

HAREKÂT ALANI TAKTİK SİMÜLASYONLARINDA HABERLEŞME UNSURLARININ MODELLENMESİ VE SİMÜLASYONU

İbrahim GENÇ^(a,b), M. Fatih Hocaoğlu^(a,b), A. Arif Ergin^(b,c)

^(a) İstanbul Medeniyet Üniv., Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Kadıköy – İstanbul,
{ibrahim.genc; mfatih.hocaoglu}@medeniyet.edu.tr

^(b) Agena Bilişim ve Savunma Tekn. San. Tic. Ltd. Şti., Maltepe – İstanbul,
{genc; hocaoglu; aergin}@AgenaBST.com

^(c) Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Gebze– Kocaeli, aergin@gyte.edu.tr

ÖZ

Harekât alanı taktik simülasyonlarında muharip unsurlar ile sensörlerin yanı sıra bu varlıkların arasındaki haberleşme şebekesini kuran varlıklarının da modellenmesi ve simülasyonuna gereksinim duyulmaktadır. Harekât alanında kullanılan haberleşme varlıkları çeşitlilik göstermekle birlikte, kavramsal model tanımında kurulan hiyerarşik modelleme yaklaşımıyla, tüm unsurların modelleri oluşturulurken modeller arasında tasarlanan ilişkiler sayesinde, modelleme ve geliştirme eforu azaltılabilmektedir. Telsiz haberleşme modeli ise daha fazla çeşitlilik içermekte olup kullanılan haberleşme sisteminin özellikleri yanı sıra yayılım kanalında oluşan bozucu etkenler, coğrafi konumlanma, kullanılan frekans bandı bilgileri model parametrelerine dâhil edilmiştir. Telsiz haberleşme modelinde temel olarak alıcı ve verici arasındaki iletim problemi çözülmüş ve uzaktaki alıcı sisteme vericiden çıkan dalgaların ne kadar iletilebildiği belirlenmiştir. Bu çalışmada iletim hesaplarında Friis denklemi ele alınmış, onun üzerine yol kayıpları, doğa şartlarından kaynaklanan kayıplar ve kırımın yoluyla oluşan kazanç / kayıplar eklenerek / çıkartılarak geçerli modeller elde edilmiştir. Haberleşme sisteminde propagasyon formülleri haricinde röle kullanımı, telsiz çevrimine katılma ve çevrimden ayrılma, mesajlaşma protokolleri, mesaj kuyrukları gibi daha üst seviye etkileşim ve algoritmalar da ayrı modüller olarak modellenmiş ve modeller arası ilişkiler kurularak hiyerarşik bir yapıda simülasyona dahil edilmiştir. Geliştirilen modeller Uluslararası Haberleşme Birliği (ITU) tarafından yayınlanmış raporlarla karşılaştırılarak doğrulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: EtSiS, Haberleşme, Modelleme, Propagasyon, Simülasyon.

MODELING AND SIMULATION OF COMMUNICATION ENTITIES IN TACTICAL BATTLEFIELD SIMULATIONS

ABSTRACT

In tactical battlefield simulations, the platforms and sensors need to be modeled as well as the telecommunication links between them. Although there is a wide variety of telecommunication devices that need to be modeled in the battlefield, the modeling effort can be drastically reduced by carefully tailoring the hierarchical structure that supports model-to-model relationships at the conceptual design phase. The wireless communication devices in their own right offer different modeling challenges since it is not enough to model the device itself but the effects that deteriorate its performance such as the effects of geographical positioning and precipitation, which heavily depend on the operation frequency, must be included in the propagation channel model. This complicated model is handled by calculating how much of the transmitted power of the electromagnetic waves is received by the receiving device. The basic calculation relies on Friis' transmission equation and the losses and enhancements of the natural effects are added upon the basic formula. Although the propagation model serves as the basis of the communication model, more complex structures are implemented by modeling relays, loop protocols, messaging protocols, message queuing and similar higher level interactions. The developed propagation models are validated by comparison with the results published by ITU.

Keywords: AdSiF, Communication, Modeling, Propagation Simulation

1. GİRİŞ

Savaş oyunları askeri dünyada politika ve strateji geliştirmede, eğitimde ve planlamada giderek artan bir oranda kullanılmaktadır. Modelleme ve simülasyon araçlarının gelişmesi ve doğruluk ve hassasiyetlerinin artması da bu kullanımı desteklemektedir. Planlama sürecinde ilk başta yer alan strateji geliştirme daha çok askeri kuvvetlerin politik araçlar olarak değerlendirilmesini sağlar ve bir savaşın başından sonuna kadar tüm safhalarını inceler. Planlamada ikinci adımı operasyonel planlama oluşturur ki bu seviyede organizasyonel düşünceler öne çıkarak birimlerin nasıl oluşturulacağı belirlenir. Son adım taktik seviye olup burada askeri birimlerin ve silahların çarpışmada uygun kullanımı ile düşmanın mağlup edilmesi hedeflenir [1]. Dolayısıyla taktik seviyedeki çalışmalar çoklukla harekât alanı üzerinde olup askeri kuvvetler ve sensör, silah, haberleşme araçları gibi unsurların nasıl yerleştirileceği, nasıl kullanılacağı ile birbirleri arasındaki ilişkileri en iyileştirerek düşmanı yenmeyi sağlayacak yöntem ve pratikleri araştırır.

C4ISR kavramı içerisinde yer alan ve askeri, yapılanma ve harekât esaslarını teşkil eden komuta-kontrol, istihbarat, gözetleme ve keşif yöntemleri savaş olgusunun

başlangıcından beri temel özelliklerini korurken son dönemde en büyük gelişme ve değişiklik teknolojinin ilerlemesiyle birlikte bilgisayar ve haberleşme unsurlarının harekât alanında kullanımında ortaya çıkmaktadır.

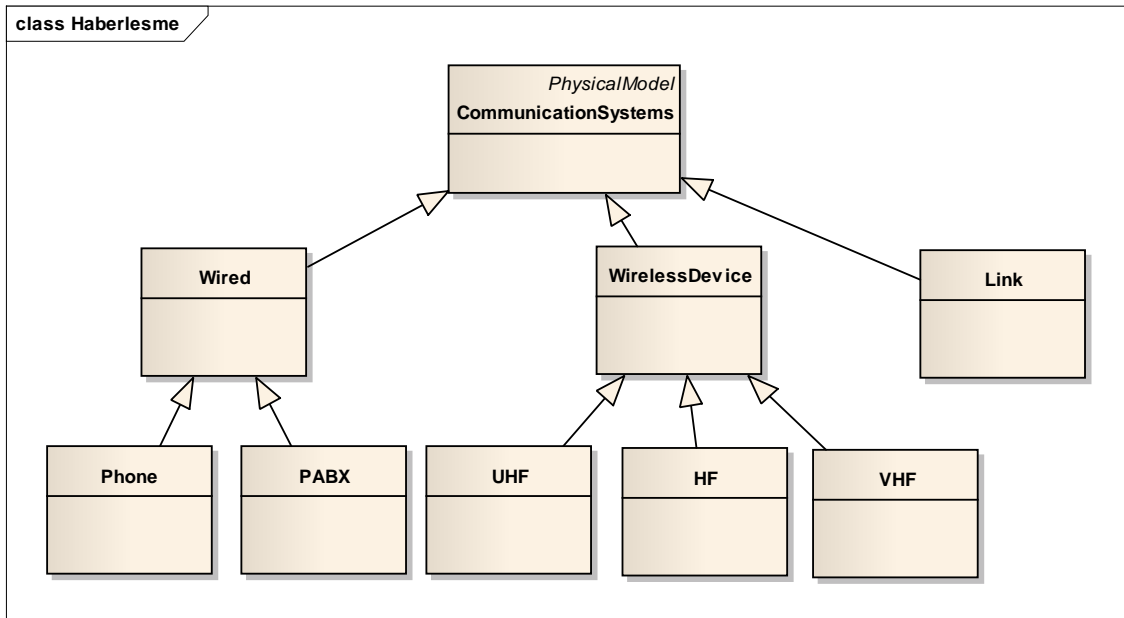
Askeri yapılanma içerisinde muhabere her dönem önemli bir konumu işgal etmekle birlikte yeni cihazlar, yöntemler, elektronik harp karşı tedbirleri ve karşı-karşı tedbirleri de göz önünde bulundurulduğunda hareket alanı simülasyonlarının doğru ve geçerli yapılabilmesi açısından haberleşme sistemlerinin aslına sadık modellenmesi ve simülasyon çevriminde doğru işletilmesi kritik bir konum almaktadır.

Bölüm 2’de haberleşme sistemlerinin modellenmesi genel olarak ele alınarak hiyerarşik bir yapıda tanımlanmıştır.

Telsiz haberleşme unsurları ise daha fazla çeşitlilik içermekte olup ayrıca ele alınmış ve modelleme yaklaşımı Bölüm 3’te anlatılmıştır.

2. GENEL HABERLEŞME MODELLEMESİ

Haberleşme sisteminde röle kullanımı, telsiz çevrimine katılma ve çevrimden ayrılma, mesajlaşma protokolleri, mesaj kuyukları gibi daha üst seviye etkileşim ve algoritmalar da ayrı modüller olarak modellenmiş ve modeller arası ilişkiler kurularak hiyerarşik bir yapıda simülasyona dâhil edilmiştir. Modellerin yapısı özet olarak Şekil 1’de gösterilmiştir.



Şekil 1 Haberleşme modelleri hiyerarşik yapısı

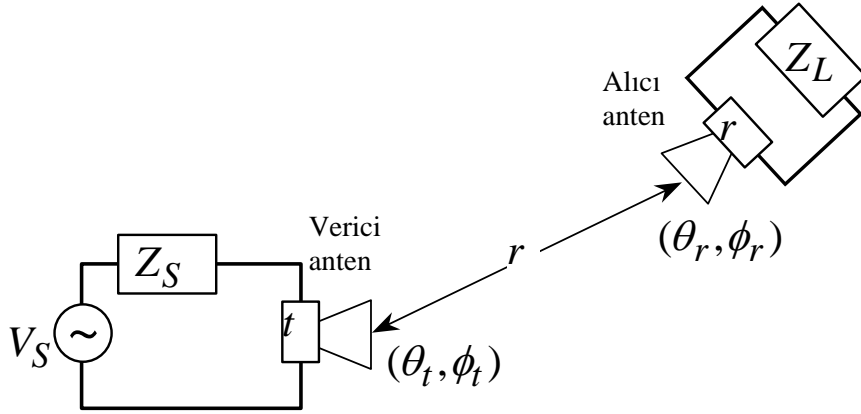
Burada, bildirimsel bir betik dili olan EtSis[®] (AdSiF[®])’in [2], [3]sahip olduğu genel amaçlı, çoklu-paradigmalı yapı, tekrar kullanılabilirlik ve karşılıklı işletilebilirlik özellikleri ile modellemecilere etmen programlama yaklaşımı sağlamaktadır.

Sınıflar, durumlar, davranışlar, davranış setleri, olaylar ve miras mekanizması ile durum-davranış ve davranış-davranış arasında kurulan temporal ilişkiler, tanımlanan davranışların ve davranışları oluşturan durumların eriştikleri atomik fonksiyonlar, Şekil 1’de gösterilen yapıda dikeyde ve yatayda tekrar kullanılabilirlik imkanlarını sunar. Modeller bazında sağlanan miras yapısı dikey tekrar kullanılabilirliği, temel ve benzer atomik yapıların paralel modeller arasındaki ortak kullanımı yatay tekrar kullanılabilirliği oluşturur.

3. TELSİZ HABERLEŞMEDE PROPAGASYON MODELLERİ

Telsiz haberleşme modeli iyi bilinen Friis’in iletim denklemi üzerine inşa edilmiştir[4]. Bu denklemin genel yapısı Bölüm 3.1’de sunulacaktır. Friis iletim denklemi boş uzayda radyo dalgalarının iletimini modellediği için yol kayıpları, doğa şartlarından kaynaklanan kayıplar, yerden ve çevreden yansımanın etkileri ve kırınım etkileri bu temel denklemin üzerine eklenerek propagasyon modeli olgunlaştırılmıştır.

3.1. Friis İletim Denklemi



Şekil 2. Anten linki.

Friis iletim denklemi şu pratik sorunun cevabını verir: Bir antene azami P_S gücü verebilecek bir verici bağladıktan sonra bu vericiden r uzaklığında duran bir antene bağladığımız bir alıcının üzerinde göreceğimiz sinyal gücü ne kadardır?

Şekil 2’de bu soruya cevap verebilmek için gerekli olan parametreler gösterilmiştir. Karışıklığı önlemek için verici antenle ilgili olan parametrelere “t” ve alıcı anten parametrelerine “r” alt takısı eklenmiştir. Öncelikle alıcıda göreceğimiz gücü alıcı antenin uyumluluk faktörünü hesaba katarak alıcı antenin verebileceği azami güç cinsinden yazalım

$$P_L = q_r P_C \cdot \quad (1)$$

Alıcı antenden alınabilecek azami güç ise anten üzerine gelen güç yoğunluğunun efektif alanla çarpımına eşittir. Dolayısıyla

$$\begin{aligned}
 P_L &= q_r A_e W_{inc} \\
 &= q_r \frac{\lambda^2}{4\pi} G_r(\theta_r, \phi_r) |\hat{\mathbf{p}}_r(\theta_r, \phi_r) \cdot \hat{\mathbf{p}}_t(\theta_t, \phi_t)|^2 W_{inc}.
 \end{aligned} \tag{2}$$

Burada (θ_r, ϕ_r) alıcıya göre vericinin hangi yönde bulunduğunu, (θ_t, ϕ_t) ise vericiye göre alıcının hangi yönde olduğunu göstermektedir. Alıcı üzerindeki güç yoğunluğu yerine verici antene gelen güç, vericinin güç kazancı ve iki anten arasındaki uzaklığın doğurduğu uzay faktörü konulursa

$$P_L = q_r \frac{\lambda^2}{4\pi} G_r(\theta_r, \phi_r) |\hat{\mathbf{p}}_r(\theta_r, \phi_r) \cdot \hat{\mathbf{p}}_t(\theta_t, \phi_t)|^2 \frac{G_t(\theta_t, \phi_t)}{4\pi r^2} P_A \tag{3}$$

bağıntısı ortaya çıkar. Son olarak verici antene gelen güç de sinyal kaynağının verebileceği azami güce uyumluluk katsayısı ile bağlıdır. Sonuç olarak yüke gelen güç

$$P_L = q_r \frac{\lambda^2}{4\pi} G_r(\theta_r, \phi_r) |\hat{\mathbf{p}}_r(\theta_r, \phi_r) \cdot \hat{\mathbf{p}}_t(\theta_t, \phi_t)|^2 \frac{G_t(\theta_t, \phi_t)}{4\pi r^2} q_t P_S \tag{4}$$

olarak bulunur. Bu denkleme Friis iletim denklemini denir. Bazen alınan gücün 1 mW'lık güce oranı dB cinsinden ifade edilerek

$$\begin{aligned}
 P_L[\text{dBm}] &= P_S[\text{dBm}] + G_r[\text{dB}] - q_r[\text{dB}] + G_t[\text{dB}] - q_t[\text{dB}] \\
 &\quad - 20 \log r[\text{km}] - 20 \log f[\text{MHz}] - 20 \log |\hat{\mathbf{p}}_r(\theta_r, \phi_r) \cdot \hat{\mathbf{p}}_t(\theta_t, \phi_t)| \\
 &\quad - 32.44
 \end{aligned} \tag{5}$$

şeklinde dB denklemi olarak da yazılır. Eğer alıcıya gelen güç P_L alıcının hassasiyetinden daha düşük ise iletim sağlanmamış olur. Diğer durumlarda iletimin gerçekleştiği varsayılır ve alıcının yolladığı sinyal vericiye iletilir.

Telsiz haberleşme modelinde Friis iletim denklemini kullanılmıştır. Bu denklemde bilinmeyen parametreler olan uyumluluk faktörleri $q_r = q_t = 1 = 0$ dB olarak ve polarizasyon uyumsuzluğunu gösteren $20 \log |\hat{\mathbf{p}}_r(\theta_r, \phi_r) \cdot \hat{\mathbf{p}}_t(\theta_t, \phi_t)| = 0$ dB olarak kullanılmıştır. Anten kazançlarının bilinmediği durumlarda kazanç, dipol antenin 1.5 değerindeki kazancına eşit kabul edilmiştir.

Denklem (5)'e ilave olarak karasal haberleşmede görülen yol kayıpları ve yağmurdan dolayı oluşan kayıplar da eklenmelidir. Bu kayıplar gelecek bölümlerde anlatılacaktır.

3.2. Yağmur Kayıpları

Yağmurun radyo sinyallerini zayıflatma hesaplamalarında ITU-R P.838-3 ve ITU-R P.837-4 tavsiye raporlarında verilen model kullanılacaktır [5]-[6]. Bu modelin temel denklemi şu şekildedir:

$$\text{zayıflama} = kR^\alpha$$

Bu denklemde R yağmurun mm/saat cinsinden şiddetidir ve bulunan zayıflama miktarının birimi dB/km'dir. Denklemdeki k ve α sabitlerinin değerleri frekansa, polarizasyona ve alıcı ve verici arasındaki yükseklik farkına bağlı olarak tablolar ve formüller ile ITU-R P.838-3 nolu raporda verilmiştir [5]. Hesaplamalarda bu iki parametrenin hesabı için şu formüller benimsenmiştir:

$$k = \left[k_H + k_V + (k_H - k_V) \cos^2 \theta \cos(2\tau) \right] / 2$$

$$\alpha = \left[k_H \alpha_H + k_V \alpha_V + (k_H \alpha_H - k_V \alpha_V) \cos^2 \theta \cos(2\tau) \right] / 2k$$

Bu formüllerde θ alıcı-verici arasındaki yükselme açısı ve τ polarizasyon açısıdır. Polarizasyonun bilinmediği durumlarda polarizasyon açısı 45 derece olarak alınacaktır. Diğer parametreler için örnek değerler Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Yağmur kaybı için katsayılar.

Frekans [GHz]	k_H	α_H	k_V	α_V
1	0.0000259	0.9691	0.0000308	0.8592
5	0.0002162	1.6969	0.0002428	1.5317
10	0.01217	1.2571	0.01129	1.2156

3.3. Çoklu Yansıma Etkileri

Yol kayıpları modellenirken Hata [7], Bullington [8], ITU-R P.530 [9] ve ERC Rep 68 [10] propagasyon modellerinden yararlanır. Özellikle Bullington modelinde

$$L_1 = 20 \log_{10} \left| 2 \sin \frac{\Delta}{2} + j[(1+R) + (1-R)A] e^{j\Delta/2} \right| \quad (6)$$

formülü kullanılır. Burada Δ yerden yansımadan dolayı olan faz kaymasını, R yer yüzeyinin yansıma katsayısını (genellikle -1) ve A yüzey dalgası zayıflama faktörünü göstermektedir.

4. SONUÇ

Bu alanda bildirinin sonuç kısmı yazılacaktır.

5. KAYNAKÇA

- [1] Clausewitz, C.V., *On War, A Modern Military Classic*, p. 89, Wilder Publications, 2008.
- [2] Hocaoglu, M. F., "AdSiF: Agent Driven Simulation Framework", The Huntsville Simulation Conference 2005, 26-27 October 2005.

USMOS 2013 ODTÜ, ANKARA

- [3] Hocaoğlu, M. F., “EtSiS: Etmen tabanlı Simülasyon Sistemi”, 4. Ulusal Savunma Uygulamaları Modelleme ve Simülasyon Konferansı, USMOS’2011, Ankara, Türkiye.
- [4] Balanis, C.A., Antenna Theory: Analysis and Design (3. Baskı), Wiley-Interscience, ABD, 2005.
- [5] ITU-R-P.838, ITU, International Union of Telecommunications. ITU-R P.838-3 Recommendation: Specific attenuation model for rain for use in prediction method. France, 2003.
- [6] ITU-R P.837, ITU, International Union of Telecommunications. ITU-R P.837-4 Recommendation: Characteristics of precipitation for propagation modeling. France, 2004.
- [7] M. Hata, Empirical Formula for Propagation Loss in Land Mobile Services, IEEE Transactions on Vehicular Technology, V.29, N.3, Ağustos 1980
- [8] K. Bullington, Radio Propagation for Vehicular Communications, IEEE Transactions on Vehicular Technology, V. 26, N. 4, Kasım 1977.
- [9] ITU-R P.530, ITU, International Union of Telecommunications. ITU-R P.530-12 Recommendation: Propagation data and prediction methods required for the design of terrestrial line-of-sight systems. France, 2007.
- [10] ERC Rep 68, ERC Report 68, MonteCarlo Radio Simulation Methodology, Naples, February 2000.

