullanılacak yöntem Şekil 7’de özetlenmiştir.



Şekil 7. 3GPP standardında akıllı anten ve MIMO kullanım algoritması [6].

#### 4. SONUÇ

Mobil veri trafiğinin hızlı artış beklentisi, operatörleri iletişim ağlarındaki veri taşıma kapasitesini artırma zorunluluğuna sokmuştur. Bu yönde en önemli çözümlerden biri akıllı anten ve MIMO teknolojilerinin hücreşel şebekelerde uygulanmasıdır. Bildiride, baz istasyon antenlerinde, GSM’in ilk yıllarından itibaren mobil iletişim sektörünün ihtiyaçları doğrultusunda görülen gelişmeler özetlenmiş, 3G ve 4G sistemlerinde kullanılmak üzere geliştirilmekte olan akıllı anten ve MIMO teknolojileri hakkında bilgi verilmiştir.

#### KAYNAKLAR

1. “MIMO and Smart antennas for 3G and 4G Wireless Systems”, Practical Aspects and Deployment Considerations, May 2010.

2. J. Niemela, T. Isotalo, "Optimum antenna downtilt angles for macrocellular WCDMA network," EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking, pp. 816-827, 2005.
3. [http://docs.commscope.com/Public/SmartBeam\\_BSA\\_ANS.pdf](http://docs.commscope.com/Public/SmartBeam_BSA_ANS.pdf)
4. "Layered space-time architecture for wireless communication in fading environments when using multi-element antennas", Foschini, G. J., Bell Labs Techn. J., pp. 41-59, Autumn 1996.
5. "On limits of wireless communications in a fading environment when using multiple antennas". Foschini, G. J., ve Gans, M., Wireless Personal Communications, vol. 6, pp. 311-355, March 1998.
6. "MIMO Transmission Schemes for LTE and HSPA Networks," 3G Americas Whitepaper, June 2009.