



SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
Bilgisayar ve Bilişim Bilimleri Fakültesi
Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

BSM 313

NESNELERİN İNTERNETİ VE UYGULAMALARI

(Internet of Things (IoT) and Applications)

NESNELERİN İNTERNETİ UYGULAMALARINDA
SIKLIKLA KULLANILAN KABLOSUZ TEKNOLOJİLER

Düşük Güç Geniş Alan Ağı Teknolojileri
(*Low Power Wide Area Network, LPWAN*)

Doç. Dr. Cüneyt BAYILMIŞ



Düşük Güç Geniş Alan Ağı Teknolojileri

(Low Power Wide Area Network, LPWAN)

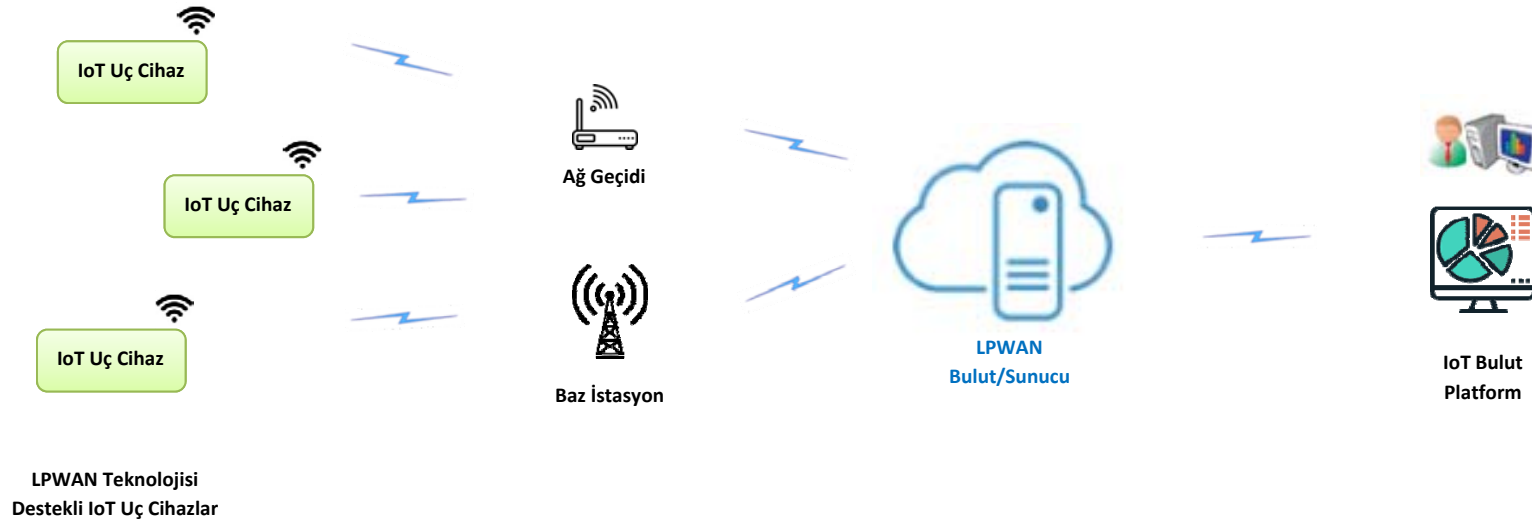
- ❑ Geniş coğrafi alana yayılmış cihazların uzun mesafeli kablosuz haberleşmesi için mevcut teknolojilere alternatif çözüm sunmaktadırlar.
- ❑ LPWAN teknolojileri, IoT uygulamalarının birçok temel gereksinimi karşılayan kablosuz (RF) iletişim teknolojileridir.
 - Geniş coğrafik alanda (km'lerce mesafede, 2-1000 km) uzun mesafeli iletişim desteği,
 - Düşük veri iletim hızı (yaklaşık 200 Kbit/s hızlarda),
 - Düşük enerji tüketimi,
 - Düşük maliyet,
 - Küçük boyutlu veri iletimi, (10-1000 bayt)
- ❑ Birçok LPWPAN temelli teknoloji bulunmaktadır.



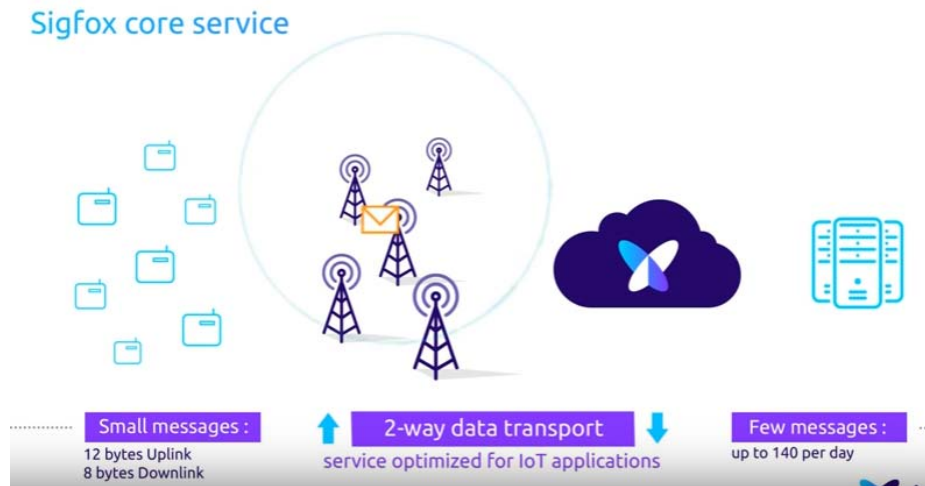
LPWAN teknolojileri arasında, lisanslı ya da lisanssız bant kullanımı, kapsama alanı, modülasyon tekniği, iletilen veri miktarı ve güvenlik mekanizmaları (şifreleme, kimlik doğrulama vb.) gibi farklar vardır.



Düşük Güç Geniş Alan Ağı Teknolojileri Sistem Mimarisi (LPWAN System Architecture)



- ❑ 2009 yılında Fransa'da kullanıma başlanmış ilk LPWAN teknolojilerinden biridir.
- ❑ Patentli (tescilli) bir teknolojidir.
- ❑ 433/868/915 MHz lisanssız ISM bandında çalışır.
- ❑ Sigfox, çift yönlü iletişim sunan ultra dar bant teknolojidir. Taşıyıcı genişliği 100 Hz'dir.
- ❑ Modülasyon tekniği olarak, ikili faz kaydırma anahtarlama (BPSK) kullanır.
- ❑ 32 farklı ülkede 512 milyon cihaz ile yaklaşık olarak 2 milyon km² kapsama alanına sahiptir.
- ❑ Sigfox, altyapı olarak hem kendi baz istasyonlarını hem de mevcut operatörlerin baz istasyonlarını kullanabilmektedir.



- ❑ Semtech firması tarafından geliştirilmiş patentli bir teknolojidir. “**Long Range**” kelimelerinin ilk iki harfinin kısaltmasıdır.
- ❑ **LoRa**, geniş band spektrum tekniğini kullanan bir fiziksel katman radyo teknolojisidir.
- ❑ **LoRaWAN** ise düşük güçlü alan ağının sistem mimarisi ve iletişim protokolünü tanımlar. **LoRaWAN** yıldız topolojiyi destekler.
- ❑ **LoRa**, 433/868/915 MHz lisanssız ISM bandında çalışır.
- ❑ Bir LoRa teknolojisine sahip ağ, LoRa modülüne sahip IoT (uç, sensör) cihazları, LoRaWAN’ı destekleyen ağ geçidi ve ağ sunucusu ile uygulama sunucusundan oluşur.



- ❑ Dar Bant IoT (Narrow Band – IoT), SIM kart gerektiren, 4G/4.5G gibi hücresel haberleşme sistemi üzerinde çalışan mobil operatörlerin sunduğu düşük güç geniş alan ağı teknolojisidir.
- ❑ Mobil operatörler tarafından sağlanan NB-IoT, 3GPP standartlarına dayalı lisanslı frekans üzerinden haberleşen bir teknolojidir.
- ❑ 200 KHz gibi darbant genişliği sayesinde bir baz istasyonu 50.000 cihaza servis sağlayabilir.
- ❑ GSM teknolojisine göre +20 dB daha yüksek çekim gücü desteği sunar.

- ❑ Long-Term Evolution for Machine-Type Communications (LTE-M), LTE CAT-M1 olarak ta bilinir. Diğer LPWAN teknolojilerine göre daha büyük bir bant genişliği sunar.
- ❑ NB-IoT gibi 3GPP 4G LTE standartlarına dayalı lisanslı frekans üzerinden haberleşen mobil operatör temelli bir teknolojidir.
- ❑ IoT cihazlarının bir ağ geçidi olmadan ve çok düşük pil tüketimi ile bir LTE ağına bağlanmasını amaçlar.
- ❑ 1.4 MHz bant genişliğinde 1 Mbit/s veri iletim hızlarını destekler.
- ❑ 5G teknolojisi ile uyumludur.
- ❑ NB-IoT'e göre daha fazla cihaz destekler ve daha geniş kapsama alanı sunar.



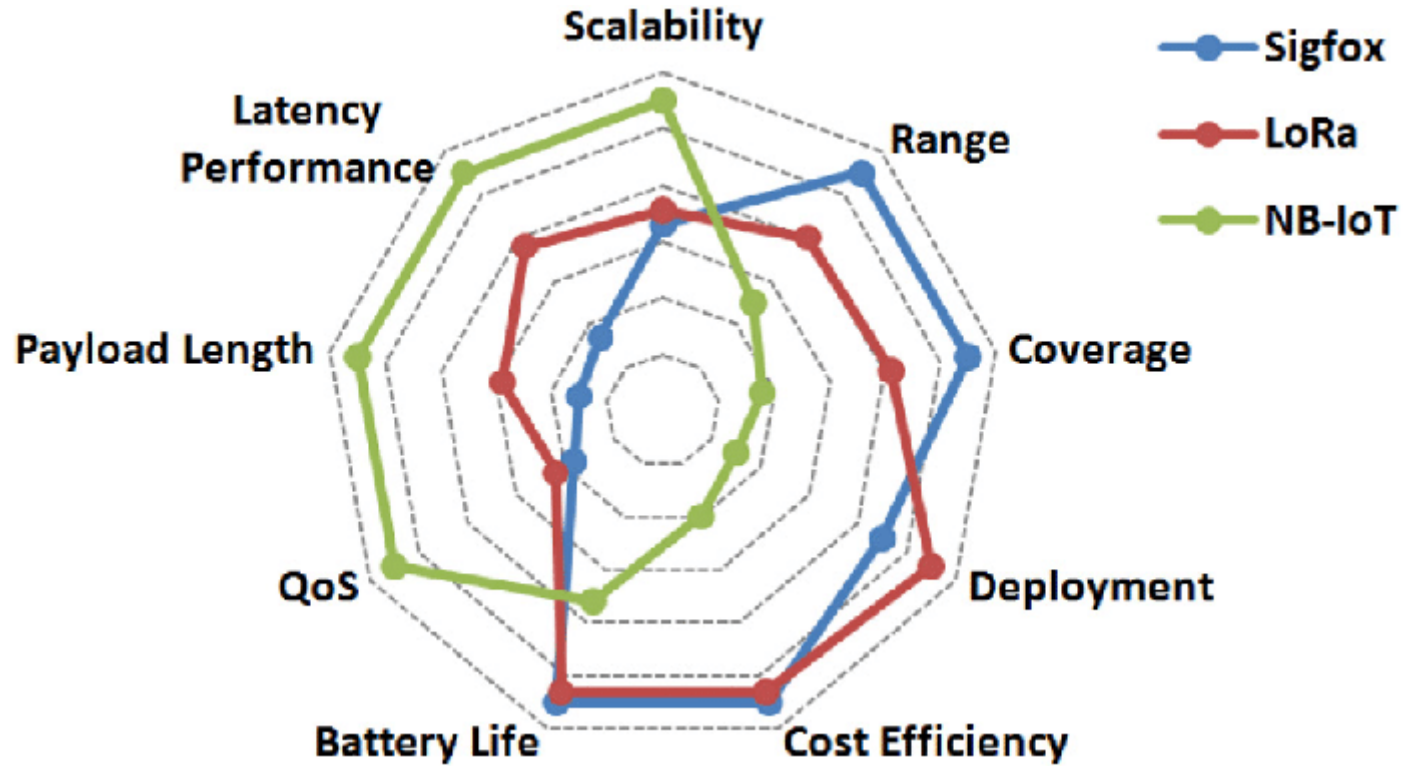
- ❑ Huawei şirketinin IoT ağların haberleşme ihtiyacı için geliştirilmiş lisanssız frekans bandı kullanan kablosuz haberleşme teknolojisidir.
- ❑ Avrupa'da 863-870 MHz, Latin Amerika'da 902-928 MHz ve Çin'de 470-510 MHz ISM bandını kullanmaktadır.
- ❑ Yoğun IoT ağ yapıları için ve çok düşük güç tüketimli olarak tasarlanmıştır.
- ❑ Slotted ALOHA ile çarpışma olasılığını azaltır, iletim verimliliği ve sistem kapasitesini artırır.
- ❑ Çok küçük paket boyutlu hızlı iletim sayesinde iletim süresini kısaltır ve güç tüketimini azaltır.
- ❑ eLTE teknolojisinin üç türü vardır:
 - eLTE-IoT lisanssız dar bant teknolojisi,
 - eLTE-U lisanssız geniş bant IoT teknolojisi,
 - eLTE-Licensed ise lisanslı geniş bant IoT teknolojisi

LPWAN Teknolojilerinin Karşılaştırması

	Sigfox	LoRaWAN	NB-IoT	LTE-M	eLTE-IoT
Teknoloji	Ultra Dar Bant	Geniş Spektrum	Dar Bant	Dar Bant	Dar Bant
Standart	ETSI	LoRa-Alliance	3GPP	3GPP	3GPP
Bant	Lisanssız ISM	Lisanssız ISM	Lisanslı LTE	Lisanslı LTE	Lisanssız ISM
Frekans	433/868/915 MHz	433/868/915 MHz	LTE Bandı	LTE Bandı	863-870 MHz
Bant Genişliği	100 Hz	125 – 250 – 500 KHz	180-200 KHz	1.08 - 1.4 MHz	30-180 KHz
Modülasyon	BPSK	CSS	QPSK	QPSK / 16QAM	FHSS
Veri İletim Hızı	100 bit/s	50 Kbit/s	200 Kbit/s	1 Mbit/s	10 Kbit/s
Kapsama Alanı	10 km – 40km	5km – 20 km	1 km – 10 km	11 km	10 km
Ağ Mimarisi	Uzun menzilli yıldız	Uzun menzilli yıldız	Hücresel	Hücresel	
Güvenlik	AES 128	AES 128	AES 256	AES 128	AES 128
Hareketlilik	Yok	Destekliyor	Sınırlı	Destekliyor	Sınırlı

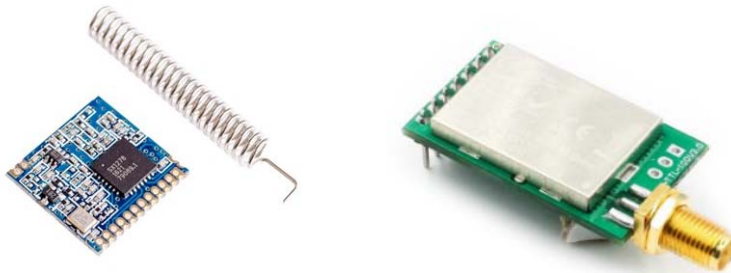


Sigfox, LoRa, NB-IoT Karşılaştırması

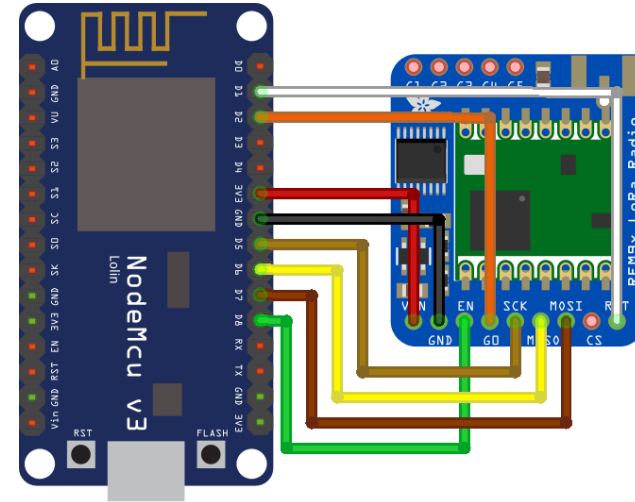


LPWAN Modülleri İle Nasıl IoT Uygulaması Geliştirebilirim?

- ❑ Bu tür modüller, Arduino, Raspberry Pi gibi birçok farklı gömülü sistem ile kullanılabilir.
- ❑ SPI protokolü ile haberleşir.
- ❑ Birçok modül kütüphane desteğinin yanı sıra AT komut setini de destekler.



LoRa Örnek Modüller



NodeMCU – LoRa
Bağlantısı

Kaynaklar

❖ Temel Kaynaklar

- Doç. Dr. Cüneyt BAYILMIŞ ve Doç. Dr. Kerem KÜÇÜK, “**Nesnelerin İnternet’i: Teori ve Uygulamaları**”, Papatya Yayınevi, 2019.

❖ Diğer Kaynaklar

- Sigfox, <https://www.sigfox.com> güncel kapsama alanı <https://www.sigfox.com/en/coverage>
- LoRa Alliance Technology, <https://www.lora-alliance.org/what-is-lora>
- huawei.com
- Suresh R. Borkar, “Long Term Evolution for machines (LTE-M)”, LPWAN Technologies for IoT and M2M Applications, 2020.

