



Veri Link Çözümleri ve Gelecek Eğilimleri

Günümüzde verilerin artan trafiği ve boyutları teknoloji alanında yenilikler yaratırken beraberinde bazı zorlukları da getiriyor. Özellikle artan güvenlik zafiyetleri daha güvenli veri trafiği yollarının araştırılmasında etkin rol oynuyor. Veri Link (Data Link) teknolojisi bu alanda uygulanan yeniliklerden biri olarak öne çıkıyor. Hem sivil hem de askeri alanda yaygınlaşan veri link sistemleri iletişimde devrim yaratan çözümler sunabiliyor.

Veri link, dijital bilgi iletme ve alma amacıyla bir konumu diğerine bağlamanın bir yolu olarak tanımlanıyor. Sistem bir verici ile bir alıcıdan ve birbirine bağlanan veri telekomünikasyon devresinden oluşan bir dizi elektronik tertibat ile de ifade edilebiliyor. Bunlar, dijital verilerin bir veri kaynağından veri havuzuna aktarılmasını sağlayan bir bağlantı protokolü tarafından yönetiliyor. Veri link en temelde üç şekilde gerçekleşiyor¹:

- Simpleks iletişimler, genellikle tüm iletişimlerin yalnızca bir yönde olması anlamına geliyor.
- Yarı-dubleks iletişimler, her iki yönde de iletişim anlamına geliyor, ancak aynı anda her iki yönde gerçekleşmiyor.
- Dubleks iletişimler, aynı anda her iki yönde de iletişim olarak tanımlanıyor.

Veri bağlantısının askeri alanda kullanımı Taktik Veri Link (Tactical Data Link -TDL) olarak tanımlanıyor. TDL, NATO ülkeleri tarafından kullanılan radyo dalgaları veya kablolar aracılığıyla iletişim sağlamak için bir veri link standardı kullanarak çalışıyor. Tüm askeri Komuta Kontrol İletişim (Command, Control, and Communications -C3) sistemleri taktik verileri iletme, yaymak ve almak için standartlaştırılmış TDL kullanıyor.

Çoklu TDL ağı ise (Multi TDL Network - MTN), ortak taktik resmi ve ortak operasyonel resmi bir araya getirmek için ağ geçitleri, çeviriciler ve korelatörler aracılığıyla entegre edilmiş benzer ve farklı TDL'lerin ağını ifade ediyor².

Dünyada kullanılmakta olan mevcut Taktik Veri Link sistemleri belli garantilere sahip, belli trafik servisleri sağlamak için tasarlanmış sistemler olarak biliniyor. Bunların yeni servislere uyarlanabilecek esnek bir yapısı

¹ https://en.wikipedia.org/wiki/Data_link

² [https://en.wikipedia.org/wiki/Tactical_data_link#:~:text=A%20tactical%20data%20link%20\(TDL,relay%20and%20receive%20tactical%20data](https://en.wikipedia.org/wiki/Tactical_data_link#:~:text=A%20tactical%20data%20link%20(TDL,relay%20and%20receive%20tactical%20data)

bulunmuyor. Mevcut TDL ağları ile başka ağlar (karasal ağlar, uydu ağları, mevcut başka tür TDL ağları vb.) arasında trafik geçişleri ancak özel protokol dönüştürücüler varsa mümkün oluyor. Her sistem kendi içinde kapalı bir kutu gibi tasarlanıyor. Bu nedenle bazı ülkeler mevcut TDL ve haberleşme sistemlerinin kullanımındaki kısıt ve zafiyetleri gidermek, milli kripto kullanmak, elektronik karıştırmalara ve bölgesel tehditlere karşı direnç kazanmak, geleceğin harekât alanında farklı bilgi ihtiyaçlarını ve milli talepleri karşılamak gibi gereksinimlerle milli TDL sistemleri geliştirmek üzere çeşitli çalışmalar yürütüyor³.

Askeri veri bağlantıları, uydu iletişimi, radyo iletimi ve kablosuz veri transferi gibi modern iletim teknolojilerine dayanıyor. Bu sistemler, farklı askeri platformlar ve komuta merkezleri arasında veri ve durum resimleri, hedef koordinatları veya emirler gibi bilgi iletimine olanak tanıyor.

Askeri veri bağlantıları ve özellikle radyo üzerinden çalışan sistemler temelde akıllı telefonlarda kullanılan Messenger gruplarına benzetilebiliyor. Bireyler mesaj, resim veya dosya paylaştığında, bu öğeler otomatik olarak grubun diğer tüm üyeleri tarafından kullanılabilir hâle geliyor. Ancak gruptaki bireysel kişilerle doğrudan iletişim kurmak da mümkün kınıyor⁴.

Savaş alanında son yıllarda önem kazanmaya başlayan 5. nesil savaş sistemlerinin aslında tek başına değil bir savaş sistemleri topluluğu olarak görev yapması ve askeri doktrinin haberleşmeye dayalı olması nedeniyle TDL kullanımı kritik bir öneme sahip. 5. nesil savaş sosyal mühendislik, yanlış bilgilendirme ve siber saldırılar gibi kinetik olmayan askeri eylemlerin yanı sıra yapay zekâ ve tam otonom sistemler gibi yeni ortaya çıkan teknolojilerle yürütülüyor. Bu nedenle doğrudan TDL ile bağlantılı olarak faaliyet gösteriyor. 5. nesil savaş haberleşme ile doğrudan bağlantılı olduğundan TDL'nin aktif bir şekilde etkili olduğu veri iletişimine ihtiyaç duyabiliyor⁵.

TDL'de Aranılan Özellikler

Teknoloji ilerledikçe TDL'de yaşanan zorluklar dijital sistemlerin entegrasyonu ile çözümlenebiliyor. Dijital tabanlı gelişmiş bir TDL'de aranılan özellikler aşağıdaki gibi sıralanıyor⁶:

- Gürültüye ve elektronik taarruza karşı dayanıklılık (ECM-resistant),
- Gelişmiş şifreleme tekniklerinin kullanılabilmesi,
- Standartlar ile tanımlanmış olması,
- Yüksek hızlı ve gerçek zamanlı dijital veri iletişimi,
- Yüksek hassasiyetli ortam keşfi ve navigasyon desteği,
- Geniş kullanıcı kapasitesi,
- Esnek, dinamik ağ yapısı,
- Düşümsüz yapı (Kilit nokta bulunmaması),
- Hata bulma ve düzeltme algoritmaları.

TDL sistemleri üç farklı işlev olarak kullanılabilir:

Mesaj Biçimi: Bu sistemin temeli sabit yapı mesajı olarak biliniyor, ancak bazı TDL özellikleri çok daha fazlasını yapabiliyor.

3 <https://thinktech.stm.com.tr/tr/nato-ve-koalisyon-disi-ukelere-ait-milli-taktik-data-link-sistemleri>

4 <https://www.bundeswehr.de/en/military-data-links-5676750#:~:text=Military%20data%20links%20are%20special,and%20command%20and%20control%20systems.>

5 https://en.wikipedia.org/wiki/Generations_of_warfare

6 <https://thinktech.stm.com.tr/tr/ooda-dongusu-ve-taktik-data-linkler>

Mesaj Katalogları: Kesin Katılımcı Konum Bilgisi (izleme), ağ yönetimi, gözetleme, silah koordinasyonu, elektronik harp desteği, durum ve bilgi yönetimi dahil olmak üzere bir dizi işlevi desteklemek için mesaj tanımlarını içeriyor.

Çeşitli bağlantı türleri üzerinden çalışmak için protokoller: Bunlar ayrıntılı ve karmaşık protokol özellikleri olarak biliniyor⁷.

TDL'ler OODA Döngüsü (Observe – Orient – Decide – Act / Gözlemle – Uyumlandır - Karar Ver - Eyleme Geç) adı verilen mantıksal modellemeler ile de destekleniyor. OODA döngüsü günümüzde karmaşık durumlarda mantıksal düşünmeye temel oluyor. Boyd'a göre karar alma süreci, tekrar eden gözlemle – uyumlandır - karar ver - eyleme geç döngülerinden meydana geliyor ve döngüler karmaşık durum ortadan kalkana kadar devam ediyor. Kişi, kuruluş ya da herhangi bir oluşum bu süreci ne kadar hızlı yürütürse rakiplerine göre o kadar avantajlı duruma geliyor. Ancak haberleşme sistemlerinin elektronik harp sistemlerine göre daha karmaşık bir yapıda olması OODA döngüsünde daha yavaş işlemesiyle sonuçlanabileceğinden TDL aşamasında bilgilerin geç iltilmesine neden olabiliyor⁶.

Haberleşmede kullanılan eski tek antenli radyo sistemleri artık modern askeri operasyonların gereksinimlerini karşılamada yeterli değil. Askeri radyo iletişimi artık her zamankinden daha fazla menzil, veri akışı ve sağlamlık gerektiriyor⁸.

Yüksek frekanslı (High Frequency -HF) iletişimler askeri kuruluşlar tarafından 90 yıldan uzun süredir kullanılıyor. Gelişmiş ekipmana ihtiyaç duymadan çok uzun menzilli iletişim olanağı HF'yi uydu iletişimlerinin kullanışlı ve ucuz bir alternatifi hâline getiriyor. Avantajlarının yanı sıra HF üzerinden ses ve veri iletimi zorlu bir iş olarak biliniyor çünkü HF kanalı genellikle Doppler kayması ve yayılması, çok yollu, eş kanallı girişim ve diğer birçok gürültü kaynağında sorun yaşayabiliyor. TDL sistemlerde verinin gerçek zamanlı paylaşım ihtiyacı haberleşme sistemlerinde yeni nesil teknolojilerin arayışını artırıyor. Bu durum veri iletişiminin radar c bantlarına kadar ilerlemesini destekliyor⁹.

Türkiye'den Meteksan Savunma'nın geliştirdiği AKSON C-Bant İHA Veri Bağı Sistemi, İnsanlı ve/veya İnsansız Hava/Kara/Suüstü platformların bakış hattında yer kontrol istasyonlarıyla iki yönlü, gerçek zamanlı, yüksek kapasiteli veri aktarımını Elektronik Harp (EH) tedbirleri ile güvenli sağlayan veri linki olarak buna güzel bir örnek oluşturuyor¹⁰.

ABD'nin Sinvus Technologies şirketinin geliştirdiği L-Band Link 16 Helikal Anten teknolojisi de bir Link 16 sinyalinin uzaydan iletilmesini başarıyla gösteriyor. Link 16 dalga formu, hızlı ve güvenli iletişimlerin doğrudan savaş alanına iletilmesini sağlayarak savaşçılara taktiksel bir avantaj sağlıyor ve karar alma döngülerini hızlandırıyor⁸.

TDL Standartları

Bir operasyon sırasında tam olarak ne olduğunu bilmek her asker için hayati önem taşıyor. Bu durum askerlerin zamanında ve doğru kararlar alabilmeleri anlamına geliyor. Bu kararlar yaşam ile ölüm arasındaki farkı yaratabilecek kararları oluşturuyor¹¹.

7 <https://www.isode.com/whitepaper/tactical-data-links-potential-communication-enhancements/>

8 <https://silvustechologies.com/applications/military/?gad>

9 https://www.researchgate.net/publication/273126017_Real-Time_Implementation_of_STANAG_4539_High-Speed_HF_Modem

10 <https://www.meteksan.com/tr/urunler/haberlesme-sistemleri/c-band-ih-veri-bagi>

11 <https://www.baesystems.com/en-uk/product/tactical-data-links#:~:text=Tactical%20Data%20Links%20are%20secure,data%20between%20platforms%20and%20commands>

TDL genellikle kullanılan standartlarla anılıyor. TDL'nin temel özelliklerinin çoğu zorunlu olarak sınıflandırılıyor, ancak TDL'leri net bir şekilde anlamak için sınıflandırılmamış bol miktarda bilgi de bulunuyor.

Link 11, hâlâ kullanımda olan orijinal TDL'yi tanımlıyor. İlk TDL, 1950-60'larda Ralph Benjamin tarafından İngiltere Admiralty Surface Weapons kuruluşunda (ASWE) geliştirildi. Daha sonra NATO tarafından benimsenerek standartlaştırıldı. Bu sistem 30 bitlik bir yükte 24 bitlik mesajları aktarıyor, sabit hızda HF ve UHF üzerinden çalışıyor. Bir çift düğüm veya yayın modu arasında yarı çift yönlü iletim kullanabiliyor.

Link 16, öncelikle havacılık iletişimi için kullanılan daha modern ve sofistike bir TDL'yi tanımlıyor. Bu sistem belirli bir UHF segmentinde çalışıyor ve zaman bölmeli çoklu erişim (Time-division multiple access -TDMA) kullanarak tek bir sabit frekans kanalını paylaşıyor. Temel TDL kısa yapı mesajlarının yanı sıra Link 16 ses, kısa mesajlaşma ve görüntü aktarımı gibi diğer hizmetleri de destekliyor.

J Mesajı veya J Serisi Mesajları, TDL mesajlarının yaygın olarak referans alınan bir kataloğu olarak biliniyor. "J", Link 16'nın bir sürümü olan TADIL-J'den geliyor. M Mesajı gibi diğer bazı sürümler bazen benzer şekilde referans verebiliyor. J Mesajı, TDL mesajlarına referans vermenin temiz bir yolunu sunuyor.

Çoklu Platform Bağlantı Değerlendirmesi için Standart Arayüz (Standard Interface for Multiple Platform Link Evaluation -SIMPLE), STANAG 5062'de tanımlanıyor. SIMPLE, TDL mesajlarının IP üzerinden aktarılmasını sağlıyor. Hem SIMPLE hem de dayandığı çerçeve eskimiş gibi görünüyor ve pratikte alternatif olarak JREAP C tercih ediliyor.

Ortak Menzil Genişletme Uygulamaları Protokolü (Joint Range Extension Applications Protocol -JREAP), TDL mesajlarının uzun mesafeli ağlar üzerinden aktarılması için bir araç sağlıyor. Temel TDL protokolleri taktik ağlar için tasarlanıyor ve JREAP, stratejik ağlarla entegrasyonu sağlayabiliyor. Üç JREAP çeşidi bulunuyor. Bunlar JREAP A (yarım dubleks), JREAP B (dubleks) ve JREAP C olarak adlandırılıyor. Bu sistemler IP ağları üzerinden çalışmak için UDP ve TCP mekanizmaları sağlıyor.

Link 22, deniz odaklı Link 11'in modern bir alternatifi olarak öne çıkıyor ve Link 16 yeteneklerini kullanıyor. Bu nedenle Link 16 sistemleri için bir yükseltme yolu olarak da değerlendiriliyor. Link 22, NATO Link 11 İyileştirmeleri NATO Geliştirilmiş Link 11 (NATO Improved Link Eleven -NILE) programı tarafından geliştirildi ve yaygın olarak NILE olarak anılıyor. Link 22'nin temel özellikleri:

- J Mesajlarını destekliyor ve Link 16 ile uyumlu çalışıyor.
- HF ve UHF, sabit hız ve sabit frekans üzerinden çalışıyor.
- Bir ağın üyeleri için Dinamik TDMA yaklaşımı kullanılıyor.
- Düğümlerin bir ağa katılmasına izin veriyor.
- Birden fazla birbirine bağlı ağı (bir Süper Ağ) destekliyor ve ağlar arasında geçiş yapabiliyor. Mesajlar bir düğüm listesine, ağdaki tüm düğümlere veya Süper Ağdaki tüm düğümlere yönlendirilebiliyor.
- Hata düzeltme imkânı sunuyor.
- Düğüm kaybına karşı dayanıklı bir özellik gösteriyor.
- Mesajların önceliği bulunuyor.
- Daha yüksek öncelikli mesajlara öncelik veren tıkanıklık yönetimi kullanıyor.
- Mesaj oluşturma süresi ve bozulabilirlik (mesaj artık geçerli olmadığında) özellikleri gösteriyor⁷.

Link 1, karaya konuşlu hava savunma araçları ile hava araçları kumanda merkezleri arasında kurulmuş, noktadan-noktaya bir taktik data link sistemi olarak tanımlanıyor. Bu sistem gerçek zamanlı taktik hava

savunma ve kontrol bilgilerinin otomatik alışverişini sağlamak üzere geliştirilmiş ve NATO STANAG 5501 ile belirlenmiş S-seri mesaj standardını kullanıyor⁶.

Türkiye’den TDL Örnekleri

Türkiye’nin TDL’ler ile tanışması 1999 yılında Barış Kartalı projesinin imzalanması ile başlamaktadır. Daha sonrasında ise F-16 modernizasyonu çalışmalarının başlaması ile Türkiye TDL’ler dünyasında yerini almıştır. Böylece zamanla TDL yeteneğine sahip olan ya da bu yeteneğe sahip olması planlanan platform sayısı giderek artmıştır. Askeri kuvvetlerin ve emniyet güçlerinin desteklenmesi amacıyla yürütülen bu çalışmalarda uluslararası standartlar gözetiliyor¹².

HAVELSAN Taktik Data Link Yönetim Merkezi (TDLYM); tüm kara, deniz, hava platform ve unsurlarındaki tüm TDL (Link-11, 16, 22, JREAP, VMF) bilgilerinin tek merkezden yönetilmesini sağlıyor. Bu sistem birbirini yedekleyen ve birbirinin yerine görev üstlenebilen merkezler oluşturulmasına, merkezlerin birbirleriyle bağlanmasına ve taktik bilginin uzak noktalara taşınmasına imkân veriyor. Sistemle birlikte bir TDL ağının yönetilmesini sağlamak üzere gereken tasarım, planlama, cari yönetim, görev sonu analiz gibi tüm süreçleri entegre şekilde kapsayan çeşitli araçlar da sunuluyor¹³.

Savaş alanı farkındalığını artırmak için taktik alanda ağ unsurları arasında yüksek hızlı, güvenilir ve emniyetli iletişim sağlayan TDL tasarlayan Meteksan da Türkiye’de bu alanda çalışmalar yürüten önemli şirketlerden biri olarak biliniyor. Seyir füzeleri, savaş uçakları ve korvetler için ilk Türk yerli taktik veri linkini geliştiren Meteksan bu sistemi KEMENT TDL olarak adlandırıyor.

KEMENT TDL, karmaşık veri kümelerinin neredeyse gerçek zamanlı iletimi için röle kabiliyetine sahip, TDMA tabanlı, güvenli (kripto), parazite dayanıklı, yüksek hızlı dijital iletişim sistemi olarak tanımlanıyor. KEMENT TDL, savaş alanında Komuta Kontrol (Command, Control -C2) Sistemleri, kara, deniz ve hava platformları, mühimmat (seyir füzeleri vb.), silahlar ve görev sistemleri arasında ağ destekli kabiliyet (Network-enabled capability -NEC) ve Ağ Destekli Silah (Network Enabled Weapon -NEW) sağlıyor¹⁴.

Link 16 yeteneğine sahip olacak platformların birlikte çalışabilirliklerinin sağlanması ve bu platformların Link 16 yeteneklerinin tanımlandığı gereksinim dokümanlarının oluşturulması amacıyla STM-SSB arasında 2009-2014 yılları arasında Link 16 Birlikte Çalışabilirlik projesi yürütülmüştür. Link 16 yeteneğine sahip olacak platformlar hava, yer ve deniz unsurları olmak üzere komuta-kontrol yetenekli ve komuta-kontrol yetenekli olmayan platformlar olacak şekilde TSK tarafından belirlenmiştir. Proje kapsamında, ilgili platformların Link-16 teknik şartnameleri hazırlanmış ve TSK personeline eğitimler verilmiştir. Ayrıca, Sentetik Yer Birlikte Çalışabilirlik Test Ortamı (SYBTO) kurulumu ve işletimi yürütülmüştür. Ayrıca TSK operasyonel isteklerine uygun bir milli TDL geliştirmenin teknik gereklilikleri, sağlayacağı avantaj ve dezavantajları değerlendirmek amacıyla 2012-2014 yılları arasında yine STM tarafından MTDL Fizibilite Çalışması yürütülmüştür. Bu proje kapsamında da, dünyada kullanılan tüm benzer sistemler incelenmiş ve gelişmiş bir sistem istekleri dokümanı oluşturulmuştur¹².

TDL’nin Geleceği

TDL küresel ölçekte ciddi bir pazar oluşturuyor. Küresel TDL pazarının 2024 ile 2032 yılları arasındaki tahmin döneminde önemli bir oranda artması bekleniyor. 2023 yılında pazarın istikrarlı bir oranda büyüdüğü ve kilit oyuncular tarafından stratejilerin artan benimsenmesi pazarın öngörülebilir bir gelecekte yükselmesini destekliyor.

¹² https://thinktech.stm.com.tr/uploads/docs/1608887708_stm-sektor-raporu-muharebe-sahasinin-dijitallesmesi.pdf


¹³ <https://www.havelsan.com.tr/sektorler/savunma-ve-guvenlik/hava/taktik-data-link-yonetim-sistemi/havelsan-taktik-data-link-yonetim-sistemi>

¹⁴ <https://www.meteksan.com/en/products/communication-systems/kement-tdl-tactical-data-link-system>

Küresel Taktik Veri Linki pazar büyüklüğünün 2023'teki 5 milyar 871,9 milyon dolardan 2032'ye kadar 8 milyar 812,6 milyon dolara ulaşması ve 2023-2032 yılları arasında yüzde 5,9'luk bir bileşik yıllık büyüme oranına sahip olması öngörülüyor. Kuzey Amerika, son derece gelişmiş savunma sanayii açısından en temsili ülke olarak yüzde 39'dan fazla pazar payına sahip görünüyor. Avrupa ve Asya-Pasifik bölgesi 2019 yılında yaklaşık yüzde 42 pazar payıyla Kuzey Amerika'yı takip ediyor¹⁵.

ABD Dışişleri Bakanlığının Gelişmiş Taktik Veri Bağlantı Sistemi Yükseltme Planlaması ve ilgili ekipmanın Tayvan'a olası satışını onaylaması bu alana verilen önemi kanıtıyor. Onaylanan bütçenin tahmini 75 milyon dolarlık yüksek güvenceli cihazların, GPS alıcılarının ve iletişim ekipmanlarının alımını içermesi bekleniyor¹⁶.

Gelecekte geliştirilecek daha akıllı TDL sistemlerinin askeri operasyonlarda kilit bir rol oynamasına kesin gözüyle bakılıyor. Güvenli ve hızlı veri iletişiminde çok büyük fark yaratan gelişmiş TDL'lerin askeri unsurlara kattığı değer ile daha güçlü operasyonlar planlanması ve uygulanması mümkün kılınabilir. Bu doğrultuda küresel ölçekte ortaya çıkan yeniliklerin takibi ve benimsenmesi önem kazanıyor.

Türkiye'nin de hızla geliştirdiği TDL sistemlerinin sadece ülke içinde değil, başka ülkelerde de kullanım imkânı bulması bu teknolojinin önemini artırabilir. Gelecek veri iletişimden geçtiği için veri bağlantı sistemleri her zaman artan bir taleple karşılaşacak gibi görünüyor. Bu talebin zamanında karşılanması için Ar-Ge çalışmalarına aralıksız devam edilmesi ve geliştirilen sisteme inanarak benimsenmesi gerektiği düşünülüyor. 

¹⁵ <https://www.linkedin.com/pulse/tactical-data-link-market-current-status-tks2f/>

¹⁶ <https://www.thedefensepost.com/2024/02/22/us-taiwan-tactical-data/>