

# IEEE 802.11bd ve 5G NR V2X

## Teknolojilerinin SWOT Analizi Raporu

### 1. AMAÇ

Bu raporun amacı, yeni nesil araçtan-her-şeye iletişim teknolojileri olan **IEEE 802.11bd** ve **5G NR V2X** sistemlerinin güçlü ve zayıf yönlerini karşılaştırmalı olarak analiz etmektir.

Her iki sistem de araç içi ve araçlar arası iletişimde **düşük gecikme, yüksek güvenilirlik ve veri bütünlüğü** hedefleyen, otonom sürüş ve akıllı ulaşım sistemlerinin temelini oluşturan teknolojilerdir.

Bu analiz, hangi teknolojinin hangi senaryolarda daha avantajlı olduğunu belirleyerek gelecekteki uygulama alanları için stratejik bir değerlendirme sunar.

### 2. KAPSAM

Rapor, her iki teknolojiyi dört temel başlık altında inceler:

- Strengths (Güçlü Yönler)**
- Weaknesses (Zayıf Yönler)**
- Opportunities (Fırsatlar)**
- Threats (Tehditler)**

Kapsam, teknik mimari, performans özellikleri, maliyet-etkinlik, standart uyumluluğu, altyapı gereksinimleri ve gelecekteki kullanım potansiyellerini içermektedir.

Analiz, akademik makalelerde yer alan veriler ve endüstri standartlarına dayanarak yapılmıştır.

## 3. IEEE 802.11bd TEKNOLOJİSİ

### 3.1 Strengths (Güçlü Yönler)

- **Geriye dönük uyumluluk:** 802.11p tabanlı sistemlerle iletişim kurabilir, mevcut DSRC altyapısını kullanabilir.
- **Düşük maliyet:** Hücresel altyapıya gerek duymadan bağımsız çalışabilir.
- **Gelişmiş hata toleransı:** LDPC kodlama, yeniden iletim ve Mitamble yapısı sayesinde daha kararlı veri aktarımı sağlar.
- **Yüksek hız desteği:** 500 km/sa hızda bile iletişimi sürdürebilir.
- **Yerel uygulamalara uygunluk:** Kavşak güvenliği, kısa menzilli uyarı sistemleri gibi senaryolar için ideal yapıdadır.

### 3.2 Weaknesses (Zayıf Yönler)

- **Sınırlı ölçeklenebilirlik:** Yoğun trafik koşullarında paket çakışmaları artar.
- **Eski teknoloji bağımlılığı:** Geriye uyumluluk zorunluluğu modern gelişmeleri sınırlandırabilir.
- **Kapsama alanı kısıtlılığı:** Uzun menzilli iletişimlerde performans düşebilir.
- **Zayıf altyapı entegrasyonu:** 5G çekirdek ağlarıyla tam uyumlu değildir.

### 3.3 Opportunities (Fırsatlar)

- **Mevcut DSRC yatırımlarını değerlendirme:** Yeni sistem kurmadan mevcut donanımlarla çalışabilir.
- **Düşük bütçeli akıllı şehir projeleri:** Gelişmekte olan ülkelerde uygun maliyetli çözüm sunar.
- **Hibrit kullanıma uygunluk:** 5G NR V2X ile birlikte kullanıldığında tamamlayıcı rol oynar.

### 3.4 Threats (Tehditler)

- **5G teknolojilerinin gölgesinde kalma riski:** Büyük üreticiler 5G tabanlı çözümlere yönelmektedir.
  - **Spektrum rekabeti:** 5.9 GHz bandı için 5G V2X ile çakışma yaşanabilir.
  - **Ticari ilginin azalması:** Üreticilerin tek standartlı çözümlere yönelmesi 802.11bd'nin yayılımını sınırlayabilir.
- 

## 4. 5G NR V2X TEKNOLOJİSİ

### 4.1 Strengths (Güçlü Yönler)

- **Ultra düşük gecikme:** 3 ms'ye kadar gecikme süresi ile kritik manevralar için uygundur.
- **Yüksek güvenilirlik:** %99.999 bağlantı sürekliliği sağlar.
- **Esnek numeroloji:** 15–120 kHz alt taşıyıcı aralığıyla çeşitli senaryolara uyum sağlar.
- **Gelişmiş iletişim modları:** Unicast, groupcast ve broadcast desteğiyle farklı araç iletişim biçimlerini destekler.
- **5G ekosistemiyle entegrasyon:** Network slicing, edge computing gibi modern teknolojilerle tam uyum içindedir.

### 4.2 Weaknesses (Zayıf Yönler)

- **Yüksek altyapı maliyeti:** Gelişmiş baz istasyonları ve ağ yönetimi gerektirir.
- **Enerji tüketimi yüksek:** Çoklu anten ve geniş bant kullanımına bağlı olarak güç ihtiyacı artar.
- **C-V2X ile geriye uyumsuzluk:** Geçiş sürecinde karmaşık sistem yapısı oluşabilir.
- **Tasarım karmaşıklığı:** Çok sayıda mod ve parametre ayarı mühendislik zorluğu yaratır.

#### 4.3 Opportunities (Fırsatlar)

- **Tam otonom sürüş desteği:** Platooning, sensör paylaşımı ve uzaktan sürüş gibi ileri seviye uygulamalara uygundur.
- **5G ve 6G'ye entegrasyon:** Gelecekteki ağ teknolojileriyle uyumlu bir temel sağlar.
- **Akıllı şehir ekosistemleri:** Dronlar, trafik lambaları ve altyapı sensörleriyle bütünleşik çalışabilir.
- **Operatör bazlı hizmet modelleri:** "V2X as a Service" gibi yeni ticari fırsatlar doğurabilir.

#### 4.4 Threats (Tehditler)

- **Regülasyon ve güvenlik sorumlulukları:** Hata durumunda sorumluluk paylaşımı karmaşık hale gelebilir.
- **Standart karmaşası:** C-V2X, NR V2X ve 802.11bd'nin aynı ortamda çalışması sistem kararlılığını etkileyebilir.
- **Yüksek maliyet nedeniyle sınırlı benimsenme:** Gelişmekte olan ülkelerde yayılım hızı düşebilir.
- **Teknoloji olgunlaşma süreci:** Gerçek saha uygulamalarında henüz tam doğrulanmamış yapılar risk oluşturabilir.

---

### 5. SONUÇ

Yapılan SWOT analizine göre:

- **IEEE 802.11bd**, kısa vadede **uygun maliyetli, geri uyumlu ve düşük altyapı bağımlılığı olan** bir çözüm sunar.  
Bu nedenle **kısa menzilli, şehir içi ve lokal uygulamalarda** avantajlıdır.
- **5G NR V2X** ise uzun vadede **tam otonom sürüş, yüksek hız ve ultra güvenilir iletişim gerektiren senaryolar** için ideal bir yapıya sahiptir.  
5G altyapısı üzerinden çalışması, onu **geleceğin akıllı şehirleri ve 6G sistemleriyle entegre çalışmaya hazır hale getirir.**

Sonuç olarak, iki teknoloji birbirinin rakibi değil, **tamamlayıcıdır.**

**Seher Akyel 235541063**