

## Taktik Data Link Teknolojilerinde Birlikte Çalışabilirlik ve Kritik Simülasyon Bileşenleri

Mert Tuğcu<sup>1</sup> Oral Gürel<sup>2</sup>

### Öz

Bu makalede birlikte çalışabilirliği sağlamak amacıyla simülasyon ortamlarının verimli kullanımı, bir Taktik Data Link (TDL) simülasyonu için gerekli olan bileşenler, hâlihazırda kullanımda olan teknolojiler ve TDL teknolojisinin güvenli olarak entegre edilmesinin sağladığı avantajlar incelenmiştir. Çalışmada, TDL sistemi olarak günümüz modern muhabere sahasında öncelikli kullanım alanı bulan ve NATO tarafından asli link seçilen Link 16 TDL sistemi ele alınmıştır. Gerçekçi bir senaryo oluşturularak, Komuta Kontrol yeteneğine sahip olan ve olmayan platformlar arasında iletilen mesajlar incelenmiştir. Platformlar arasında mesajların iletilmesi sırasında simülasyon ortamındaki analiz araçları ve yetenekleri incelenmiştir. Son olarak, simülasyon analizinin sonuçları ve kullanılan simülasyon ortamının TDL teknolojisine geçiş ve ilgili modernizasyon süreçlerine sağladığı avantajlar sunularak çalışma tamamlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Birlikte Çalışabilirlik, Ağ Destekli Yetenek, Elektronik Harp, Link 16, Simülasyon, Simülasyon Bazlı Tedarik, Taktik Data Link (TDL), TDL Senaryo Bazlı Simülasyon.

## Interoperability and Critical Simulation Components in Tactical Data Link Technology

### Abstract

In this paper, in order to address the interoperability issue, the efficient utilization of simulation environments, essential simulation components of a TDL, available technologies and the advantages of reliable integration of TDL Technology are examined. In our study, specifically the Link 16, which has been found the primary usage area in a modern battlefield and recognized as the principal TDL system by NATO, is selected as the subject TDL. In our approach, a realistic scenario is simulated and examined, where TDL messages are exchanged between C2 platforms and non-C2 platforms. While messages are exchanged between platforms, the analysis tools of the simulation environment and their capabilities are studied. Finally, the results of the simulation analysis and the benefits of using the subject TDL simulation environment are presented.

**Keywords:** Interoperability, Network Enabled Capability, Electronic Warfare, Link 16, Simulation, Procurement Based on Simulation, Tactical Data Link (TDL), TDL Scenario Based Simulation.

<sup>1</sup> Yazışma adresi: Dr., STM A.Ş., Ankara Teknoloji Geliştirme Bölgesi, Bilkent Cyberpark, Ankara, mtugcu@stm.com.tr

<sup>2</sup> STM A.Ş., Ankara Teknoloji Geliştirme Bölgesi, Bilkent Cyberpark, Ankara.

## Giriş

Geçmişte Komuta Kontrol haberleşme sistemlerinde veri iletişimi elektronik taarruza karşı dayanıklı olmayan, güvensiz veri kanalları üzerinden sağlanmaktaydı. Bu yöntem katılımcı limitinin yetersiz olması, çok yüksek miktarda bilginin değişimi gerekliliği gibi kısıtlardan dolayı, bir süre sonra taktik bilgi değişimi için verimliliğini kaybetmiştir. Bu durum, ülkelerin görevle ilgili verilerinin güvenli olarak paylaşımını ciddi ölçüde sınırlandırmış ve böylelikle elektronik harbe karşı dayanıklı, güvenilir haberleşme ağlarına ihtiyaç duyulmuştur. Bu ihtiyaçlardan ötürü, Link-16 sistemlerinde gönderilen verinin kriptolanması, hata tespit ve düzeltme algoritmalarının kullanılmasıyla güvenilirliğin ve gürültü altında veri gönderim kalitesinin artması sağlanmış; iletilen sinyalin enerjisinin belirli yöntemlerle yayılması sonucunda düşman unsurlar tarafından tespit edilme olasılığı azaltılmış ve sinyal karıştırmalarına karşı dayanıklı bir hâle getirilmiştir (Hura, 2000). Muharebe sahasında müşterek taktik resmin doğru şekilde oluşturulması ve bilginin anlık olarak paylaşılması, düşmana karşı üstünlük sağlamak açısından büyük önem arz etmektedir. NATO'nun Taktik Data Link yol haritasına baktığımızda orta vadede yalnızca J serisi mesaj ailesi kullanımının öngörüldüğü görülmektedir. Özellikle Link 16, savaş ortamında bulunan iz ve diğer bilgilerin gerçek zamanlı paylaşımını sağlamak; yüksek kapasiteli, Komuta Kontrol (K2) ve uçak/silah/görev yönetimini destekleyen taktik birimlerin tüm veri değişim gereksinimlerini karşılamak amacıyla tasarlanmıştır. Link 16 karıştırmalara karşı dirençli, Time Division Multiple Access (TDMA) mimarisine dayanan, frekans atlamalı ve güvenilir bir haberleşme altyapısına sahiptir. Bahsedilen tüm bu özelliklerden dolayı, Link-16 sistemlerinin kullanımı barış, kriz ve savaş dönemlerinde vazgeçilmez hâle gelmektedir.

Bu makalede Link 16 TDL sistemi temel alınarak TDL teknolojisine geçiş ve ilgili modernizasyon süreçlerinde, simülasyon yazılımlarında olması gereken kritik bileşenler ve yetenekler ele alınmıştır. Bu simülasyon bileşenlerinin sağladığı maliyet, operasyonel etkinlik, eğitim ve güvenlik faydaları detaylı olarak açıklanmıştır. Her bir kritik bileşen sağladığı kabiliyetlerle beraber incelenmiştir. K2 yeteneği olan ve olmayan platformlardan oluşan bir senaryo oluşturulmuş ve bu senaryo baz alınarak kritik bileşenlerde simülasyonlar koşturulmuştur.

## **Birlikte Çalışabilirlik ve Önemi**

Sistem, birim ve kuvvetlerin diğer sistem, birim ve kuvvetlerden hizmet alıp verme kabiliyeti ve bu hizmetlerin bir arada ve etkin şekilde çalışmak amaçlı kullanılması (STANAG 5516 Ed.6) olarak tanımlanan Birlikte Çalışabilirlik (BÇ), TDL'lerin etkili kullanımı açısından kritik öneme sahiptir. Haberleşme ve bilgi değişimi altyapılarına sahip sistemlerin etkin olabilmesinin en önemli şartı, diğer sistemler ile birlikte çalışabilir olmasıdır. Bu bağlamda, TDL teknolojisine geçiş ve ilgili modernizasyon süreçlerinde ulusal, hatta müttefik ülke platformları arasındaki BÇ'nin sağlandığından emin olunmalıdır.

BÇ'yi sağlamak amacıyla izlenmesi gereken adımlar, uluslararası kabul görmüş İSMART - The interoperable Systems Management and Requirements Transformation - süreçleriyle tanımlanmıştır (iSMART, 2009). Üst seviye gereksinimler, platformlar arası bilgi değişim ihtiyaçları ve analizleri, bilgi tanımları ve izlenmesi gereken standartlar süreçte tanımlanmaktadır. Tüm bu süreçler sonunda yüksek maliyetli tatbikatlar yapılmadan önce kâğıt üzerinde yapılacak analizler ve bilgisayar simülasyonları yol gösterici olmaktadır. Kâğıt üzerinde yapılan BÇ analizleri aşağıdaki aşamalardan oluşmaktadır:

- Platform Gereksinim Farklılık Dokümanı: Literatürde belirlenmiş standart gereksinimler ve platformlara özgü gereksinimlerin arasındaki farkların belirtildiği dokümandır.
- Platform Uygulama Farklılık Dokümanı: Literatürde belirlenmiş standart gereksinimler ve platformlara özgü yapılmış uygulamaların arasındaki farkların belirtildiği dokümandır.
- Veri Link Platform Uygulaması: Bir platformun mesajının, kelimesinin, alanının ve veri ögesinin iletim ve alım uygulamalarını tanımlayan dokümandır.

Bu dokümanlar sayesinde gerçek platform testlerine düşen yük hafifletilmiş olacaktır. Platformlar arası BÇ problemlerinin %80-90'ı bu analizlerle tespit edilebilmektedir. TDL simülatörleri BÇ problemlerinin tespiti için faydalı olmakla beraber muharebe ortamında oluşabilecek her çeşit durumu kapsamaz. Dolayısıyla, sistem simülasyon ortamında sorunsuz çalışsa da asıl doğrulamanın gerçek denemeler ve operasyon sırasında yapılacağı unutulmamalıdır.

Platformların her anlamda birlikte uyum içinde çalışabilmeleri için BÇ farklı seviyelerde ele alınmalıdır. Bu seviyeler şu şekilde listelenebilir:

- Radyo Frekansı Seviyesinde BÇ: Fiziksel olarak terminaller arasında mesajların doğru iletilmesidir.
- Veri Seviyesinde BÇ: Bilgi içeriğinin mesaj standartlarıyla uyumlu olması ve bilginin görev bilgisayarları arasında uyumlu olarak iletilmesidir.
- Protokoller Arası BÇ: Muharebenin sürdürülebilmesi için gerekli olan operasyonel prosedüre uygunluktur.
- İnsan-Makina Arayüzü & Operatörden Operatöre BÇ: Gönderilen bilgilerin alıcı operatör tarafından görüntülenebilmesi ve doğru yorumlanabilmesidir.

Öte yandan TDL işlevlerinin önemli bir kısmını yürüten görev bilgisayarlarının farklı üreticilerin ürettiği terminallerle doğru entegrasyonu da olası uyumsuzlukların önüne geçilmesi için önemlidir.

Kâğıt üzerinde yapılan BÇ analizlerinden sonra, BÇ'yi mümkün olan en üst seviyede karşılayabilmek için bilgisayar ortamında simülasyonlara ihtiyaç vardır. Simülasyon bazlı tedarik kapsamında (İkinci, Ayçenk ve Erdener, 2005) ele alındığında hâlihazırda mevcut yazılımlar kendi içlerinde standartlar ve mesaj kataloglarına uyumlu şekilde çalışmaktadır. TDL teknolojisine geçiş sürecinde bilgi değişimi ihtiyaçları analiziyle platformlar arasında hangi bilgilerin paylaşılacağı (ulusal ve operasyonel) belirlenir. Sonraki adımda belirlenmiş olan isterlere göre veri ağ işlemcileri ve terminaller imal edilip mevcut simülatörlerde detaylı olarak test edilir. Böylelikle, geliştirilmiş olan TDL terminallerinin tam anlamıyla standartlara ve mesaj kataloglarına uygun olarak BÇ'yi sağladığı doğrulanmış olur. Bu işlem sayesinde terminaller platformlara entegre edilmeden önce maliyet etkin olarak olası uyumsuzluklar tespit edilmiş olur.

## Senaryo ve Simülasyon Bileşenleri

### Senaryo

Kritik simülasyon bileşenleri işlenirken kullanılacak olan senaryo K2 yeteneği olan ve olmayan birimlerden oluşmaktadır. K2 yeteneği olan platformlar Komuta ve Kontrol Uçağı ve Yer Komuta Merkezidir. K2 yeteneği olmayan platformlar ise 2 adet Muharip Uçak, Silahlı İnsansız Hava Aracı ve Füze Sistemidir. Tüm dost unsurlarında Link-16 sistemi mevcuttur. Düşman unsurlar olarak 3 adet savaş uçağı ve füze sistemi vardır. Senaryoda konuşlandırılmış düşman füze unsurunu tespit eden Komuta ve Kontrol Uçağı bu bilgiyi Silahlı İnsansız Hava Aracı'na J3.5 mesajı ile iletir (MIL-STD-6016C). Senaryoda J3.5 mesajının Silahlı İnsansız Hava Aracı'nın TDL işlemcisinde tanımlanmadığı ve dolayısıyla görev bilgisayarına ulaşmadığı farz edilmiştir. Bu durum sonucunda düşman unsurundan haberdar olamayan Silahlı İnsansız Hava Aracı düşman füze sistemi tarafından vurulmaktadır. Senaryoda J3.5 mesajının Silahlı İnsansız Hava Aracı'nın TDL işlemcisinde tanımlanmamasından dolayı veri seviyesinde bir BÇ sorunu kurgulanmıştır. Bu çalışmada ölçüt platformlar arasında tüm mesajların eksiksiz, doğru şekilde iletilmesi ve işlenmesidir. Dolayısıyla, sonuçlar sayısal olmayan nitel analizlere dayanmaktadır.

Senaryonun hazırlanması ve oynatılması sürecinde Savunma Teknolojileri Mühendislik ve Ticaret (STM) A.Ş. bünyesinde bulunan Sentetik Yer Birlikte Çalışabilirlik Test Ortamı (SYBTO) 'nda bulunan simülasyon bileşenleri temel alınmıştır. SYBTO, Lockheed Martin UK firmasından tedarik edilmiş, ticari bir TDL simülasyon ortamıdır. Mevcut olan birçok modern platform kullanılarak simülasyonlar yapılabilmektedir. Kullanılan sistem, Ağ Tasarım Aracı, Senaryo Üreticisi ve Çevrimdışı ve Çevrimiçi Mesaj Analiz Araçları bileşenlerinden oluşmakta ve Windows XP işletim sisteminde çalışmaktadır. Bu çalışmada sunulan şekil ve tablolar STM A.Ş. bünyesindeki SYBTO kullanılarak elde edilmiştir.

### Ağ Tasarım Aracı

TDL Sistemlerinde ilk olarak simüle edilmesi gereken kısım kurulacak olan ağdır. Bu amaçla bir ağ tasarım ve simülasyon aracı kullanılmalıdır. Böyle bir bileşen sayesinde Link 16 TDL Sisteminde 7.8125 mili saniyelik zaman dilimlerinde TDMA yöntemiyle çalışan ağın ağ isterlerine göre tasarlanması ve modellenmesi imkanı doğar. Böyle bir

araçla zaman dilimleri, Ağ Katılım Grubu (AKG)<sup>1</sup>, TSEC<sup>2</sup> ve MSEC<sup>3</sup> değişkenleri, zaman çerçevelerini (frame) oluşturan zaman dilimi sayısı gibi ağ tasarım parametreleri belirlenip tasarlanmalıdır. Bu konuda millî isteklerimizi de kapsayan çalışmalar yapılmaktadır (Kır ve Çil, 2010).

Link 16 TDL sisteminde her mesaj içeriğine uygun olarak belli bir AKG'de yayımlanır. AKG'lere örnek olarak Hava Kontrol, Elektronik Harp ve Silah Koordinasyonu gösterilebilir. Platformlar yetki ve kabiliyetlerine göre bahsi geçen grupta mesaj göndermek üzere AKG'ye katılır. Bu amaçla tasarımın önemli bir adımı platformların hangi AKG'lerden mesaj alıp hangi AKG'lere mesaj gönderdiğini özetleyen bir bağlantı matrisinin olmasıdır. Tablo 1'de örnek senaryo için oluşturulan matrisle platformlar ve mesaj alıp verdikleri AKG'ler gösterilmiştir. Ayrıca ağ tasarım aracının üreteceği matrisle AKG'ler ve onlara bağlı olan zaman dilim grupları da gösterilmelidir. Tasarım aracında Zaman Dilim Bloklarının AKG'lere tahsis işlemi, isteğe bağlı olarak yapılabileceği gibi hızlı bir şekilde otomatik olarak da yapılabilir. Bu özelliklere ek olarak Yeniden Tahsis fonksiyonu ile belli bir zaman diliminde yayın yapma yetkisi olan platforma kapasite tahsisi yapılabilir.

**Tablo 1. Bağlantı Matrisi**

Slot Group	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1003	1013	1012	1004	1005	1015	1014	1008	1016	
PPLI-A	SURV	SURV	SURV	A/C-B	MMGT	MMGT	MMGT	F/F	
5	7	7	7	9	8	8	8	18	
Net Number				127					
TSEC Variable	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MSEC Variable									
Access Mode	D	D	D	D	D	D	D	D	D
Overlaid ID									
Packing Limit	STD	STD	STD	STD	STD	STD	STD	STD	STD
Per Unit Slots/Frame	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Total Slots/Frame	32	128	128	128	32	32	32	32	32
Platform Name	Slots	TSDf	NETE	DNet					
KOMUTA_KONTROL_UCAGI(1)	576	1.04	Y	0	T/R	T/R	T/R	T/R	R
YER_KOMUTA_MERKEZI(1)	576	1.04	Y	0	T/R	T/R	T/R	T/R	R
MUHARIP_UCAK(1)	576	0.65	Y	0	T/R	R	R	R	T/R
SILAHLI_MANSANISIZ_HAVA_ARACI(1)	576	0.65	Y	0	T/R	R	R	R	T/R
MUHARIP_UCAK(2)	576	0.65	Y	0	T/R	R	R	R	T/R
FUZE_SISTEM(1)	544	0.52	Y	0	T/R	R	R	R	T/R

TDMA mimarisine dayanan Link-16 sisteminde veri iletiminde iki çeşit yöntem vardır: Bunların ilki, “atanmış erişim” (Dedicated Access) yöntemidir. Bu yöntemde her bir platform için zaman dilimleri tahsis edilir. Zaman dilimlerinin yetersiz kaldığı durumlarda “çekişmeli erişim”

<sup>1</sup> Belirli mesajların gönderilmesi için oluşturulan ve zaman dilimi tahsis edilen gruplar.

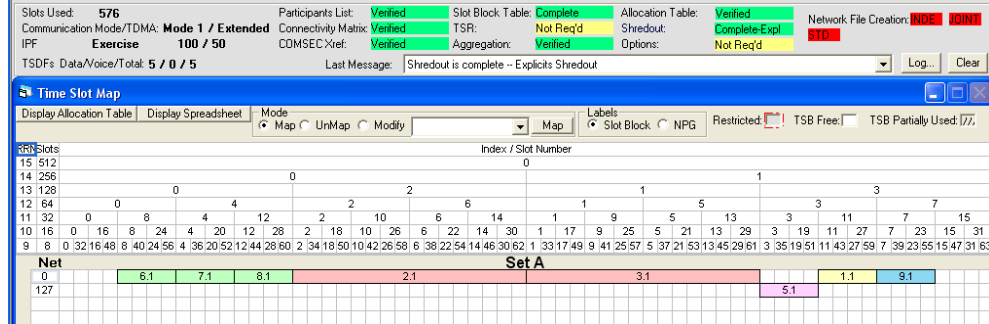
<sup>2</sup> İletim için kullanılan kriptografi değişkenidir (Transmission Security).

<sup>3</sup> Mesaj için kullanılan kriptografi değişkenidir (Message Security).

(Contention Access) yöntemi kullanılır. Bu yöntemde belirli sayıda zaman dilimleri, platformların ihtiyacına göre paylaşımlı olarak kullanılır. “Çekişmeli erişim” yönteminde ağ parametreleri, katılımcı sayısı, iletim miktarı ve havuz kapasitesine bakılarak simülasyon ortamında yayın alışı olasılığı hesaplanmalıdır. Bu istatistiksel fonksiyon sayesinde, çekişmeli erişim olasılığı dikkate alınarak tasarlanan ağın verimi hakkında fikir sahibi olunabilir.

İsterlere göre ağ tasarımı ve tahsis işlemleri yapıldıktan sonra hangi zaman dilimi bloklarında hangi mesaj gruplarının ve platformların yayın yapma yetkisi olduğunu özetleyen bir fonksiyon olmalıdır. Şekil 1’de buna örnek bir Zaman Dilim Haritası verilmiştir. Son olarak 1536 zaman diliminden oluşan çerçevenin hangi AKG’lerden oluştuğu da gösterilmelidir.

Simülasyon adımlarına geçmeden önce önerilen ağ tasarım aracıyla isterlere göre oluşturulan ağ, tüm parametreleriyle detaylandırılmış ve resmedilmiş olur.



Şekil 1. Zaman Dilimi Haritası

## Senaryo Üreticisi

Simülasyonda tanımlanan birimlerin hareketlerinin modellenmesi, birimler arası mesajlaşmalarının, taktik resmin ve platformların sensörlerinden gelen iz bilgilerinin istenildiğinde gerçek zamanlı olarak gösterilmesi için gerçekçi senaryo üretilebilen ve oynatılabilen temel simülasyon bileşeni gerekmektedir. Bileşen başlatılırken ağ tasarım aracıyla belirtilmiş olan birimler ve hazırlanmış olan ağ konfigürasyonu kullanılabilir.

Bir senaryonun oluşturulabilmesi için en azından platformların tanımlanmış, hareket modelleri ve iz tiplerinin (hava, yüzey vb.) ve zaman

dilimlerinin belirlenmiş olması gerekmektedir. BÇ'nin detaylı olarak incelenebilmesi için senaryoda işletilecek ve belirli zamanlarda platformlar arasında gönderilecek olan TDL mesajlarının tanımlanabilmesi gerekmektedir. Bütün bu işlemler sonucunda test ön hazırlıkları tamamlanmış olmalı ve gerçek zamanlı simülasyon çalıştırılmalıdır.

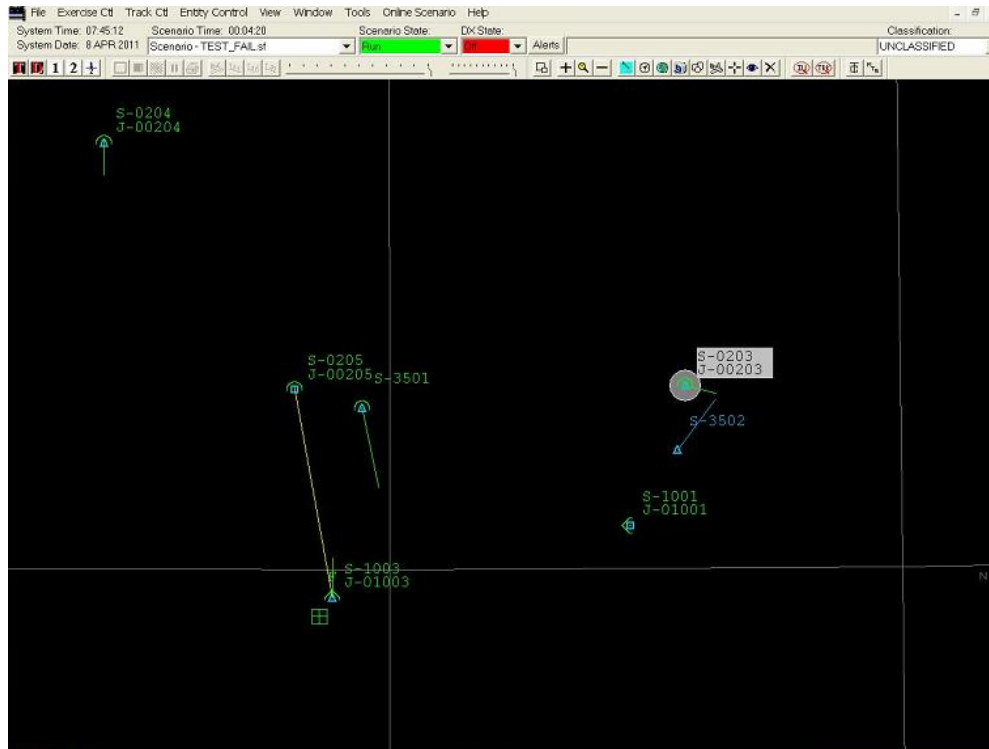
Simülasyonda bir birimin kontrolünün ele alınması ve senaryo içerisinde operatör isteğine bağlı olarak hareket ettirilmesi; senaryoya yeni birimler eklenebilir olması, simülasyonun gerçekliğe yakınlığı ve karşılaşılabilecek olası hataların tespiti açısından büyük önem arz etmektedir. Senaryo akışı devam ederken hatalı olan değerleri içeren mesajların gönderilmesi durumunda, sistemin hatalı mesajlara nasıl tepki vereceğinin gözlemlenmesi, gerçek platformlarda oluşabilecek hatalı mesajlaşmaların önüne geçilmesi için kritik bir girdi oluşturacaktır. Dolayısıyla, senaryo üreticisinde ağda bulunan tüm veri alışverişini izlenebilir olmalı ve hatalar oluştuğu durumlarda sistemin nasıl bir tepki verebileceğinin analizi detaylı olarak yapılabilirdir. Senaryo üreticisinde farklı senaryoların üretilmesi operatör eğitimi için gerekli altyapıyı da oluşturmuş olur.

Şekil 2'de örnek olarak kullanılan senaryoda bulunan platformların ve düşman unsurların konumlarını gösteren taktik resim verilmiştir. Şekilde Silahlı İnsansız Hava Aracına (S-0203) gönderilen füze (S-3502) ve füzeyi gönderen düşman unsur görülmektedir (S-1001). Şekil 3'te verilen ekran çıktısı senaryodaki Link-16 ağında bulunan dost unsurlar arasında iletilen mesajlardan bir kısmını göstermektedir. Örnek senaryoda Silahlı İnsansız Hava Aracı'nın TDL işlemcisi Komuta Kontrol Uçağı'ndan gelen J3.5 mesaj içeriğini algılayamadığı için düşman füze sisteminden haberdar olamamış ve düşürülmüştür. Böylece simülasyon ortamına entegre edilen Silahlı İnsansız Hava Aracı terminalinin mesaj tanımlarındaki eksikliğin yaratmış olduğu BÇ problemi ortaya çıkarılmıştır. Bu durum Komuta Kontrol Uçağı ve Silahlı İnsansız Hava Aracı arasındaki Bilgi Değişimi İhtiyacı zafiyetinden kaynaklanmaktadır. Bu senaryoda Komuta Kontrol Uçağı'ndan gelen sinyal Silahlı İnsansız Hava Aracı terminalinde alındığı için RF seviyesinde BÇ problemi yoktur. Ancak bilgi değişim gereksinimi kapsamında Silahlı İnsansız Hava Aracı'nda mesaj tanımlı olmadığı için veri seviyesinde BÇ problemi ortaya çıkmış ve operasyonel etkinliğin yetersizliği test sonucunda tespit edilmiştir. Bu probleme çözüm olarak İnsansız Hava Aracı'nın TDL işlemcisine J3.5 mesaj tanımı eklenmelidir.



## Çevrimdışı ve Çevrimiçi Mesaj Analiz Araçları

BÇ'nin sağlanması için izlenmesi gereken iSMART süreçlerinde mesaj analizleri önemli yer tutar. Bu amaçla simüle edilen senaryolarda platformlar arasında gönderilen mesajların kaydedilmesi ve sonradan çevrimdışı olarak kodlarının çözülebilmesi gerekir. Mesaj kodlarının çözülmesi sonrasında mesaj iletim ve alımlarında protokol ihlali olup olmadığı analiz edilmeli ve böylece BÇ'ye uyumluluk incelenmelidir. Bu analizde uygulanacak kurallar seçilecek standardın mesaj kataloğu kuralları veya kullanıcı tarafından tanımlanacak ilave kurallar olmalıdır. Bu bağlamda analiz aracının NATO STANAG veya MIL-STD gibi farklı standart seçenekleri olmalıdır. Bu analiz yardımıyla protokol ihlalleri hızlı bir şekilde bulunup gerekli düzeltmeler yapıldıktan sonra BÇ doğrulanmış olacaktır.



**Şekil 2.** Senaryo Ortamı

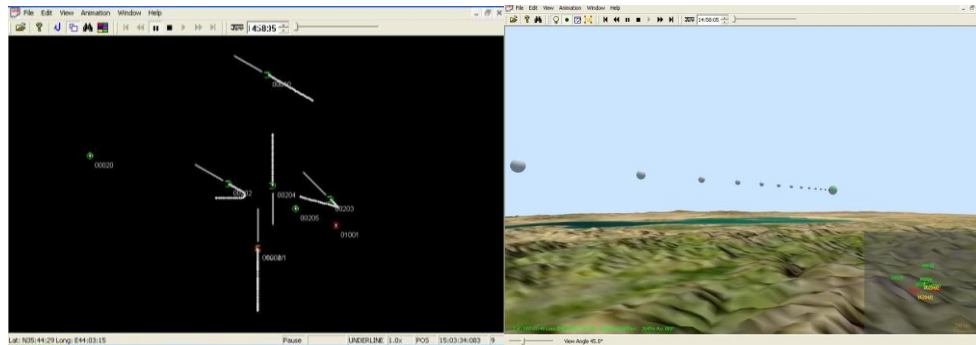
TDL'deki mesaj kodlarının çözülmesi sonrasında sonuçların kullanıcının isteğine göre hazırlanmış özet tablolara veya grafiklere dökülmesi de aracın sunması gereken diğer bir özelliktir. Bu fonksiyon ile

senaryoda üretilmiş mesajlar kullanılarak istenilen istatistiksel bilgilere de ulaşılabilmektedir. Bu tabloda istenen parametrelerin sınıflandırılması veya filtrelenmesi yoluyla istenen analizin yapılması mümkün olabilmektedir.

07:54:36.847	MT	00204/019	J12.6EO	01002	PENDING	STYPE NS	HDG 0	SPD 600	ALT 35000		/C2 CORRELATN
07:54:38.019	MT	00205/006	J2.5I		ACTIVE	SZ NS NC1 NS	/TMQ 12/GPQ 12/EQ 12/ELV 0				
07:54:38.019	MT	00205/006	J2.5EO			N37:16.785 E043:48.934					
07:54:38.589	MT	00010/007	J3.2I	01002	HOSTILE	SZ NS ALT SRC NS	TQ 12	ALT 35000			
						ID CONFID 00					
07:54:38.589	MT	00010/007	J3.2EO			N36:52.570 E043:12.133	HDG 0	SPD 600	PASSIVE		
07:54:42.105	MT	00204/019	J12.6I		STAT NS	EC AIR IDX 1	ORIGINTR N36:52.570 E043:12.120			TOTPO NS	
07:54:42.105	MT	00204/019	J12.6EO	01002	PENDING	STYPE NS	HDG 0	SPD 600	ALT 35000	/C2 CORRELATN	
07:54:42.284	MT	00204/009	J12.6I		STAT NS	EC AIR IDX 1	ORIGINTR N36:52.570 E043:12.120			TOTPO NS	
07:54:42.284	MT	00204/009	J12.6EO	01002	PENDING	STYPE NS	HDG 0	SPD 600	ALT 35000	/C2 CORRELATN	
07:54:42.524	MT	00010/006	J2.2I	NC2NI	ACTIVE	SZ NS NC2 NS	/TMQ 12/GPQ 12/AQ 12/ALT 35000			/AI/C2	
						HCMDR					
07:54:42.524	MT	00010/006	J2.2EO			N39:01.447 E043:16.315	HDG 300	SPD 480			
07:54:44.027	MT	00204/006	J2.2I	NC2NI	ACTIVE	SZ NS NC2 NS	/TMQ 12/GPQ 12/AQ 12/ALT 35000			/AI	
						HCMDR					
07:54:44.027	MT	00204/006	J2.2EO			N37:29.581 E043:26.405	HDG 180	SPD 480			
07:54:45.499	MT	00202/006	J2.2I	NC2NI	ACTIVE	SZ NS NC2 NS	/TMQ 12/GPQ 12/AQ 12/ALT 35000/FL/AI				
						HCMDR					
07:54:45.499	MT	00202/006	J2.2EO			N37:38.444 E042:38.398	HDG 300	SPD 480			
07:54:48.084	MT	00204/019	J12.6I		STAT NS	EC AIR IDX 1	ORIGINTR N36:52.570 E043:12.120			TOTPO NS	
07:54:48.084	MT	00204/019	J12.6EO	01002	PENDING	STYPE NS	HDG 0	SPD 600	ALT 35000	/C2 CORRELATN	
07:54:48.265	MT	00204/009	J12.6I		STAT NS	EC AIR IDX 1	ORIGINTR N36:52.570 E043:12.120			TOTPO NS	
07:54:48.265	MT	00204/009	J12.6EO	01002	PENDING	STYPE NS	HDG 0	SPD 600	ALT 35000	/C2 CORRELATN	
07:54:48.505	MT	00020/006	J2.5I		ACTIVE	SZ NS NC1 NS	/TMQ 12/GPQ 12/EQ 12/ELV 0			/C2	
07:54:48.505	MT	00020/006	J2.5EO			N37:57.245 E040:29.648					
07:54:50.007	MT	00205/006	J2.5I		ACTIVE	SZ NS NC1 NS	/TMQ 12/GPQ 12/EQ 12/ELV 0				
07:54:50.007	MT	00205/006	J2.5EO			N37:16.785 E043:48.934					
07:54:50.578	MT	00010/007	J3.2I	01002	HOSTILE	SZ NS ALT SRC NS	TQ 12	ALT 35000			
						ID CONFID 00					
07:54:50.578	MT	00010/007	J3.2EO			N36:52.570 E043:12.133	HDG 0	SPD 600	PASSIVE		
07:54:50.578	MT	00010/007	J3.2C1		M1 00	M2 0000 M3 0000 M4 NS	FIGHTER	INTRUDING	PLIF 0/TOD NS		
07:54:26.029	MT	00205/006	J2.5I		ACTIVE	SZ NS NC1 NS	/TMQ 12/GPQ 12/EQ 12/ELV 0				
07:54:26.029	MT	00205/006	J2.5EO			N37:16.785 E043:48.934					
07:54:26.961	MT	00010/007	J3.2I	01002	HOSTILE	SZ NS ALT SRC NS	TQ 12	ALT 35000			
						ID CONFID 00					
07:54:26.961	MT	00010/007	J3.2EO			N36:52.570 E043:12.133	HDG 0	SPD 600	PASSIVE		
07:54:30.537	MT	00010/006	J2.2I	NC2NI	ACTIVE	SZ NS NC2 NS	/TMQ 12/GPQ 12/AQ 12/ALT 35000			/AI/C2	
						HCMDR					

### Şekil 3. Senaryoda Link 16 Ağında İletilen Mesajlardan Örnekler

TDL'de gönderilen iz pozisyon bilgileri de analiz sürecinde önemlidir. J3.2 Hava İz pozisyon bilgileri kullanılarak senaryodaki unsurlar gerçekçi arka plan üzerinde 2 veya 3 boyutlu olarak canlandırılabilir. Bu sayede simülasyonun bütünlüğü sağlanmış olacaktır. Şekil 4'te örnek senaryodaki platformların 2 ve 3 boyutlu iz canlandırmaları gösterilmiştir.



Şekil 4. 2D ve 3D İz Canlandırmaları

Simülasyon ortamında gerçeğe yakın zamanlı olarak çevrimiçi mesaj analizi yapılması gerekli olan diğer bir fonksiyondur. Bu sayede platformlar arasında gönderilen mesajlar ve mesaj standartları arasındaki uyumsuzluklar simülasyon sırasında otomatik olarak saptanmalıdır. Örnek senaryo baştan sona koşturulmuş ve platformlar arasında iletilen mesajlar kaydedilmiştir.

## Sonuç

Bu çalışmada kurgulanan senaryoda Link 16 TDL ağında K2 yeteneği olan bir platformdan, K2 yeteneği olmayan bir platforma gönderilen mesajda veri seviyesinde oluşan BÇ probleminin neden olduğu hata gösterilmiştir. Problemin tespiti için simülasyon kullanımı ve çözüm olarak da mesaj tanımının Veri Ağ İşlemcisine eklenmesi gerektiği açıklanmıştır.

TDL geçiş ve ilgili modernizasyon süreçlerinde simülatör kullanımı maliyet, harekât etkinliği, eğitim ve güvenlik açılarından büyük yarar sağlar. Ayrıca simülatörler ulusal isterler sonucunda imal edilen TDL veri ağ işlemcileriyle ulusal - hatta müttefik - ülke platformları arasındaki “birlikte çalışabilirlik” problemlerinin testi için önemli rol oynamaktadır. Bu çalışmada önerilen minimum simülasyon bileşenleri ağ tasarımcısı, senaryo üreticisi, çevrimdışı ve çevrimiçi mesaj analiz araçlarıdır.

Bu çalışmada sadece Veri Seviyesinde BÇ problemi olan bir durum ve durumda simülatör kullanımının getirdiği avantajlar incelenmiştir. Ancak BÇ Radyo Frekansı Seviyesinde, Veri Seviyesinde, Protokoller Arası Seviyede, İnsan-Makina Arayüzü Seviyesinde ve Operatör Seviyesinde olan çok boyutlu bir problemdir. Tam anlamıyla BÇ’yi sağlamak için BÇ’nin tüm bu seviyeleri, hatta platform görev bilgisayarı ve terminal uyumluluğu arasındaki BÇ sağlanmalıdır.

## Kaynakça

- Hura, M. (2000). *Interoperability: A continuing Challenge in Coalition Air Operations*, Chapter 9, 107-108.
- NATO Standardization Agency (NSA) Standardization Agreement (STANAG) No. 5516 (Edition 6), Chapter 3, 28.
- iSMART Handbook V2.0 (2009). Issue 1.
- İkinci, M., Ayçenk, H. ve Erdener, N. (2005). *TSK Bilgi Sistemleri Ortak Entegrasyon ve Simülasyon Altyapısı*, USMOS, 145-153.

---

Department of Defense Interface Standard Tactical Data Link (TDL) 16 Message Standard , MIL-STD-6016C, Chapter 4, 167.

Kır, K. ve Çil, C.Z. (2010). *Link-16 Ulusal Ağ Tasarım ve Yönetim Aracı*, ASES 2010.