

HF TELSİZ AĞLARDA DSR TABANLI ROTALAMA UYGULAMASI

Makbule Gülçin ÖZSOY ^(a), Özgür ÖZUĞUR ^(b)

^(a) TUBITAK/BILGEM/G227, 06700, Ankara, mgozsoy@uekae.tubitak.gov.tr

^(b) TUBITAK/BILGEM/G227, 06700, Ankara, ozgur.ozugur@uekae.tubitak.gov.tr

ÖZET

Ufuk ötesi haberleşme yeteneğine sahip olan HF ortamında düğümler birbirleriyle genellikle doğrudan haberleşebilmektedir. Ancak hareketli düğümlerin varlığı ve çevresel faktörler nedeniyle zaman zaman düğümler haberleşmek için ara düğümler üzerinden aktarım yapmaya ihtiyaç duyabilirler. Bu amaçla literatürde kablosuz tasarsız ağlara yönelik olarak geliştirilmiş proaktif ve reaktif rotalama algoritmaları mevcuttur. Bu çalışmada reaktif algortimalardan biri (DSR) seçilerek HF ortamında kullanılmak üzere uygulaması gerçekleştirilmiştir. Geliştirilen uygulama OMNET++ simülasyon ortamı kullanılarak test edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: HF Ağlar, Rotalama Algoritmaları, OMNET++.

ABSTRACT

HF environment has ability to communicate with beyond line-of-sight. The nodes in HF environment usually communicate directly to each other. Because of mobile nodes and changing environment conditions, sometimes source nodes need to communicate with destination nodes through intermediate nodes. For this purpose, proactive and reactive protocols are explained in the literature. In this research, one of reactive algorithms (DSR) is chosen for using in HF networks. After the implementation of the algorithm, it is evaluated using OMNET++ simulation tool.

Keywords: HF Networks, Routing Algorithms, OMNET++.

1. GİRİŞ

High Frequency (HF) ortamı sahip olduğu ufuk ötesi haberleşme yeteneği ile doğal bir uydu gibi çalışmaktadır. HF ağında yer alan düğümler genellikle birbirlerine doğrudan ulaşmaktadırlar. Ancak, bu düğümlerin hareketli olması veya olumsuz hava şartları gibi nedenlerle, bir düğümün veri göndermek istediği diğer düğüme aracısız ulaşması zaman zaman mümkün olamamaktadır. Bu gibi durumlarda, rotalama algoritmaları kullanılarak veri iletim oranının artırılması sağlanabilmektedir.

Kablosuz tasarsız ağlarda rotalama algoritmaları düğümlerin birbirlerine doğrudan veya ara düğümler üzerinden ulaşmasını sağlarlar. Haberleşmenin sağlanması için kullanılacak olan ara düğümler -rotalar- rotalama protokolleri yardımıyla keşfedilirler. Literatürde proaktif ve reaktif rotalama protokolleri yer almaktadır. Proaktif rotalama protokolleri rota bilgisini periyodik yayın yaparak sürekli güncel tutarlarken, reaktif algoritmalar bu bilgiyi ihtiyaç anında elde ederler.

Bu çalışmada, farklı rotalama algoritmaları karşılaştırılarak, bilinen bir rotalama algoritmasının HF ortamı için özelleşmiş bir uygulaması gerçekleştirilmiştir. Uygulama OMNET++ [13] simulasyon ortamında test edilerek, sonuçları bu dokümanda sunulmuştur.

Bölüm 2'de, literatürde yer alan kablosuz tasarsız ağlarda rotalama algoritmaları hakkında bilgi verilerek, seçilmiş bazı rotalama algoritmalarının karşılaştırmaları yapılmıştır. Bölüm 3'de gerçekleştirilen HF ortamı için özelleşmiş rotalama uygulaması hakkında bilgi verilmiştir. Bölüm 4'de bu uygulamanın değerlendirme sonuçları sunulmuştur. Bölüm 5 ile yapılan çalışmalar değerlendirilmiştir.

2. KABLOSUZ TASARSIZ AĞLARDA ROTALAMA ALGORİTMALARI

Kablosuz tasarsız ağlarda; herhangi bir altyapının bulunmaması, dinamik değişen ağ topolojisi ve hareketli düğümlerin varlığı haberleşmenin sürekliliğinin sağlanmasını zorlaştırmaktadır. Düğümler arasındaki haberleşmenin sürekli olarak sağlanabilmesi için rotalama algoritmalarına ihtiyaç vardır.

Proaktif rotalama algoritmaları, rota bilgisini öğrenmek ve güncel tutmak amacıyla rotalama paketlerini periyodik olarak yayınlarlar. Sürekli yapılan yayınlar sayesinde tüm düğümler güncel topoloji bilgisine sahiptirler. Bu, paket iletiminde gecikmelerin daha az olması anlamına gelir. Ancak; bu yaklaşımın sürekli yayın yapması nedeniyle iletim ortamına ek paket trafiği yükü getirmesi, haberleşmeyi zorlaştıran bir unsurdur. Literatürde sıklıkla kullanılan proaktif rotalama algoritmaları "Optimized Link State Routing Protocol (OLSR) [1] ", "Destination-Sequenced Distance Vector Routing Protocol (DSDV) [10] ", algoritmalarıdır.

Reaktif rotalama algoritmaları, hedeflenen düğümlerle ilgili rota bilgilerini, ihtiyaç anında ortaya çıkaran ve ihtiyaç süresince saklayan algoritmalarlardır. Sadece

ihtiyaç anında rota bilgisi çıkarıldığı için bant genişliğine getirdiği ek yük proaktif rotalama algoritmalarına göre daha azdır. Ancak; bu algoritmalar rotayı bulmak için zamana ihtiyaç duyacaklarından, yolu bilinmeyen bir düğüme veri ilk kez gönderilirken gecikmelere neden olabilirler. Literatürde sıklıkla kullanılan reaktif rotalama algoritmaları "Dynamic Source Routing (DSR) [4] ", "Ad-hoc on Demand Distance Vector Routing (AODV) [11] ", algoritmalarıdır.

Bu dokümanda anlatılan proaktif ve reaktif algoritmaların karşılaştırmaları Tablo 1'de görülmektedir. Verilen karşılaştırma tablosuna görüldüğü gibi, OLSR, DSDV, DSR ve AODV algoritmalarından yalnızca DSR algoritması periyodik paket yayın yapmamaktadır. Bu algoritmalarından yalnızca AODV algoritmasının birden fazla hedefe veri göndermenin (multicast) desteği mevcuttur. Tek yönlü bağlantı desteği ve birden fazla rota bularak saklama yetenekleri ise sadece DSR algoritmasında vardır. Bu dört algoritmanın da bulduğu rotalar döngü içermez. Bu algoritmalarından hiçbirisi QoS, güvenlik ve enerji sakınımı desteği vermemektedir.

Tablo 1. Rota bulma algoritmalarının karşılaştırması

	OLSR	DSDV	DSR	AODV
Rota bulma yöntemi	Proaktif	Proaktif	Reaktif	Reaktif
Periyodik yayın	Evet	Evet	Hayır	Evet
Döngü içermeme	Evet	Evet	Evet	Evet
Birden fazla hedefe veri gönderme (multicast) yeteneği	Hayır	Hayır	Hayır	Evet
Servis kalitesi (QoS) desteği	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır
Güvenlik	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır
Enerji sakınımı	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır
Tek yönlü bağlantı desteği	Hayır	Hayır	Evet	Hayır
Birden fazla rota bulma/saklama imkanı	Hayır	Hayır	Evet	Hayır

3. HF AĞLARDA DSR TABANLI ROTALAMA

High Frequency (HF) ortamı ufuk ötesi haberleşme yeteneğine sahiptir. Bu ortamdaki düğümler verilerini genellikle aktarma yapmadan, doğrudan ulaştırabilmektedir [6]. Ancak kötü hava şartları ve hareketli düğümler nedeniyle doğrudan aktarım zaman zaman mümkün olamamaktadır. Bu gibi durumlarda, rotalama algoritmaları kullanılarak veri iletim oranının artırılması sağlanabilmektedir.

HF ortamının genel özelliklerine bakıldığında bant genişliğinin düşük, dolaşım zamanının uzun, hata oranlarının yüksek ve gecikmelerin çok olduğu görülmektedir. Ayrıca bu ortamlarda bağlantının her zaman çift yönlü olduğu varsayılmaz. HF ortamı tek yönlü haberleşmenin yanında, çok yönlü ve yayın yaparak da haberleşebilmektedir. Ayrıca bu ortamda farklı veri tiplerinin (veri, ses gibi) QoS ihtiyaçlarının karşılanması gereklidir. HF ortamında rotalama yapılırken problemlere neden olabilecek en önemli konu ek yük problemidir [7]. Ayrıca HF ağlarda, girişim oranının yüksek, gecikme ve dolaşım zamanının uzun olması nedeniyle birden çok atlama yaparak haberleşmenin rotanın uzunluğuna paralel olarak zorlaşacağı belirtilmiştir [12]. HF ortamının özellikleri göz önünde tutularak, bu projede DSR algoritmasının kullanılmasına karar verilmiştir.

HF ortamında rotalama uygulaması gerçekleştirirken karşılaşılabilecek temel sorunlar ve çözümleri şöyledir:

- Ağ Topolojisinin Etkisi: Genel kullanıma yönelik olarak geliştirilen rotalama algoritmaları ağ topolojisi ile ilgili bilgileri kullanmazlar. Ancak HF gibi özelleşmiş bir ortamda, ağ topolojisi bilgisi rotalamanın daha verimli olarak gerçekleştirilmesine yardımcı olabilir. HF ortamında HFTRP yaklaşımında halihazırda kullanılan bilgiler rotalama algoritmalarına entegre edilebilir.
- Rotalama Fonksiyonlarının Yeri: Rotalama fonksiyonlarının hangi katmanda yer alması gerektiği uygulamaya geçilmeden önce karar verilmesi gereken bir konudur. Genellikle rotalama için OSI-Layer2 veya OSI-Layer3 katmanları tercih edilmektedir [3]. Bu proje kapsamında, rotalama algoritmalarının OSI-Layer2 katmanında çalışacak şekilde uygulanmasına karar verilmiştir.
- Paket Tasarımı: HF ortamında haberleşmenin sağlanabilmesi için NATO'nun Stanag 5066 protokolü kullanılmaktadır. Bu protokolün halihazırda rotalama ile ilgili bir çözümü yayınlanmış değildir. Bu durumda HF ile rotalama algoritmalarının entegrasyonunun sağlanması için rota ve veri paketlerinin proje geliştiricileri tarafından tasarlanması gerekmektedir. Bu proje kapsamında ilgili paketler tasarlanarak, Stanag 5066 protokolü ile entegre olacak şekilde uygulaması tamamlanmıştır.

HF ortamında rotalama ile ilgili karşılaşılabilecek genel problemlerin yanında, DSR algoritmasına özel olarak atlama sayısının limitlenmesi ihtiyacı ortaya çıkmıştır. DSR algoritmasında paketlerde tüm rota bilgisinin taşınıyor olması, çok sayıda düğüm içeren ağlarda paket tasarımında ve bant genişliğinin kullanılmasında problemlere neden olabilmektedir. Bu nedenle bu projede, atlama sayısı en fazla üç olacak şekilde kısıtlanmıştır.

4. TEST SONUÇLARI VE DEĞERLENDİRME

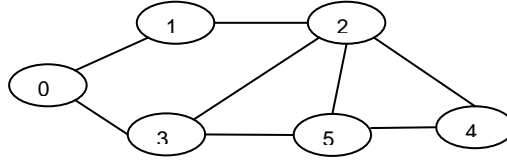
Bu projede, HF ortamında rotalama yapmak üzere DSR algoritması seçilerek, uygulama ve entegrasyonu tamamlanmıştır. Uygulamalar OMNET++

simulasyon ortamı kullanılarak test edilmiştir. Bu projenin performansı aşağıda bahsedilen metriklere göre değerlendirilmiştir [2].

- Paket Dağıtım Oranı: Gönderilen veri paketlerinden ne kadarının alıcılara ulaştığını gösteren orandır. Alıcılara gönderilen 10 paketten 7 tanesi ulaştırıldıysa, paket dağıtım oranı %70'dir.
- Kontrol Paketlerinin Getirdiği Ek Yük: Rotalama için kullanılan, veri içermeyen paketlerin getirdiği ek yük miktarıdır.
- Tüm Paketlerin Getirdiği Yük: Herbir veri paketinin alıcıya ulaştırılması için oluşturulan rotalama ve veri paketlerinin miktarıdır. Mesela, bir paketin taşınması için 5 tane rota ve veri paketi oluşturuluyorsa, tüm paketlerin getirdiği ek yük değeri 5 olacaktır.

Bu projede, haberleşmenin havadan gerçekleştiği, haberleşme mesafesinin maksimum 280 metre olduğu, iletim hızının 2400bps olduğu bir ortam simule edilerek testler gerçekleştirilmiştir. Test amacıyla 6 hareketisiz düğüm yaratılmış; 0 numaralı düğümün her zaman kaynak olduğu simulasyon senaryoları kullanılmıştır.

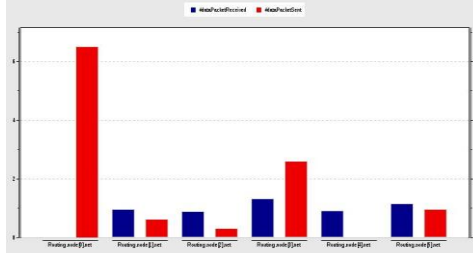
Şekil 1'de simulasyon ortamı, düğümler ve aralarındaki bağlantılarla beraber gösterilmiştir.



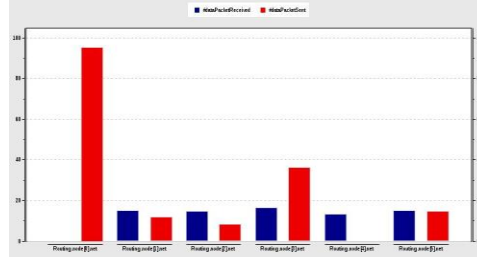
Şekil 1. Simülasyon ortamı

Simulasyon senaryolarında, kaynak düğümün rastgele seçilen hedeflere veri göndermesi sağlanmıştır. Senaryolar 100 defa tekrarlanarak, ortalama sonuçlar elde edilmiştir. Kaynaktan hedefe gönderilen paket sayılarının verimliliğe etkilerini gözlemleyebilmek amacıyla, iki farklı test grubu oluşturulmuş ve gönderilen paket sayıları 10 ve 100 olarak belirlenmiştir.

Kaynaktan rastgele seçilen hedeflere 10 veya 100 adet veri paketi gönderilmesi ile elde edilen paket dağıtım miktarı sonuçları Şekil 2'de görülmektedir. Buna göre, 10 adet veri paketi gönderilmek istendiğinde, ortalama 6,52 paket için ilgili rotayı bulabilmiş, veri paketlerini göndermiştir. Bu paketlerden 5,20 tanesi hedeflere ulaştırılabilmektedir. Yani paket dağıtım oranı %79,75'tir. Aynı şekilde, hedeflere 100 adet veri paketi gönderilmek istendiğinde, paketlerin ortalama 95,5'ini gönderebilmiş, ve bunlardan ortalama 72,9'u hedef düğümlere ulaştırılabilmektedir. Buna göre, kaynak düğüm 100 adet veri paketi göndermek istediğinde ortalama olarak %76,34'ünü başarılı bir şekilde hedef düğümlere ulaştırabilmiştir. Kaynak düğüm tarafından gönderilen veri paketi sayısının, başlangıçta gönderilmek istenen veri paketi sayısından daha az olmasının nedeni, hedeflenen düğümlere ait rotaların girişim, çarpışma ve gecikme gibi nedenlerle bulunamamış olmasıdır.



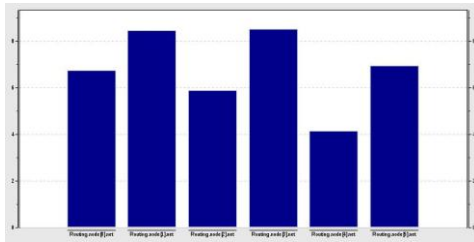
(a) Paket dağıtım miktarı - 10 paket



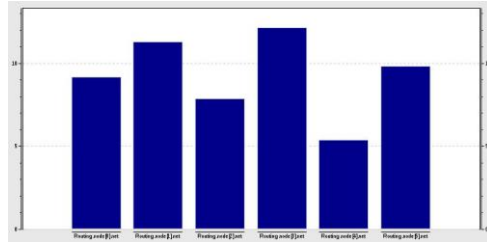
(b) Paket dağıtım miktarı - 100 paket

Şekil 2. Paket dağıtım miktarı

Kaynaktan rastgele seçilen hedeflere 10 veya 100 adet veri paketi gönderilerek elde edilen kontrol paketlerinin getirdiği ek yük miktarları Şekil 3'de görülmektedir. Buna göre, kaynak düğüm 10 adet veri paketini göndermek istediğinde, ortalama 6,72 adet rota bulma ile ilgili paket üretmekte, ara düğümlerin bu paketleri yayması nedeniyle toplamda 40,59 tane rotalama paketi alışverişi yapılmaktadır. Benzer şekilde, 100 adet veri paketinin iletimi için kaynak düğüm ortalama 9,15 rota paketi üretmektedir. Ara düğümlerden yayılan tüm rota paketi gözönüne alındığında ise toplamda 55,63 rota paketi alışverişi yapılmaktadır. Şekil 3 incelendiğinde bağlantı sayısı daha fazla olan düğümlerin rota bulma sürecinde yoğun olarak kullanıldığı görülmektedir.



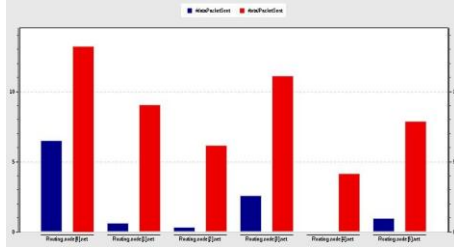
(a) Kontrol paketlerinin getirdiği ek yük - 10 paket



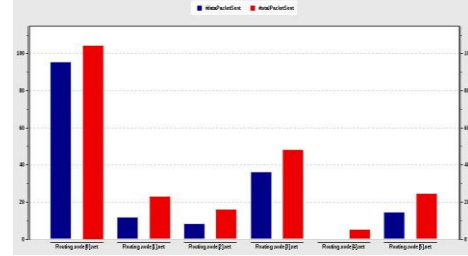
(b) Kontrol paketlerinin getirdiği ek yük - 100 paket

Şekil 3. Kontrol paketlerinin getirdiği ek yük

Kaynaktan rastgele seçilen hedeflere 10 ve 100 veri paketi gönderilerek elde edilen tüm paketlerin getirdiği ek yük miktarı Şekil 4'de görülmektedir. Buna göre, kaynak düğüm ortalama 10 adet veri paketini göndermek istediğinde, 6,52 paket için ilgili rotaları bularak, bunları hedeflere yönlendirebilmektedir. Bu veri paketleriyle ilgili olarak üretilen rota bulma ve veri aktarma paketleri sayısı ortalama 51,54 olarak ölçülmüştür. Yani hedefin 10 paket göndermek istediği senaryoda, gönderilen her bir paket için ortalama 7,90 adet rota ve veri paketi üretilmektedir. Aynı şekilde, kaynak düğümün 100 adet veri göndermek istediği senaryoya bakıldığında, kaynak düğüm ortalama 95,5 veri paketini hedeflere göndermiş ve bunlar için toplam 222,28 adet paket üretilmiştir. Bu değer her bir veri paketi için ortalama 2,33 adet paket üretilmesi anlamına gelmektedir.



(a) Tüm paketlerin getirdiği yük - 10 paket



(b) Tüm paketlerin getirdiği yük - 100 paket

Şekil 4. Tüm paketlerin getirdiği yük

Kaynaktan rastgele seçilen hedeflere 10 veya 100 veri paketi gönderilmesi ile elde edilen performans sonuçlarının tamamı Tablo 1'de görülmektedir. Bu sonuçlara göre, doğrudan ulaşılamayan hedeflerin bulunduğu durumlarda, ortalama kullanılarak veri paketlerinin iletilmesi %76-%79 başarıyla sonuçlanmaktadır. Rotalamanın gerçekleştirilmesi, rota paketleri nedeniyle, ortama ek yük getirmektedir. Ancak, gönderilecek veri paketi sayısının yüksek olduğu durumlarda, her bir hedef için rota bulma süreci - rota bulunabildiği sürece- bir defa gerçekleştirileceği için, toplam ek yük miktarı oldukça düşük olmaktadır.

Tablo 1 Test sonuçları

Gönderilmek istenen veri paketi sayısı	10	100
Paket dağıtım oranı	%79,75	%76,34
Kontrol paketlerinin getirdiği ek yük	40,59	55,63
Tüm paketlerin getirdiği ek yük (1 veri paketi için)	7,90	2,33

5. SONUÇ

HF ortamında kötü hava şartları veya düğümlerin hareketli olması gibi nedenlerle yaşanması muhtemel kopukluklar, verilerin ara düğümler üzerinden aktarılmasını sağlayarak azaltılabilir. Bu görevi üstlenen ortalama algoritmaları, literatürde temel olarak proaktif ve reaktif algoritmalar olarak gruplanır.

Proaktif algoritmalar, periyodik mesajlar kullanarak ağ topolojisi bilgisini sürekli olarak güncel tutarken; reaktif algoritmalar, kaynak ile hedef düğümler arasındaki rotaları ihtiyaç anında çıkarmayı hedeflerler.

Bu dokümanda, literatürde sıklıkla kullanılan ortalama algoritmaları hakkında bilgi verildikten sonra, HF ortamı ve ortalama ihtiyaçlarından bahsedilmiştir. HF ortamında ortalama uygulaması ve çalıştırılması esnasında karşılaşılan problemler açıklandıktan sonra, test sonuçları verilmiştir.

Test sonuçlarına göre; HF ortamında rotalama kullanarak veri göndermek %76 -%79 oranlarında başarıyla sonuçlanmaktadır. Rotalama esnasında kullanılan rota paketlerinin ortama ek yük getirdiği değerlendirmeler sonucunda görülmüştür. Ancak her bir hedef için rota bulma süreci - rota bulunabildiği sürece- tek bir defa gerçekleştiriliyor olması nedeniyle, yüksek miktarda veri gönderilmesi durumunda ortama eklenen yük miktarının veri paketi sayısına göre düşük kalacağı gözlemlenmiştir.

Bu projede, HF ortamında bir noktadan başka bir noktaya ara düğümler kullanılarak veri aktarımının yapılması sağlanmıştır. Bunun yanında HF ortamında çok yönlü ve yayılım yaparak rotalama yapılması ve rotalama esnasında servis desteği (QoS) ihtiyaçlarının göz önüne alınması ihtiyaçları mevcuttur. Bundan sonra yapılacak olan çalışmalar bu hedefleri içerecektir.

KAYNAKÇA

- [1] Jacquet, P., Muhlethaler, P., & Qayyum, A. (1998). Optimized Link State Routing Protocol. Internet draft, IETF MANET.
- [2] Jetcheva, J. G., & Johnson, D. B. (2004). A Performance Comparison of On-Demand Multicast Routing Protocols for Ad-Hoc Networks. Technical report, Carnegie Mellon University, Computer Science Department, ABD.
- [3] Johnson, D. B., Maltz, D. A., & Broch, J. (2001). DSR: The Dynamic Source Routing Protocol for Multi-Hop Wireless Ad-Hoc Networks. *Ad Hoc Networking* , 139-172.
- [4] Johnson, D., & Maltz, D. A. (1996). Dynamic source routing in ad hoc wireless networks. *Mobile Computing* , 153-181.
- [5] Johnson, E. E. (1995). HF Radio in the International Information Infrastructure. *Proceedings of HF'95: Nordic Shortwave Radio Conference*. Faro, Sweden.
- [6] Johnson, E. E., Balakrishnan, M., & Tang, Z. (2005). Performance of Routing Protocols in HF Wireless Networks. *MILCOM 2005*.
- [7] Kidston, D., & Li, L. (2010). Routing in Tactical Networks. *NATO-AHWG/2 Meeting*.
- [8] Liu, C., & Kaiser, J. (2003). A survey of Mobile Ad Hoc network Routing Protocols. Technical Report, University of Ulm, Germany, Department of Computer Structures.
- [9] OMNET++ Homepage. (2012). <http://www.omnetpp.org>
- [10] Perkins, C. E., & Bhagwat, P. (1994). Highly dynamic Destination-Sequenced Distance-Vector Routing (DSDV) for mobile computers. *ACM SIGCOMM'94*, (s. 234-244).
- [11] Perkins, C. E., & Royer, E. M. (1999). Ad hoc on demand Distance Vector routing, mobile computing systems and applications. *WMCSA'99, Second IEEE Workshop*, (s. 90-100).
- [12] Springer, M. (2006). HF-DSR. MS Thesis.
- [13] Varga, A. (2001). The OMNET++ discrete event simulation system. *European Simulation Multiconference*.