

6G Haberleşme Sistemleri:

Yer, Hava, Uydu Ağları

9

HAZİRAN

SALI

16:00 - 16:40

KONUŞMACI

Prof. Dr.

Güneş Karabulut Kurt

İTÜ Elektrik Elektronik Fakültesi

KAYIT

duyuru@itunovatto.com.tr

www.itunovatto.com.tr

ZOOM Uygulaması

Online Seminer



TOSB
İNNOVASYON MERKEZİ

İTÜ NOVA
Tılsız Haberleşme Araştırma Laboratuvarı

İTÜ



İstanbul Teknik Üniversitesi
Telsiz Haberleşme
Araştırma Laboratuvarı

6G Haberleşme Sistemleri:

Yer, Hava, Uydu Ağları

Prof. Dr. Güneş Kurt

ELEKTRONİK VE HABERLEŞME MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ



İçerik

1. Araştırma Grubumuz
2. Hücresel Sistemlerin Temel Bileşenleri
3. Hücresel Sistemlerin Gelişimi 1G/2G/3G/4G/5G
4. 6G Sistemlere Doğru (~2030)
5. Çözülmesi Gerekecek Problemler
6. Çıkarımlar

İçerik

1. **Araştırma Grubumuz**
2. Hücresel Sistemlerin Temel Bileşenleri
3. Hücresel Sistemlerin Gelişimi 1G/2G/3G/4G/5G
4. 6G Sistemlere Doğru (~2030)
5. Çözülmesi Gerekecek Problemler
6. Çıkarımlar

Carleton Üniversitesi



- ◆ Ottawa, Kanada (1946)
- ◆ 32,000 öğrenci
- ◆ Haberleşme Mühendisliği Bölümü
- ◆ Global ranking in telecom engineering: **#33** (2019)





Carleton University, Prof. Halim Yanikömeroğlu
Fellow, IEEE

14,378 Citations

<https://scholar.google.ca/citations?user=C2iee4YAAAAAJ&hl=en>

Carleton University 6G Workshops (Summer 2020)

- ◆ 6G Non-Terrestrial Networks (NTN)
- ◆ 6G PHY and Signal Processing
- ◆ AI / ML / Data Analytics for 6G



Dr. Tasneem Darwish



Dr. Ahmed Ibrahim



Dr. Mohammad Khoshkholgh

İTÜ/THAL

Çalışma Grubu (Öğretim Üyeleri)

- Prof. Dr. Güneş Karabulut Kurt
 - gkurt@itu.edu.tr
- Prof. Dr. İbrahim Altunbaş
 - ibraltunbas@itu.edu.tr
- Prof. Dr. Ümit Aygözü
 - aygol@itu.edu.tr
- Prof. Dr. Hakan Ali Çırpan
 - cirpanh@itu.edu.tr
- Prof. Dr. M. Ertuğrul Çelebi
 - mecelebi@itu.edu.tr



Telsiz Haberleşme Araştırma Laboratuvarı (THAL)
<https://www.thal.itu.edu.tr/>

THAL Çalışma Konuları

- Telsiz Haberleşme Sistemleri ve Ağları
- 5G ve Sonrası Hücresel Haberleşme Sistemleri/Teknikleri
- İndis Modülasyonu, Uzaysal Modülasyon, Ortam Tabanlı Modülasyon (Media Based Modulation, MBM)
- NOMA, mmWave, Drone Tabanlı Haberleşme
- Telsiz Haberleşmede Makine Öğrenmesi
- Fiziksel Katman Güvenlik, Gizlilik, Karıştırma ve Yanıltma Çözümleri
- Tam Çift Yönlü (Full-duplex) Haberleşme
- Enerji Verimli Haberleşme, Enerji Hasatlama (Energy Harvesting), SWIPT
- ...

THAL- Deneysel Çalışmalar (1/3)

Non-orthogonal Multiple Access (NOMA)



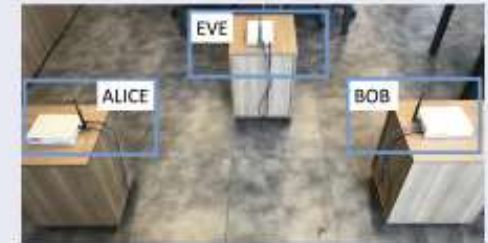
M. Aldababsa, C. Goztepe, G. Karabulut Kurt, and O. Kucur, "Bit Error Rate for NOMA Network," accepted for publication in *IEEE Communications Letters*, March 10, 2020

Real-time Machine Learning in MIMO



S. Gecgel, C. Goztepe, and G. Karabulut Kurt "Transmit Antenna Selection for Large-Scale MIMO GSM with Machine Learning," in *IEEE Wireless Communications Letters*, vol. 9, no.1, Jan. 2020.

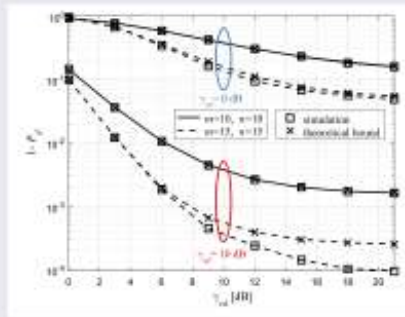
Hybrid Key Generation



G. Karabulut Kurt, Y. Khosroshahi, E. Ozdemir, N. Tavakkoli and O.A. Topal "A Hybrid Key Generation and a Verification Scheme," in *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, vol. 16, no.1, Jan. 2020.

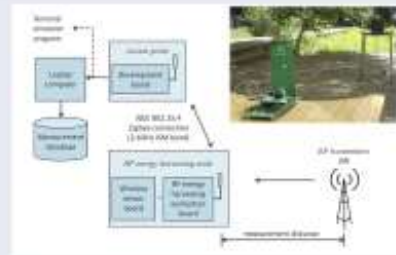
THAL- Deneysel Çalışmalar (2/3)

Network Coded Cooperation



S. Tedik Basaran, S. Gokceli, G. Karabulut Kurt, E. Ozdemir, and E. Yaraneri, "Error Performance Analysis of Random Network Coded Cooperation Systems," in *IEEE Transactions on Wireless Communications*, vol.16, no.8, Aug. 2017.

RF Energy Harvesting



D. Altinel, and G. Karabulut Kurt, "Energy Harvesting from Multiple RF Sources in Wireless Fading Channels," *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol.65, no.11, Nov. 2016.

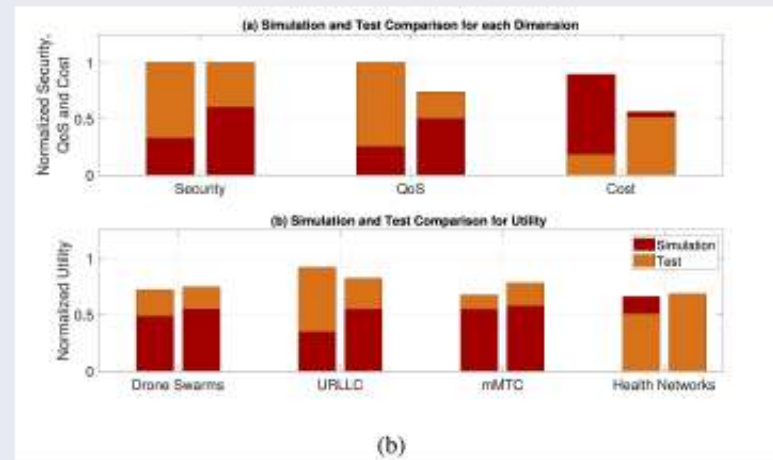
RF Energy Harvesting with SDR



M. Cansiz, D. Altinel, and G. Karabulut Kurt, "Effects of Different Modulation Techniques on Charging Time in RF Energy Harvesting System," *accepted for publication in IEEE Transactions on Instrumentation & Measurement*, Feb. 18, 2020.

THAL- Deneysel Çalışmalar (3/3)

Secure Autonomous System Design



O. Topal, M.O. Demir, Z. Liang, A. Pusane, G. Dartmann, G. Asheid, and G. Karabulut Kurt, "A Physical Layer Security Framework for Cognitive Cyber Physical Systems," *accepted for publication in IEEE Wireless Communications Magazine*, May 11, 2020.

6G ile İlgili Çalışmalarımız

K. Tekbiyik, A.R. Ekti, G. Karabulut Kurt, A. Gorcin, H. Yanikomeroglu, “A holistic investigation on terahertz propagation and channel modeling toward vertical heterogeneous networks”, under review in *IEEE Communications Magazine*.

T. Darwish, G. Karabulut Kurt, H. Yanikomeroglu, G. Senarath, P. Zhu, “An intelligent vertical HetNet (I-VHetNet) architecture: A vision of self-evolving networks”, in preparation.

Y. Aydın, G. Karabulut Kurt, E. Ozdemir, H. Yanikomeroglu, “A Flexible and Lightweight Group Authentication Scheme”, under review in *IEEE Communications Magazine*.

C. Göztepe, S. Büyükçorak, G. Karabulut Kurt, H. Yanikomeroglu, “Localization Threats in Next Generation Wireless Networks”, under review in *IEEE Communications Magazine*.

L. Bariah, L. Mohjazl, S. MUHAIDAT1, G. Karabulut Kurt, H. Yanikomeroglu, O. Dobre, “A Prospective Look: Key Enabling Technologies, Applications and Open Research Topics in 6G Networks” , under review in *IEEE Communications Magazine*.

K. Tekbiyik, A.R. Ekti, G. Karabulut Kurt, A. Gorcin “Modeling and Analysis of sub-Terahertz Communication Channel via Mixture of Gamma Distribution”, in preparation.

İçerik

1. Araştırma Grubumuz
2. **Hücreyel Sistemlerin Temel Bileşenleri**
3. Hücreyel Sistemlerin Gelişimi 1G/2G/3G/4G/5G
4. 6G Sistemlere Doğru (~2030)
5. Çözülmesi Gerekecek Problemler
6. Çıkarımlar

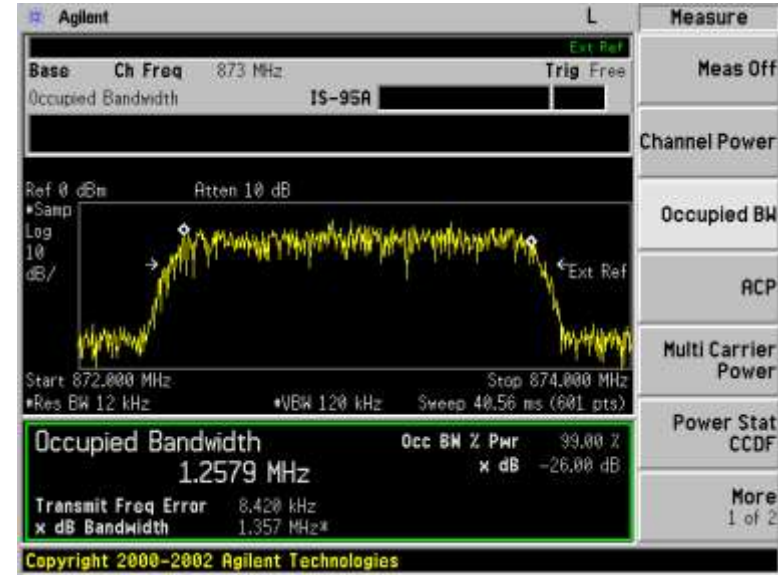
Radyo Kaynakları (Resources)

Band Genişliği

- Kısıtlı Frekans
 - Düşük bit hızlarına izin verir
- *Daha fazlası üretilemiyor!!!*

Güç

- Mobilite sebebiyle olan batarya kısıtlamaları
- Çevre kaygıları (karbon ayak izinde azalma)



Band Genişliği & Kullanımı

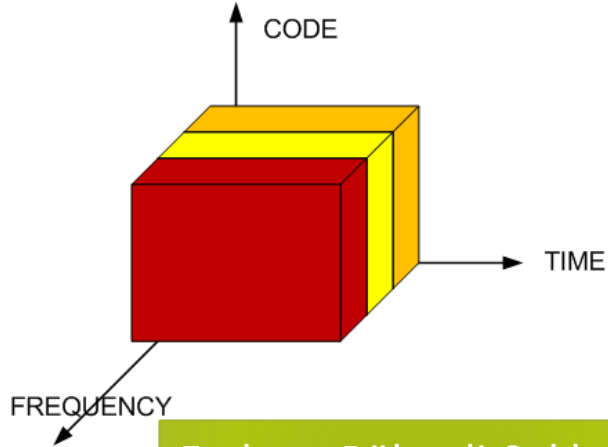
Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu (BTK) tarafından denetlenmektedir.

Güncel Düzenleme:

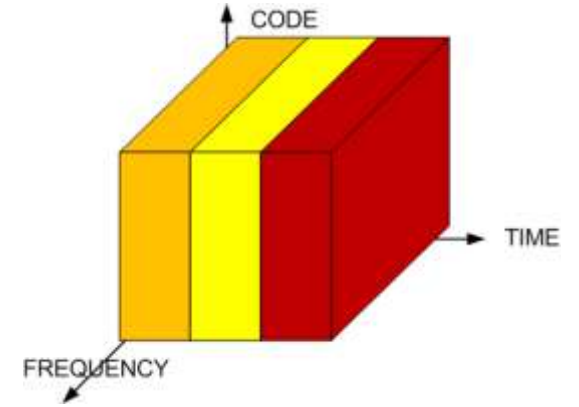
876 MHz - 880 MHz	GSM-R Taktik Radyo Link
880 MHz - 890 MHz	Sabit Link Taktik Radyo Link
890 MHz - 915 MHz	GSM
915 MHz - 921 MHz	PMR/PAMR
921 MHz - 925 MHz	GSM-R
925 MHz - 935 MHz	Deniz Radar Sabit Link Taktik Radyo Link
935 MHz - 942 MHz	GSM
942 MHz - 960 MHz	GSM
960 MHz - 1215 MHz	DME SSR TACAN-DME
1215 MHz - 1240 MHz	GPS
1240 MHz - 1260 MHz	Amatör Glonass Radar (Sivil)
1260 MHz - 1270 MHz	Amatör Birincil Radar Hava İzleme
1270 MHz - 1300 MHz	Amatör Hava İzleme Radar (Sivil)

1805 MHz - 1880 MHz	GSM
1880 MHz - 1885 MHz	DECT
1880 MHz - 1900 MHz	Noktadan Çok Noktaya Link
1885 MHz - 1900 MHz	DECT
1900 MHz - 1920 MHz	Noktadan Çok Noktaya Link
1900 MHz - 1930 MHz	IMT-2000/UMTS
1930 MHz - 1970 MHz	IMT-2000/UMTS Sabit Link
1970 MHz - 1980 MHz	IMT-2000/UMTS Sabit Link
1980 MHz - 2010 MHz	IMT-2000 Uydu Bileşeni
2010 MHz - 2025 MHz	IMT-2000/UMTS
2025 MHz - 2110 MHz	Sabit Link Uzay Araştırma
2110 MHz - 2120 MHz	IMT-2000/UMTS Uzay Araştırma
2120 MHz - 2170 MHz	IMT-2000/UMTS Uzay Araştırma
2170 MHz - 2200 MHz	GMDSS IMT-2000/UMTS Uzay Araştırma

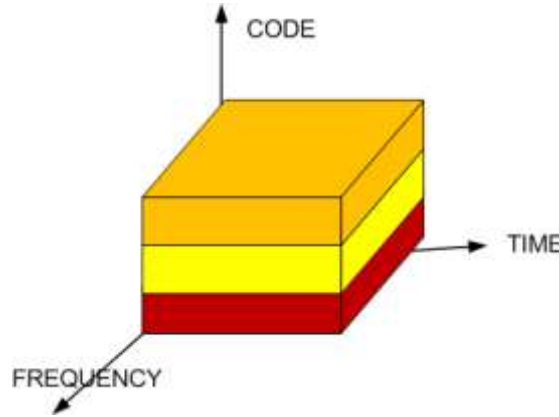
Temel Çoklu Erişim Yöntemleri



Frekans Bölmeli Çoklu Erişim (FDMA)



Zaman Bölmeli Çoklu Erişim (TDMA)

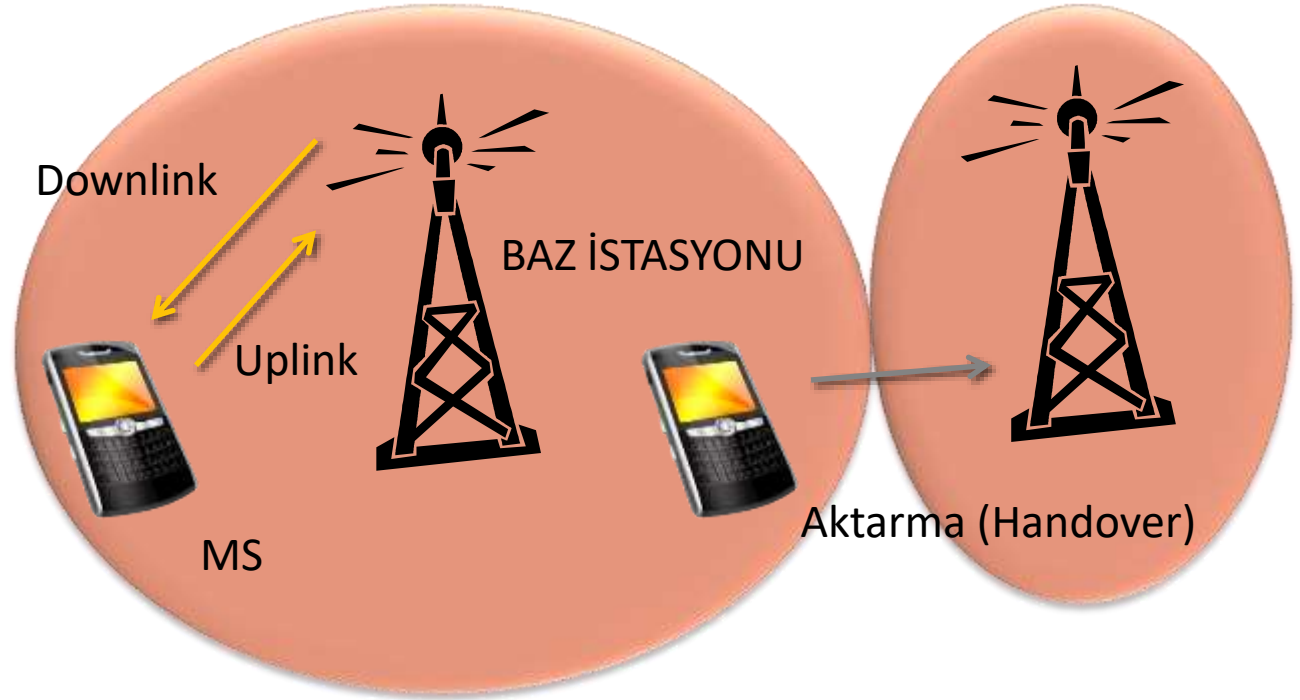


Kod Bölmeli Çoklu Erişim (CDMA)

Temel Kavramlar

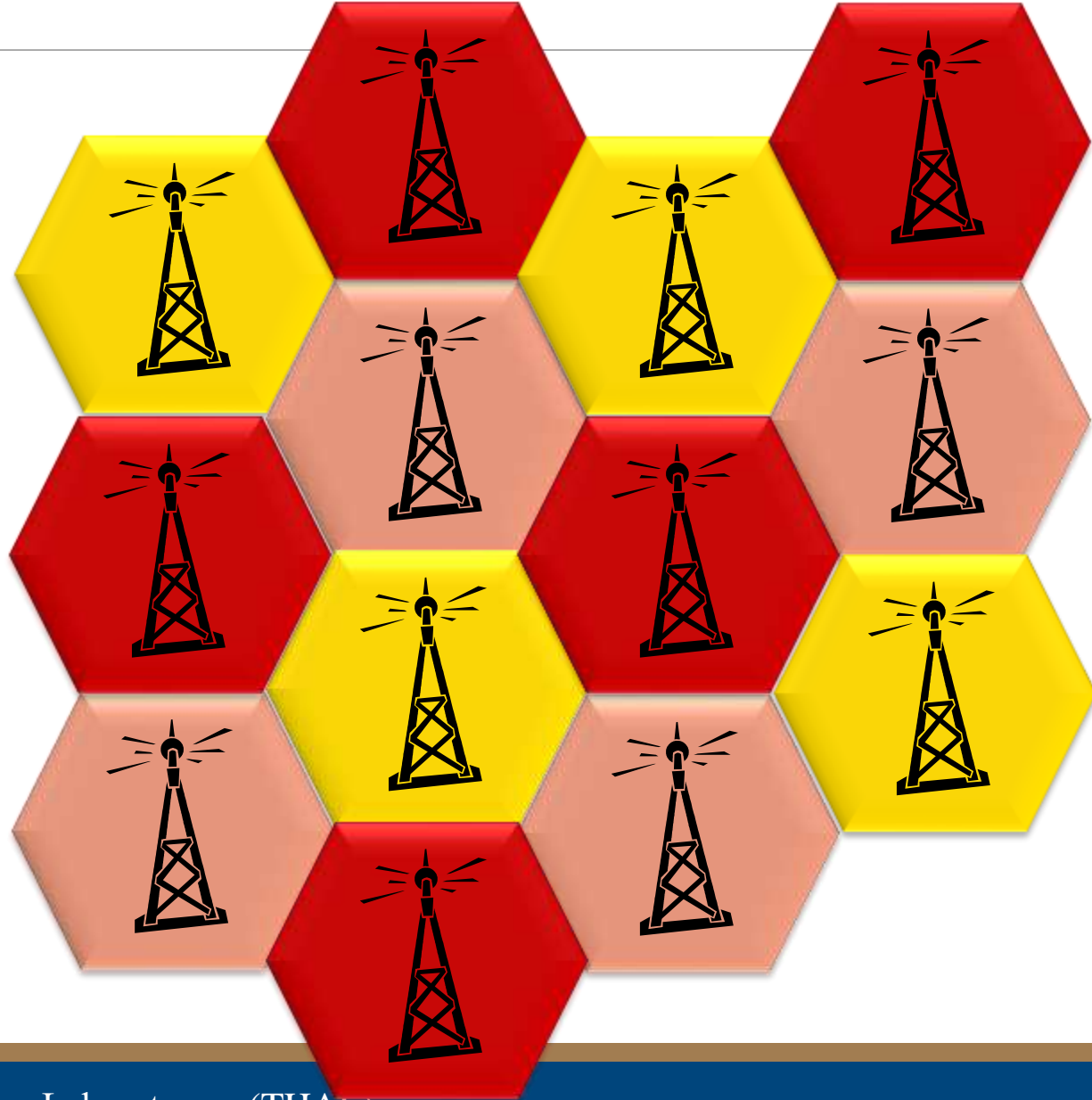
Hücre:

Tek bir baz istasyonu tarafından hizmet verilen coğrafi bir bölgedir.



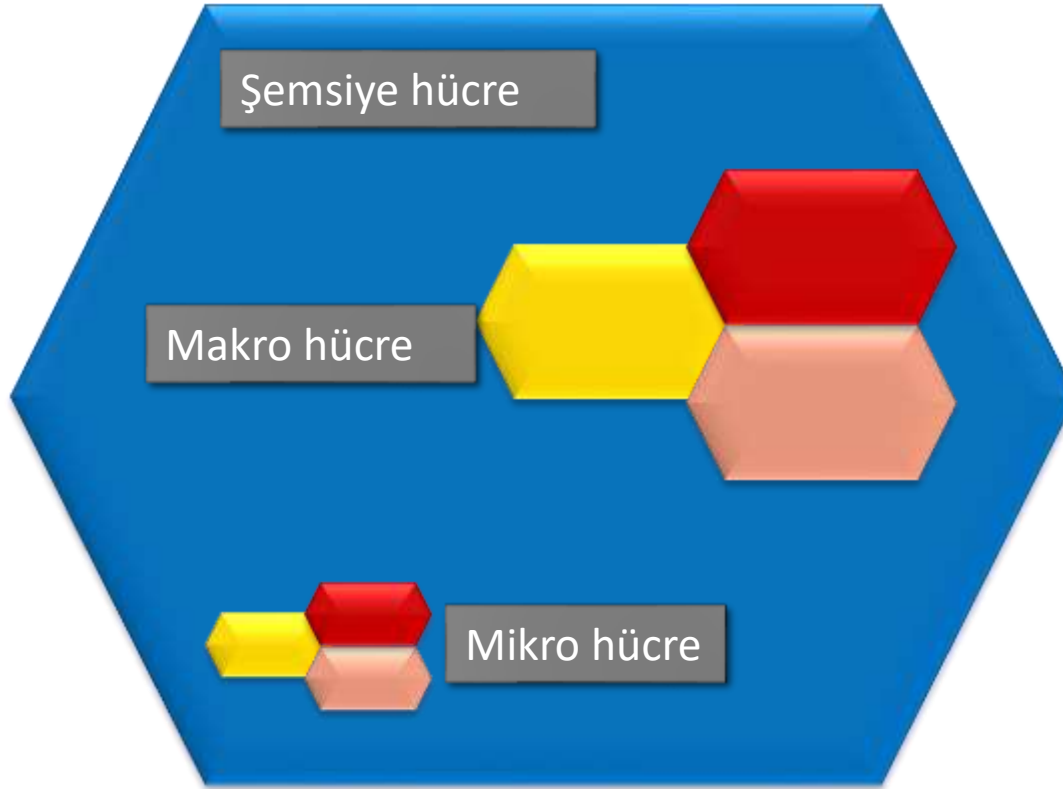
Frekans Tekrar Kullanımı

Aynı radyo frekansı başka bir bölgede tamamen farklı bir iletim için tekrar kullanılabilir.

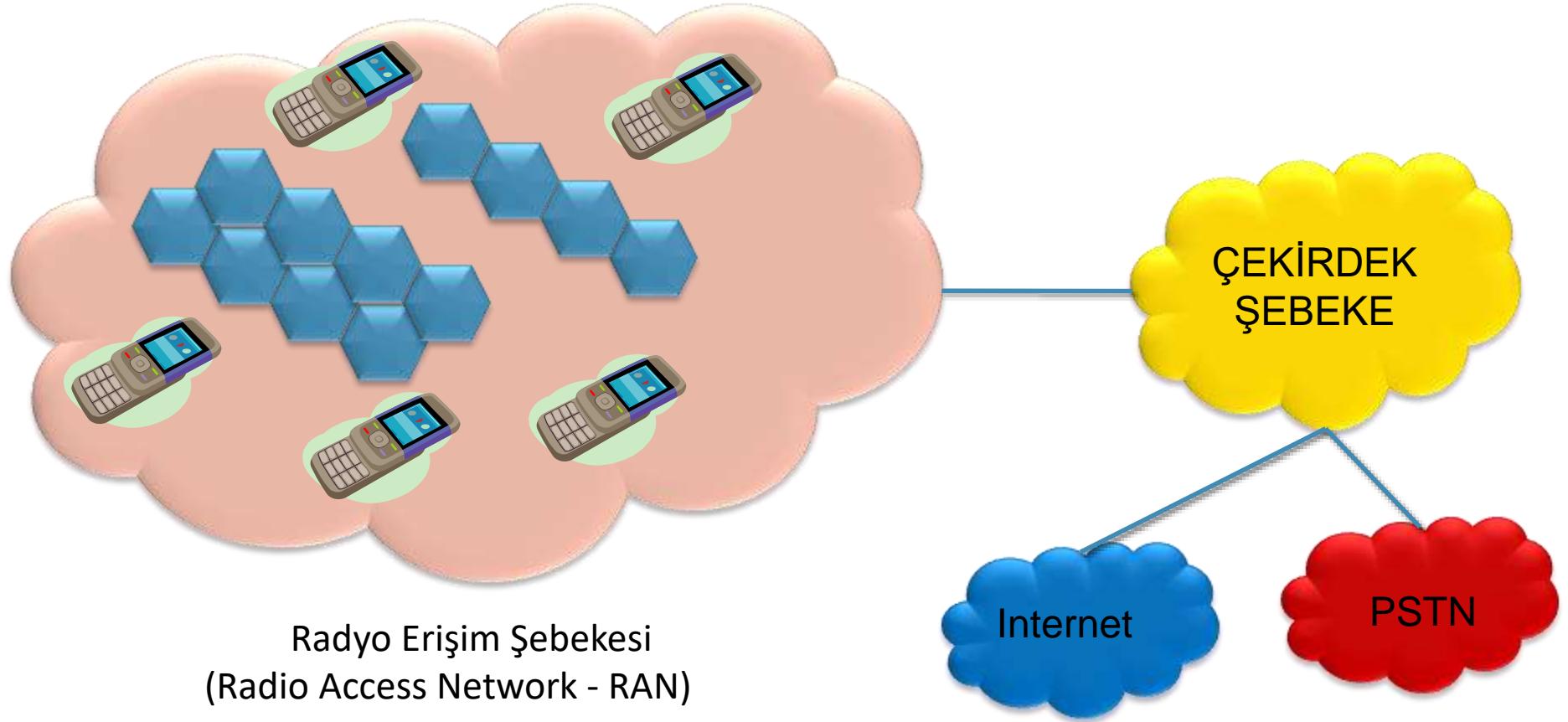


Hücre Türleri

Evrensel kapsama alanı için aynı anda çeşitli hücre tipleri kullanılır



Hücresel Sistem Bileşenleri



Radyo Erişim Şebekesi
(Radio Access Network - RAN)

ÇEKİRDEK
ŞEBEKE

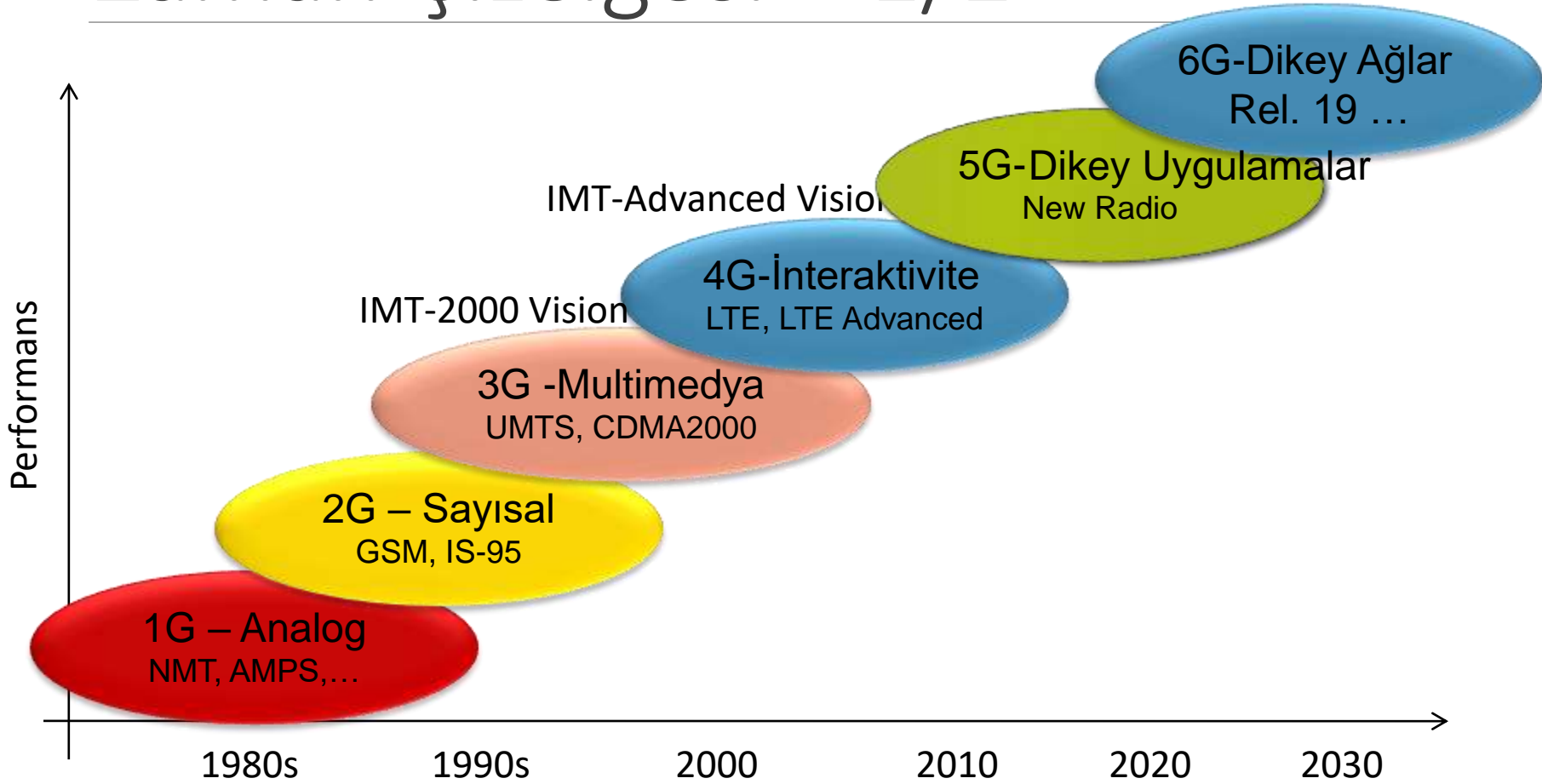
Internet

PSTN

İçerik

1. Araştırma Grubumuz
2. Hücresel Sistemlerin Temel Bileşenleri
3. **Hücresel Sistemlerin Gelişimi 1G/2G/3G/4G/5G**
4. 6G Sistemlere Doğru (~2030)
5. Çözülmesi Gerekecek Problemler
6. Çıkarımlar

Zaman Çizelgesi – 1/2



IMT: International Mobile Telecommunications

Zaman Çizelgesi – 2/2

The evolution of **Mobile Apps**: 1994 to 2019



1G – Özellikleri

Analog iletim teknolojisi

Yarı-iletken ve mikroişlemci teknolojilerine öncülük etmiştir

Ses hizmetine odaklanmıştır

- **Veri hizmeti yok**

Uyumsuz standartlar

- Farklı frekanslar ve işaretlemeler

Verimsiz radyo spektrumu kullanımı

Örnek: Nordic Mobile Telephone 450

1982

- İsveç

Avrupa'da kurulan ilk telsiz haberleşme standardıdır

- Türkiye'de de kullanılan ve "Araç telefonu" adıyla bilinen sistemdir

"Hafif" taşınabilir cep telefonlarının geliştirilmesine öncülük etmiştir

Uluslararası dolaşım desteği sınırlıdır



1G - Hizmetleri

Standart ses

Veri hizmeti yok –

Ek hizmetler yok

**4G Technology,
1G Service**



Telecom providers struggle to handle complex, changing service demands.

1G Görünüm

Bir dizi uyumlu olmayan (incompatible) şebeke

Büyüme kapasitesi sınırlı

Dolaşım desteği sınırlı

Girişime karşı duyarlı

Güvenlik zayıf

Telsiz veri iletimi desteği yok

Üçüncü taraf farklı şirket uygulamaları yok

Çözüm: 2G

Analog tekniklere yerine sayısal teknikler tercih edilmiştir

Artan esneklik

- Hata kontrolü
- Sıkıştırma

Güvenlik

Kullanılabilir band genişliğinin daha verimli kullanımı

PSTN (Public Switched Telephone Network) sabit bileşeni ile uyumluluğun artışı

Hizmet kalitesi artışı

Telsiz veri hizmetleri verebilme olanağı

Dinamik kanal ataması

2G – Şebeke Erişim Tekniği

- Zaman Bölmeli Çoklu Erişim - (TDMA)
 - Kullanıcılar zamanda çoğullama ile frekans bandını paylaşırlar
- Pratikte
 - Kullanılabilir spektrum frekans kanallarına bölünür (FDMA)
 - Her frekans kanalı alt döngüsel zaman dilimlerine (1,2,3,1,2,3,1,2,3 ...) bölünür
 - Bir arama için bir zaman kanalı tahsis edilir atanır

Etkileyen faktörler:

- Şebeke standardı
- Operatör politikaları

Geliştirilmiş standart telefon hizmeti (ses) -

Basit telsiz veri hizmeti

Ek hizmetler

- Çağrı kısıtlama

2G Örneđi - GSM



- Global System for Mobile Communication (GSM)
 - Group Spéciale Mobile
- 1982 yılında tasarımına başlanmıştır
- Avrupa'da 1992'de kurulmuştur
 - 1994 yılında Türkiye'de 2G sistemler hizmete girmiştir
- European Telecommunications Standards Institute (ETSI) tarafından düzenlenmiştir
- En başarılı 2G sistemi !



3G - Standartları

Hedef :

Evrensel, her zaman her yerde olma, düşük maliyetli birlikte çalışabilir hizmetler

Standartlar:

- UMTS (**3GPP**)
- CDMA2000 (3GPP2)
- Ek olarak TD-SCDMA (China)

Bu sistemler, özellikle kullanıcının bakış açısından, fonksiyonel olarak benzerdir

Tamamen farklı radyo erişim teknolojileri kullanırlar ve şebeke mimarisinin bazı ayrıntıları önemli ölçüde farklıdır => **önemi oranda uyumsuzdurlar**

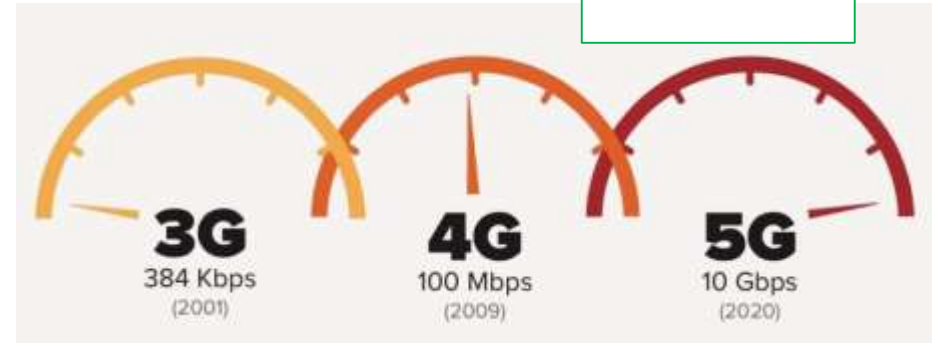
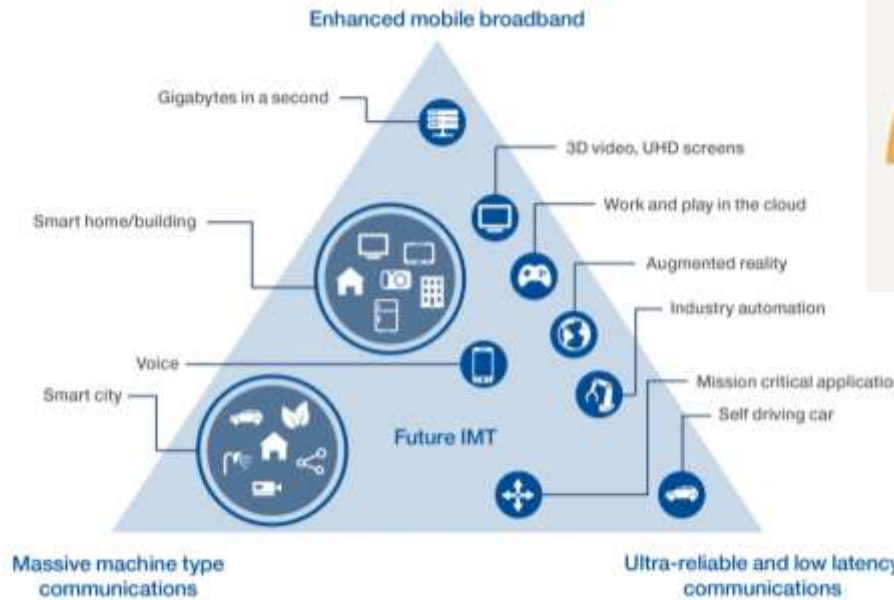
4G - Standartları



Ana Teknolojiler

- Multiple Input Multiple Output (MIMO)
- Frequency-domain-equalization, for example Multi-carrier modulation (OFDM)
- Turbo principle error-correcting codes
- Channel-dependent scheduling
- Link adaptation

5G – New Radio

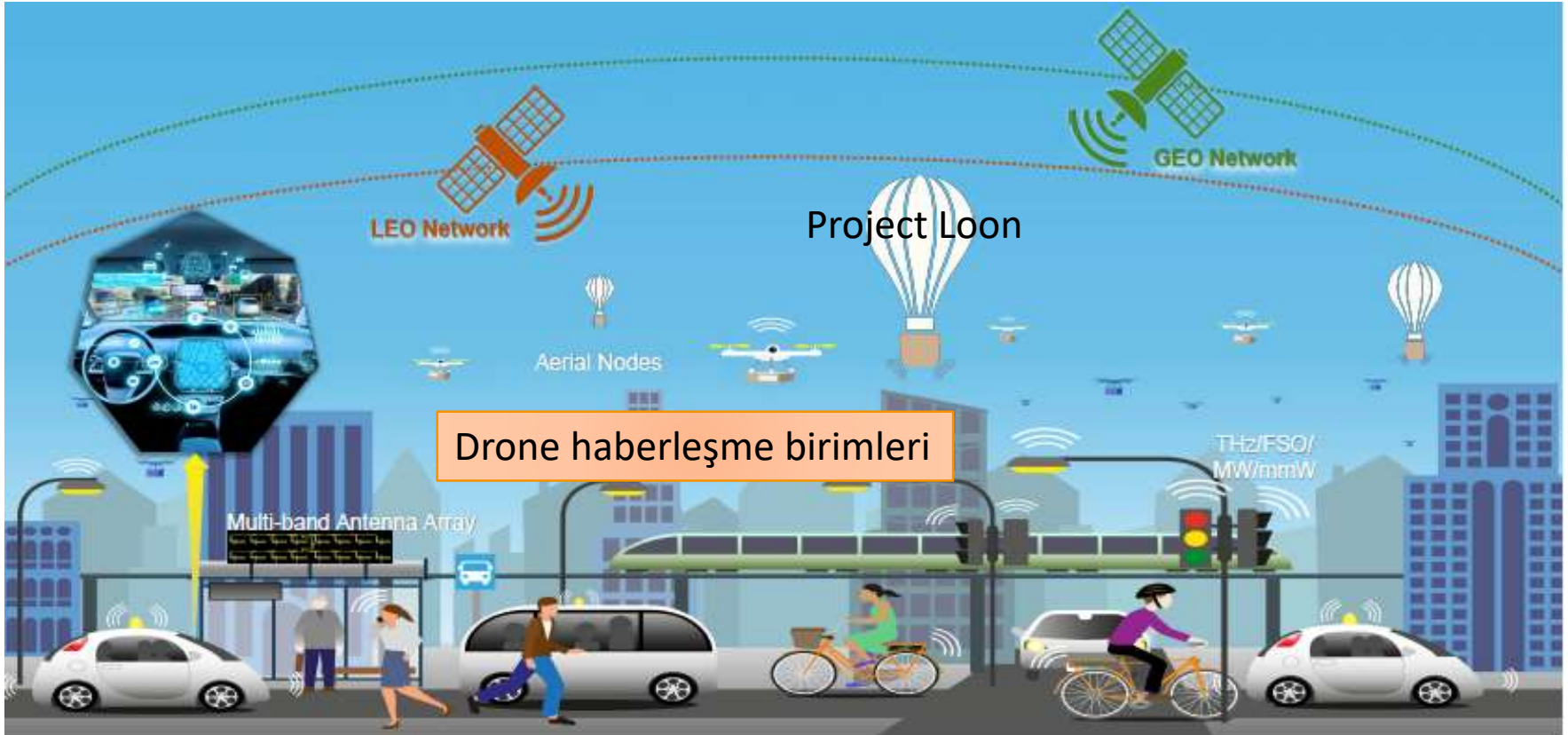


Dikey Endüstriler (Verticals)

İçerik

1. Araştırma Grubumuz
2. Hücresel Sistemlerin Temel Bileşenleri
3. Hücresel Sistemlerin Gelişimi 1G/2G/3G/4G/5G
4. **6G Sistemlere Doğru (~2030)**
5. Çözümesi Gerekecek Problemler
6. Çıkarımlar

Yakın Gelecek – Dikey Ağ Yapısı

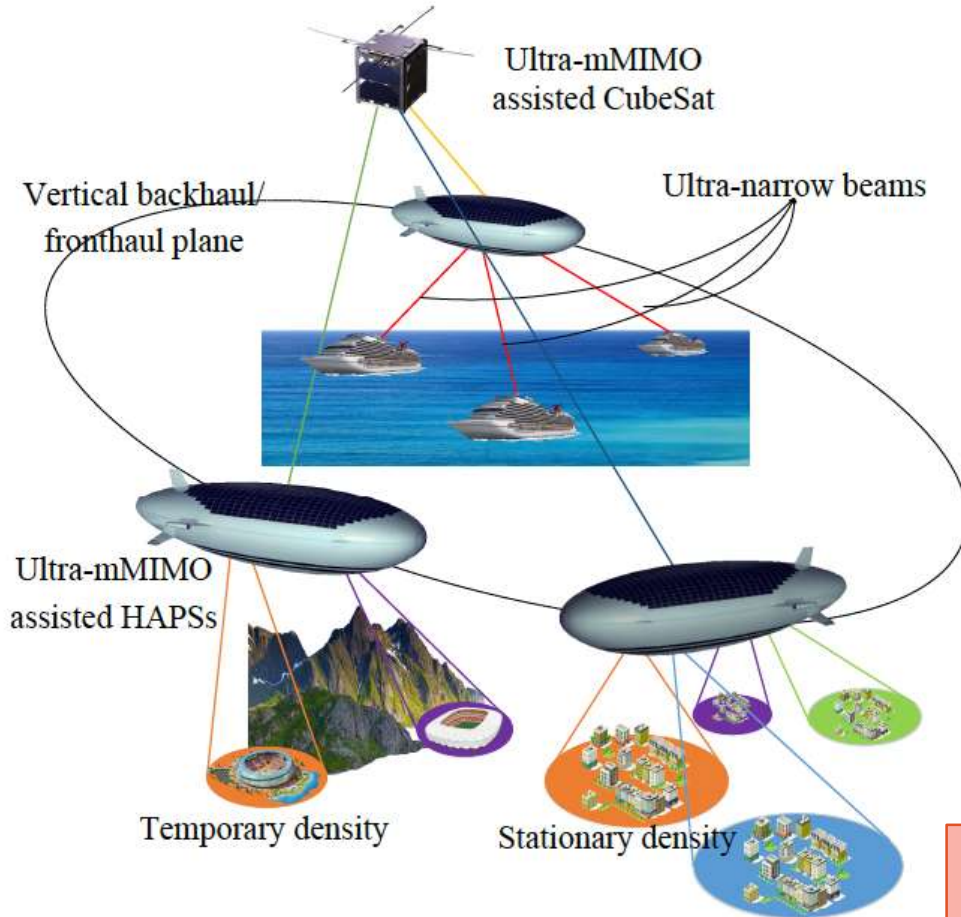


C. Göztepe, S. Büyükçorak, G. Karabulut Kurt, H. Yanikomeroglu, “**Localization Threats in Next Generation Wireless Networks**”, under review in *IEEE Communications Magazine*.

Yüksek İrtifa Platform İstasyonları

HAPS: High Altitude Platform Station

ITU tanımına göre 20-50 km yükseklikteki haberleşme birimleri.



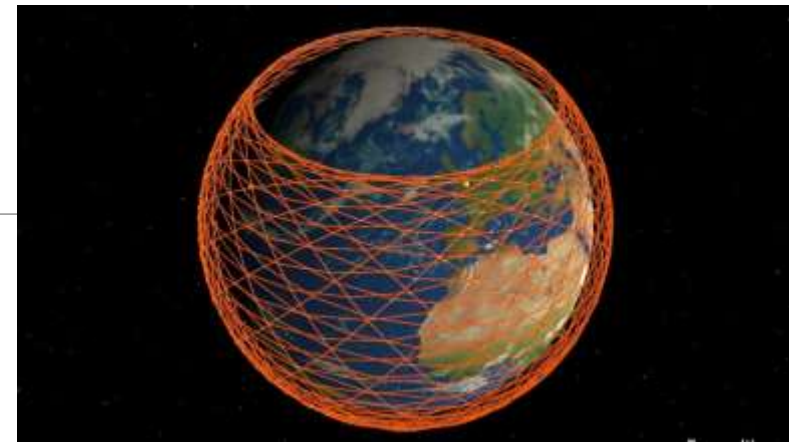
K. Tekbiyik, A.R. Ekti, G. Karabulut Kurt, A. Gorcin, H. Yanikomeroglu, “A holistic investigation on terahertz propagation and channel modeling toward vertical heterogeneous networks”, under review in *IEEE Communications Magazine*.

<https://hapsalliance.org/>

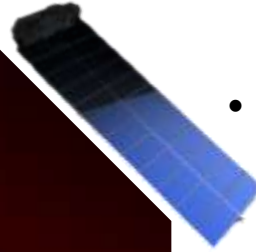
LEO Uydu Ağları

TR 22.822 (V16.0.0) "Study on using Satellite Access in 5G"

3GPP TR 23.737 V17.0.0 (2019-12) - "Study on architecture aspects for using satellite access in



- Dörder akıllı anten ile iletişim sağlanması



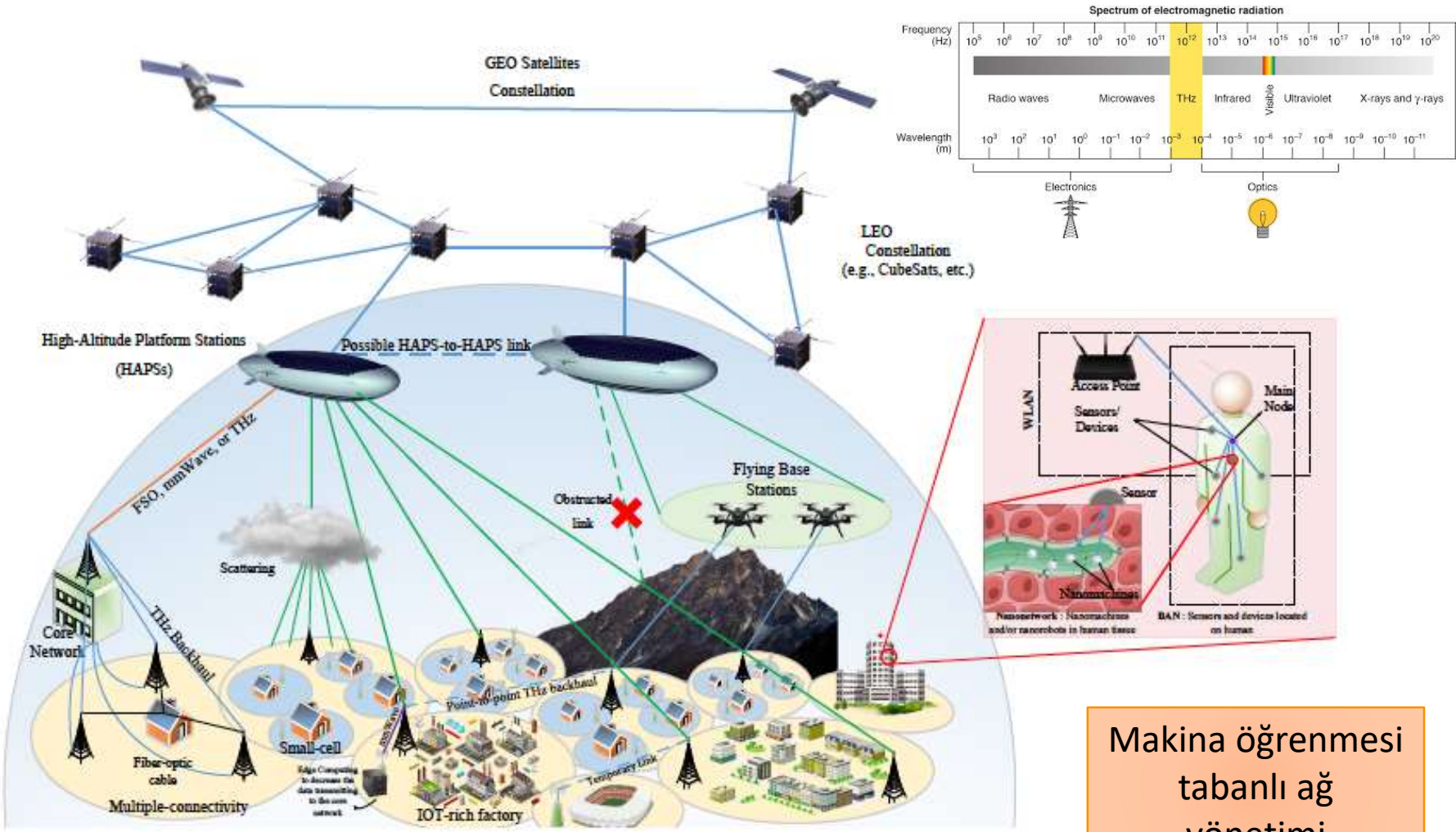
- Standardize solar paneller



- Otonom manevra kabiliyeti



Terahertz Haberleşme



Makina öğrenmesi
tabanlı ağ
yönetimi

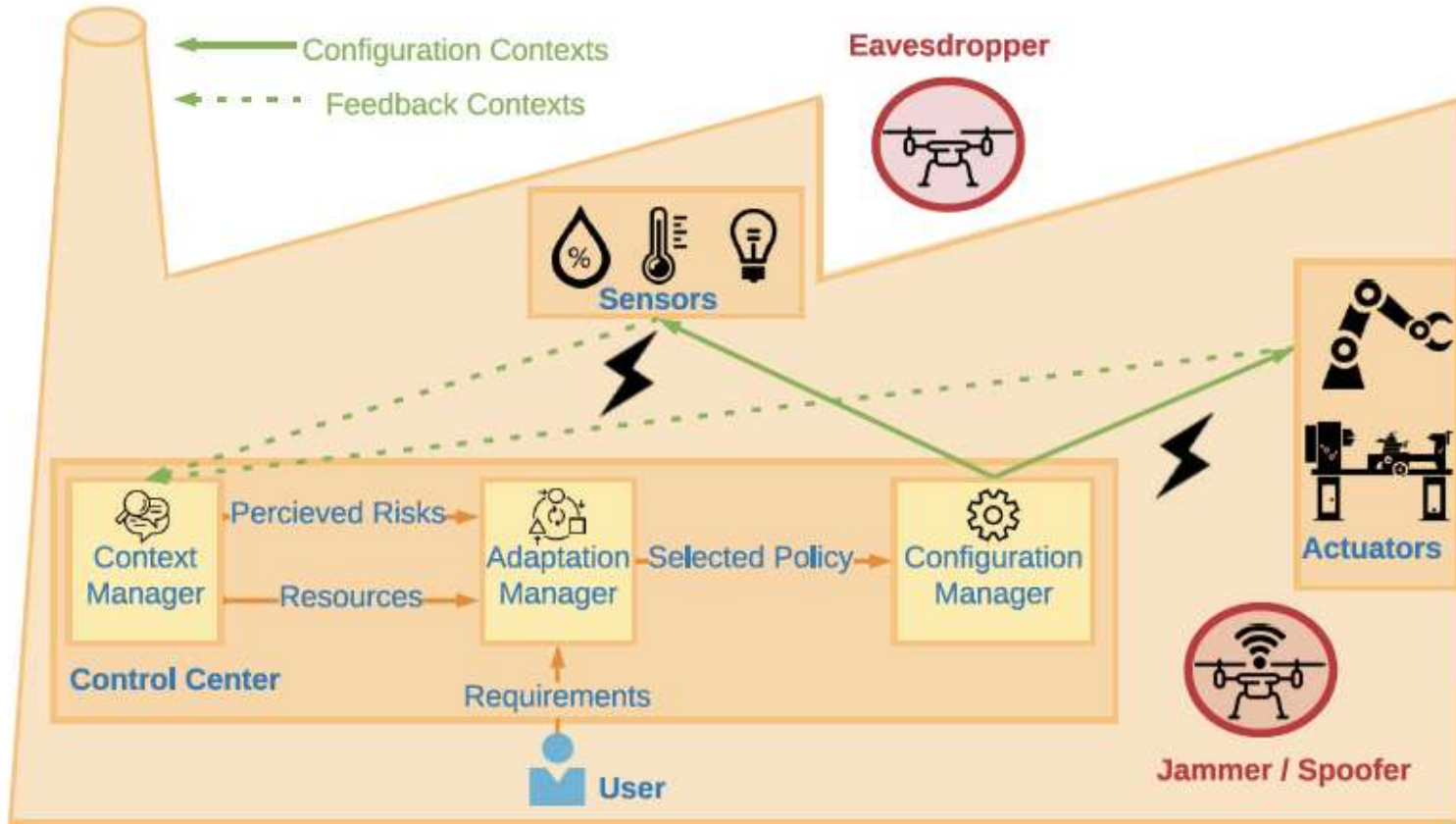
İçerik

1. Araştırma Grubumuz
2. Hücresel Sistemlerin Temel Bileşenleri
3. Hücresel Sistemlerin Gelişimi 1G/2G/3G/4G/5G
4. 6G Sistemlere Doğru (~2030)
5. **Çözülmesi Gerekecek Problemler**
6. Çıkarımlar

Otonom Araçlar/Hava Birimleri



Akıllı İletim Birimleri



O. Topal, M.O. Demir, Z. Liang, A. Pusane, G. Dartmann, G. Asheid, and G. Karabulut Kurt, "A Physical Layer Security Framework for Cognitive Cyber Physical Systems," accepted for publication in IEEE Wireless Communications Magazine, May 11, 2020.

İçerik

1. Araştırma Grubumuz
2. Hücresel Sistemlerin Temel Bileşenleri
3. Hücresel Sistemlerin Gelişimi 1G/2G/3G/4G/5G
4. 6G Sistemlere Doğru (~2030)
5. Çözülmesi Gerekecek Problemler
- 6. Çıkarımlar**

Çıkarımlar

6G Haberleşme Sistemleri:

Yer, Hava, Uydu Ağları

6G ~2030

- Dikey ağ yapısı
- Yeni nesil uydu ağları
- HAPS birimleri
- Makina öğrenmesi tabanlı ağ yönetimi

Sonuç

Her zaman her yerde 3 boyutta iletişim...



İşbirliği Yapılan Bazı Üniversiteler/Kuruluşlar

- Carleton University (Prof. Dr. Halim Yanıkömeroğlu)
- Lancaster University (Assoc. Prof. Dr. Ioannis Chatzigeorgiou)
- University of Ottawa (Prof. Dr. Abbas Yongaçoğlu)
- Alexander TEI of Thessaloniki Univ (Assoc. Prof. Dr. Periklis Chatzimisios)
- Aalto University (Assoc. Prof. Dr. Camilla Hollanti, Prof. Dr. Marcus Greferath)
- Fas-INPT (Assist. Prof. Dr. Houda Chafnaji)
- RWTH Aachen University (Prof. Dr. Gerd Ascheid, Dr. Guido Dartmann)
- Lisbon University (Assist. Prof. Dr. Francisco Monteiro)
- Cyprus University (Assist. Prof. Dr. Ioannis Krikidis)
- Novi Sad University (Dr. Dejan Vokobratovic)
- Koç Üniv. (Doç. Dr. Ertuğrul Başar)
- İTÜ Bilişim Enstitüsü (Doç. Dr. Enver Özdemir, Prof. Dr. Lütfiye Durak)
- Kadir Has Üniv. (Prof. Dr. Erdal Panayırıcı, Doç. Dr. Serhat Erküçük)
- Özyeğin Üniv. (Prof. Dr. Murat Uysal)
- Medipol Üniv. (Prof. Dr. Hüseyin Arslan, Dr. Öğr. Üyesi Tunçer Baykaş)
- Gebze Teknik Üniv. (Prof. Dr. Oğuz Kucur)
- Boğaziçi Üniv. (Doç. Dr. Ali Emre Pusane)
- İzmir Yüksek Tek. Ens. (Doç. Dr. Berna Özbek)
- İstanbul Medeniyet Üniv. (Doç. Dr. Eylem Erdoğan)
- Yıldız Teknik Üniv. (Dr. Öğr. Üyesi Ferkan Yılmaz)
- Yıldız Teknik Üniv. (Doç. Dr. Hacı İlhan)

Sorularınız?/Teşekkürler.

