

MOBİL İNTERNET PROTOKOLUNDA YÖNLENDİRME ENİYİLEMESİ İLE ELDE EDİLEN BAŞARIM ARTIŞI

Birol ÇELİK

1 nci Ordu Komutanlığı
Bilgi İşlem Şube Müdürlüğü
Üsküdar/Selimiye
bcelik@kkk.tsk.mil.tr

Demir ÖNER

Marmara Üniversitesi
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü
Göztepe Yerleşkesi, Kadıköy/İstanbul
demironer@eng.marmara.edu.tr

Anahtar Kelimeler: Mobil IP, yönlendirme eniyilemesi, düzgün el değiştirme, başarımlı, gecikme, paket kaybı.

ABSTRACT

Mobile Internet Protocol (Mobile IP or MIP) is a network layer protocol which enables mobile nodes to be connected to the Internet even if they change their points of attachment. In the basic Mobile IP protocol, datagrams going to the mobile node (MN) have to travel through the home agent (HA) when the mobile node is away from the home network. Whereas, datagrams sent from MN to the Correspondent Node (CN) are routed directly. This asymmetric routing, called "triangle routing", is far from being optimal especially when MN is close to CN. This efficiency problem of "triangle routing" is eliminated by "route optimization" which enables the datagrams to be directly routed in both directions between MN and CN. Route optimization also supports smooth handoff by informing the previous foreign agent (PFA) and CN about the MN's current location. To further decrease packet loss during handoffs, buffers are included in the foreign agents (FAs). In this paper, performances of MIP and ROMIP are compared by using the Network Simulator- 2 (NS2). Effects of route optimization, FA buffers and smooth handoff on performances of these protocols are evaluated. Packet loss, average end-to-end packet delay, and throughput are considered as the performance criteria.

1. GİRİŞ

Son yıllarda, dizüstü bilgisayarlar ve el bilgisayarları gibi taşınabilir bilgisayarın kullanımının artması ve kablosuz ağ teknolojisindeki önemli gelişmeler sonucunda, kullanıcıların mobil bilgisayarlar ile İnternet'e bağlandıkları noktaları değiştirebilirler bile İnternet'e kesintisiz olarak bağlı kalma istekleri artmıştır. Bu talebi göz önüne alan IETF (*Internet Engineering Task Force*), TCP/IP protokol kümesinde üst katmanlara şeffaf olan mobil İnternet protokolunu geliştirmiştir [1].

Mobil olmayan IPv4 protokolü bir bilgisayarın İnternet'e bağlandığı noktanın tek bir İnternet adresi olduğunu

Kabul eder. Öte yandan, mobil bir bilgisayarın, İnternet'e bağlı olduğu nokta değişse bile, kesintisiz olarak İnternet'e bağlı kalması gerekir. Bu durum mobil bilgisayara iki IP adresi atayarak sağlanmaktadır: Biri mobil bilgisayarın ev IP adresi (*Home IP Adress*), diğeri ise geçici IP adresidir (*CoA: Care-of Address*). IETF bu protokolu mobil IP (*Mobile IP*) olarak tanımlamıştır.

Mobil IP standardında üç yeni öge tanımlanmıştır: mobil bilgisayar (MN: *Mobile Node*), yuva sunucu (HA: *Home Agent*) ve yabancı sunucu (FA: *Foreign Agent*). Mobil bilgisayar (MN), ağlar arasında dolaştığında, yuva IP adresini değiştirmeden bağlantı noktasını bir ağdan diğereine değiştirebilen ve aynı zamanda İnternet üzerinden haberleşmesini kesintisiz olarak sürdürebilen bir bilgisayar ya da bir yönlendiricidir. Yuva sunucu (HA), mobil bilgisayarın yuva ağında bulunan ve mobil bilgisayar yuva ağından uzakta iken onun İnternet'e geçici olarak bağlandığı noktanın adresini (CoA) kaydeden ve mobil bilgisayara iletilmek üzere kendisine gelen paketleri tünel açma (*tunneling*) yöntemiyle CoA adresine yönlendiren bir yönlendiricidir. Yabancı sunucu (FA), mobil bilgisayarın geçici olarak bulunduğu yabancı ağda bulunan ve mobil bilgisayar kayıtlı olduğu sürece ona yönlendirme hizmeti veren bir yönlendiricidir. FA mobil bilgisayara geçici olarak bir IP adresi (CoA) sağlar, mobil bilgisayarın elde ettiği CoA ile HA'ya kaydolmasına aracılık eder ve HA'dan kapsüllenmiş olarak (*encapsulation*) tünel içinden gönderilen paketlerin kapsüllerini açarak (*decapsulation*) mobil bilgisayara MAC çerçeveleri halinde (*Medium Access Control Sublayer frames*) iletir. HA ile FA'nı her ikisine birden devingenlik sunucusu (*mobility agent*) adı verilir. Mobil bilgisayar ziyaret ettiği yabancı ağda CoA atayacak serbest bir FA bulamazsa, "*Dynamic Host Configuration Protocol* (DHCP)"u kullanarak, kendi ağ arayüzlerinden biriyle ilgili elde ettiği yerel IP adresini kullanır. Buna "*co-located care-of address*" adı verilir. Bu durumda, yuva sunucu tarafından kapsüllenmiş olarak gönderilen paketlerin kapsülleri mobil bilgisayar tarafından açılır.

MIP’de, MN yuva ağından uzakta iken, MN’ye gelen paketler HA üzerinden yönlendirilir. Halbuki MN’den CN’ye gönderilen paketler CN’ye FA tarafından en iyi yol üzerinden doğrudan yönlendirilir. Simetrik olmayan ve “üçgen yönlendirme (*triangle routing*)” adı verilen bu yönlendirme özellikle MN ile CN birbirlerine yakın oldukları zaman eniyi (optimal) olmaktan uzaktır.

MIP’de iki önemli başarımlar sorunu vardır: (1) CN’den MN’ye gönderilen tüm paketler HA’dan FA’ya tünellenerek iletildiği için bu yolun eniyi yol olmaması durumunda, uçtan-uca paket gecikmesi (*end-to-end packet delay*) artar. (2) MN bir FA’dan diğerine el değiştirmekte (*handoff*) yaptığı zaman, önceki FA’ya gitmekte olan paketler MN’ye iletilemeyeceği için kaybolur. Bu başarımlar sorunlarına, MN ve CN arasında paketlerin her iki yönde de en iyi yol üzerinden yönlendirilmesini olanaklı kılan, “yönlendirme eniyilemesi (*route optimization*)” yöntemi” ile çözüm getirilmiştir [2]. Yönlendirme eniyilemeli Mobil IP (ROMIP: *Route Optimized Mobile IP*) yöntemi, aynı zamanda, MN’nin bağlandığı yeni yabancı sunucunun (NFA: *New Foreign Agent*) IP adresini (yeni CoA) önceki yabancı sunucuya (PFA: *Previous Foreign Agent*) ve CN’ye bildiren “düzgün el değiştirme (*smooth handoff*)” yöntemini de içerir. El değiştirme sırasında paket kayıplarını daha da azaltmak için FA’lara tampon bellekler (*buffer*) eklenmiştir.

Bu makalede, NS-2 ağ benzetici (Network Simulator-2) kullanılarak MIP ile ROMIP’in başarımları incelenmiş ve karşılaştırılmıştır. Yönlendirme eniyilemesinin, düzgün el değiştirmenin ve FA’lardaki tampon belleklerin bu protokolların başarımları üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Başarımlar ölçütleri olarak uçtan uca ortalama paket gecikmesi (*average end-to-end packet delay*), paket kaybı (*packet loss*) ve iş çıkarma yeteneği (*throughput*) ele alınmıştır.

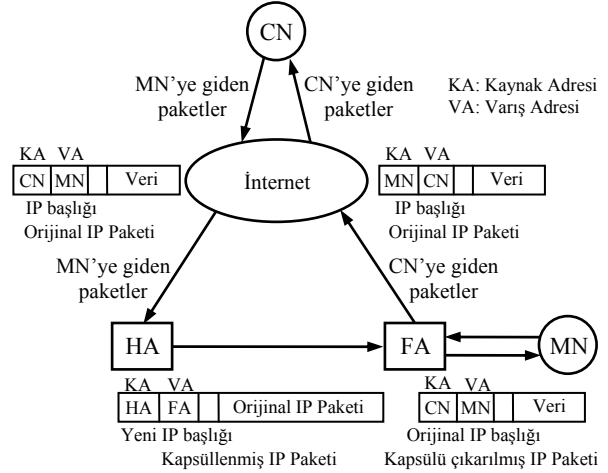
Bölüm 2 ve 3’de, sırasıyla, MIP ve ROMIP’in kısa tanımları yapılmıştır. Bölüm 4’de simülasyon senaryoları ve sonuçları sunulmuştur. Bölüm 5’de sonuçlara yer verilmiştir.

2. MOBİL İNTERNET PROTOKOLU

Temel mobil İnternet Protokolü olarak da bilinen mobil İnternet protokolu (MIP), IETF’nin mobil IP çalışma grubu tarafından IPv4’e yapılan ek protocoldur [3], [4]. Mobil IPv4 protokolu taşıma katmanına ve üst katmanlara tamamen şeffaftır.

MIP’de kullanılan üçgen yönlendirme Şekil 1’de gösterilmiştir. Bu tür yönlendirmede, MN’den CN’ye gönderilen paketlerin en kısa yoldan yönlendirilmesine karşılık, CN’den MN’ye gönderilen paketler daima HA üzerinden yönlendirildiği için özellikle CN ile MN’nin

birbirlerine yakın oldukları durumlarda paket gecikmeleri artmakta ve protocol başarımı azalmaktadır. Bu başarımlar sorunu “Yönlendirme Eniyilemeli Mobil IP (ROMIP) yöntemi ile giderilmektedir. ROMIP’de, CN’den MN’ye gönderilen paketlerden sadece birinci paket HA üzerinden yönlendirilmekte, diğer tüm paketler CN’den MN’ye en kısa yol üzerinden yönlendirilmektedir (bkz. Bölüm 3).



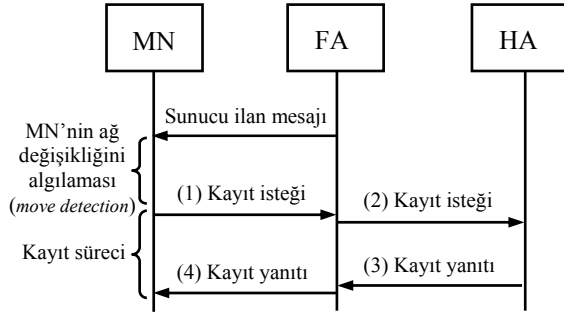
Şekil 1. MIP’de üçgen yönlendirme.

MIP üç önemli yeteneğe sahiptir: Sunucu keşfetme (*agent discovery*), kayıt olma (*registration*) ve tünel açma (*tunneling*) yetenekleri [4], [5].

Sunucu Keşfi: MN bir ağdan diğerine geçtiği zaman, IP katmanı fiziksel katmada oluşan el değiştirmeden haberdar değildir. MN, bir ağdan diğerine geçiş yaptığını sunucu keşif yeteneğini kullanarak algılar (*move detection*) ve yeni ağda hangi sunucudan hizmet alabileceğini belirler. Sunucu keşfi, RFC 1256’da tanımlanan “*Internet Control Message Protocol (ICMP)*” yönlendirici keşif mekanizmasına dayanır. Yuva sunucu ve yabancı sunucular kısa aralıklarla (bir kaç yüz milisaniye gibi) “sunucu ilan mesajları (AAM: *Agent Advertisement Messages*)” yayımlarlar, Bir kaç yüz milisaniye süre ile geçerli olan (*limited lifetime*) bu mesajdaki kaynak adresinin ağ öneki (*network prefix*) ya da paketin ömür süresine (*lifetime*) bakarak yeni bir ağa geçip geçmediğini anlar ve yeni ağa geçmiş ise hangi CoA numarası ile HA’ya kayıt olacağını belirler. Eğer NM en son aldığı AAM’nin geçerlilik süresinden daha uzun süre başka bir AAM almamışsa, kendisi “sunucu davet mesajı (ASM: *Agent Solicitation Message*)” yayımlar. ASM’yi algılayan yuva sunucu ya da serbest IP adresi olan yabancı sunucular AAM yayımlar.

Kayıt: Kayıt yeteneği MN’nin yeni ağ üzerindeki adresini HA’ya kaydettirmesini sağlar. Kayıt süreci Şekil 2’de gösterildiği gibi dört adımdan oluşur. Kayıt

işlemi sonucunda, HA'nın devingenlik ilişkilendirme tablosunda (*mobility binding table*) ilgili MN için HA, CoA ve geçerlilik süresini içeren yeni bir satır oluşturulur. FA'nın devingenlik ilişkilendirme tablosuna (*mobility binding table or visitor list*) ilgili MN için HA, CoA ve geçerlilik süresine ek olarak bir de MN'nin yeni yabancı ağdaki ortam adresi (*medium address: MAC address*) kaydedilir. Eğer MN "co-located care-of address" kullanarak kayıt oluyor ise, herhangi bir FA kullanmadan HA'ya kayıt olur. Bu tablolardeki kayıtlar geçerlilik süreleri sonunda silinirler. Güvenlik amacıyla, sahte kayıt yapılmasını engellemek için kayıt sürecinde kullanılan mesajlara kimlik kanıtama uzantısı (*authentication extension*) eklenir.



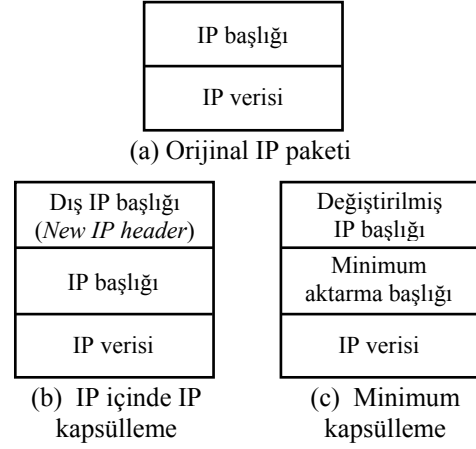
Şekil 2. MIP'de kayıt süreci.

Tünel açma: NM'nin HA'ya kayıt olmasından sonra, MN'ye iletilmek üzere gelen tüm paketler HA tarafından yeni bir IP paketi içine konularak (kapsülleme: encapsulation) MN'nin bağlı olduğu FA'ya gönderilir. Mobil IP'de tünel açma için kullanılan üç algoritma vardır: (1) IP içinde IP kapsülleme (IP-within-IP encapsulation - RFC 2003); (2) Minimum kapsülleme (Minimal encapsulation)-RFC 2004; (3) Soysal yönlendirme kapsüllemesi (GRE: *Generic Routing Encapsulation*)-RFC 1701. İlk iki kapsülleme yöntemi Şekil 3'de açıklanmıştır.

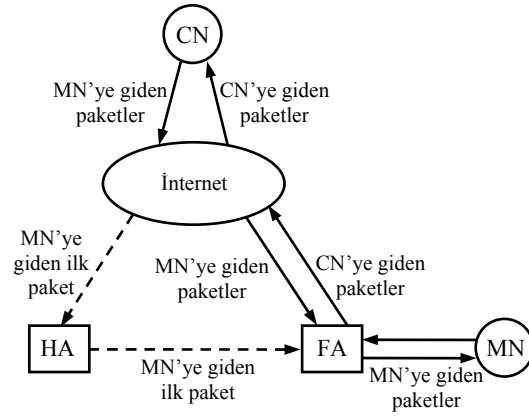
3. YÖNLENDİRME ENİYİLEMELİ MOBİL İNTERNET PROTOKOLU

ROMIP'deki, ilişkilendirme uyarı (BW: *binding warning*) ve ilişkilendirme güncelleme (BU: *binding update*) mesajlarını kullanan düzgün el değiştirme (*smooth handoff*) yöntemi ve FA'lardaki tampon bellek (*buffer*) mekanizması MIP'deki performans sorununa çözüm getirilmiştir [2], [6]. ROMIP'deki yönlendirme yöntemi Şekil 4'de gösterilmiştir. ROMIP'de CN'den MN'ye gönderilen birinci paket dışındaki tüm paketler en kısa yol üzerinden ilgili FA'ya ve oradan da MN'ye iletilir. MN'nin hareket etmesi sonucunda FA1 (PFA)'dan FA2 (NFA)'ya geçmesi durumunda (bkz. Şekil 5), MN'nin kayıt süreci sonunda, düzgün el değiştirme düzeneği, Şekil 8'de gösterildiği gibi, MN'den FA2'ye BW

mesajının, FA2'den FA1'e BU ve HA'ya BW mesajlarının gönderilmesini sağlayarak MN'nin yeni CoA'sı FA1 ve HA'ya bildirilir.



Şekil 3. MIP ve ROMIP'de kapsülleme.



Şekil 4. ROMIP'de yönlendirme.

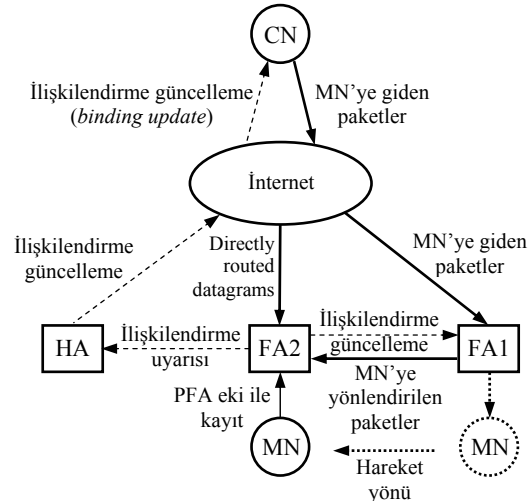
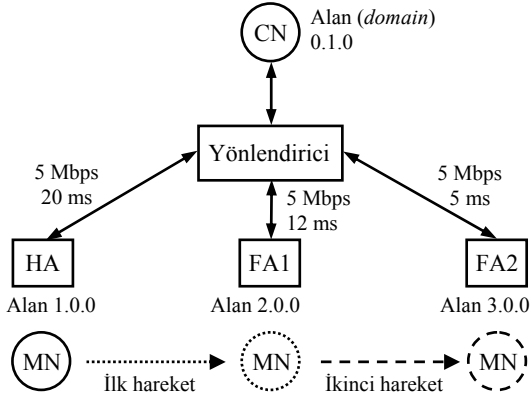


Figure 5. ROMIP'de düzgün el değiştirme.

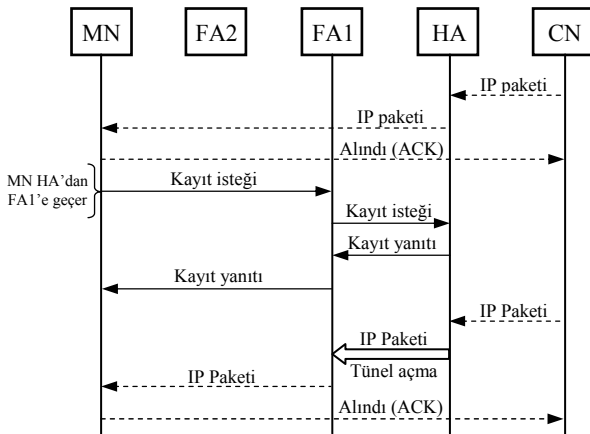
MN'nin yeni CoA bilgisini alan HA bu bilgiyi ilişkilendirme güncelleme mesajı ile CN'ye iletir. Bu aşamadan sonra, CN paketlerini FA2'ye iletir. İlişkilendirme güncelleme mesajı CN'ye ulaşmadan önce CN'nin FA1 üzerinden göndermiş olduğu yoldaki paketler, FA1'deki tampon bellekte tutulduğu için ve MN'nin FA2'ye bağlandığı bilgisi FA1'e gelmiş olduğu için, FA2'ye yönlendirilir. Böylece, el değiştirme sırasında oluşabilecek paket kayıpları azaltılmış olur.

4. BENZETİM (SIMULATION)

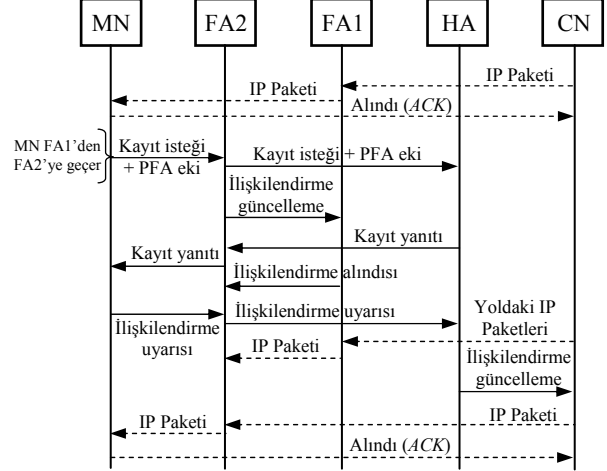
Bu çalışmada, MIP ve ROMIP'in başarımlarının incelenmesi için "Network Simulator NS-2.29" ağ benzetici kullanılmıştır [7], [8], [9]. NS-2 benzeticisine ilişkilendirme uyarı (binding warning) ve ilişkilendirme güncelleme (binding update) mesajları eklenmiş ve sonuçların izlenebilmesi için gerekli eklenti ve değişiklikler yapılmıştır. Başarım ölçütleri olarak uçtan-uca ortalama paket gecikmesi (*average end-to-end packet delay*), paket kaybı (*packet loss*) ve iş çıkarma yeteneği (*throughput*) alınmıştır. Benzetimle ilgili ayrıntılar kaynak [10]'da verilmiştir. Benzetimin topolojisi Şekil 6'da, MIP senaryosu Şekil 7'de, ROMIP senaryosu ise Şekil 8'de açıklanmıştır.



Şekil 6. Benzetim topolojisi.



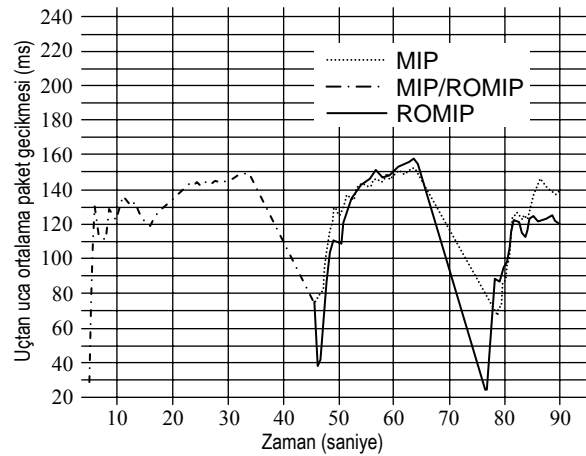
Şekil 7. MIP senaryosu.



Şekil 8. ROMIP senaryosu.

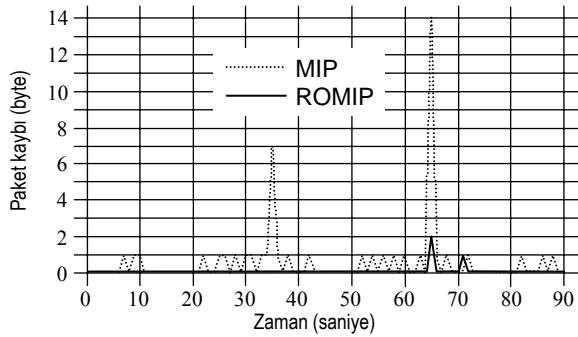
5. BENZETİM SONUÇLARI

Uçtan-uca Ortalama Paket Gecikmesi (Average End-to-End Packet Delay): Şekil 9'da, MIP ve ROMIP için uçtan uca ortalama paket gecikmesinin zamana karşı değişimi gösterilmiştir. Bu grafik incelendiğinde, MN'nin HA'ya bağlı kaldığı süre içinde (0-32 ms) MIP ve ROMIP'deki ortalama uçtan uca paket gecikmelerinin eşit olduğu görülmektedir. Ancak, MN'nin HA'dan FA1'e el değiştirdiği süre içinde (34-46 ms), FA1'e bağlı kaldığı süre içinde (46-64 ms), FA1'den FA2'ye el değiştirdiği süre içinde (64-78 ms) ve FA2'ye bağlı kaldığı süre içinde, ROMIP'deki uçtan-uca ortalama paket gecikmesinin MIP'dekine göre daha az olduğu gözlenmiştir. Bu durum, el değiştirme süreçlerinde, özellikle FA'lar arasındaki el değiştirmelerde ve MN'nin FA2'ye bağlı kaldığı sürece ROMIP'in daha az gecikme yarattığını göstermektedir.



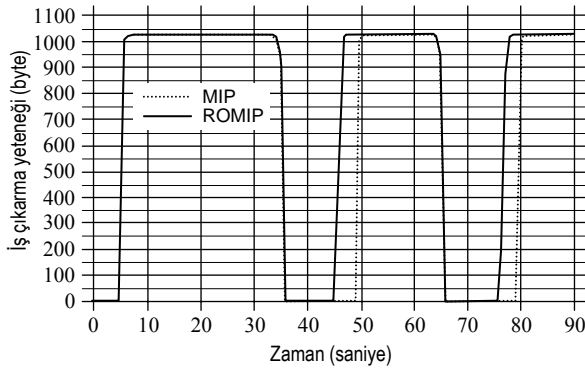
Şekil 9. MIP ve ROMIP'de uçtan uca ortalama paket gecikmesi.

Paket Kaybı (Packet Loss): Şekil 10'da, MIP ve ROMIP için zamana karşı paket kaybının değişimi gösterilmiştir. Bu grafik incelendiğinde, MN'nin el değiştirdiği süreler dışında, paket kayıplarının MIP'de sıfır ile 1 byte arasında değiştiği, ROMIP'de ise sıfır olduğu görülmektedir. MN'nin HA'dan FA1'e el değiştirdiği süre içinde (34-46 ms) paket kaybının MIP'de 7 byte'a çıktığı, ROMIP'de ise sıfır olduğu görülmektedir. MN'nin FA1'den FA2'ye el değiştirdiği süre içinde (64-78 ms) paket kaybının MIP'de 14 byte'a çıktığı, ROMIP'de ise 2 byte'a kadar çıktığı görülmektedir. Bu da ROMIP'de kullanılan düzgün el değiştirme yönteminin ve tampon bellek mekanizmasının el değiştirme sırasında paket kayıplarını azalttığını göstermektedir.



Şekil 10. MIP ve ROMIP'de paket kaybı.

İş Çıkarma Yeteneği (Throughput): Şekil 11'de, MIP ve ROMIP için zamana karşı iş çıkarma yeteneğinin değişimi gösterilmiştir. Bu grafik incelendiğinde, el değiştirme süreleri içinde iş çıkarma yeteneğinin ROMIP'de MIP'e göre daha kısa süre içinde yükseldiği görülmektedir. Bu da el değiştirme sırasında paket kayıplarının ROMIP'de MIP'e göre daha az olmasından kaynaklanmaktadır.



Şekil 11. MIP ve ROMIP'de iş çıkarma yeteneği.

5. SONUÇ

Sunuç olarak, ROMIP'in yönlendirme eniyilemesi (*route optimization*) içermesi, düzgün el değiştirme (*smooth handoff*) yöntemini ve tampon bellek (*buffer*) mekanizmasını kullanılması nedeniyle, MIP'de elde edilen başarıyı iyileştirdiği görülmüştür.

ROMIP'de düzgün el değiştirme yöntemi ve tampon bellek kullanıldığı için, uçtan uca ortalama paket gecikmesinin (*average end-to-end packet delay*) ve paket kayıplarının (*packet loss*) el değiştirme sırasında MIP'e göre, beklendiği gibi, daha az olduğu ve el değiştirmeler sırasında ROMIP'in iş çıkarma yeteneğinin (*throughput*) MIP'e göre daha iyi olduğu görülmüştür.

ROMIP'de FA'lardaki tampon bellekler paket gecikmesini olumsuz yönde etkileseler de el değiştirme sırasında paket kaybını azaltmaktadırlar. Ancak, FA'lardaki tampon belleklerin taşması durumunda ve yeni FA (NFA) ile kayıt işlemi tamamlanmadan NFA'ya ulaşan paketler kaybolmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] Charles E. Perkins, "Mobile IP Support for IPv4", IETF, RFC 3344, Aug. 2002.
- [2] Charles E. Perkins, "Route Optimization in Mobile IP", Internet Draft, draft-ietf-mobileip-optim-II, September 2002.
- [3] Charles E. Perkins, "Mobile IP", IEEE Communications Magazine, pp.84-99, May 1997.
- [4] William Stallings, "Wireless Communications and Networks", Prentice Hall Inc., New Jersey, 2002.
- [5] Charles E. Perkins, "IP Mobility Support for IPv4", IETF RFC 3220, January 2002.
- [6] Charles.E. Perkins and K-Y Wang, "Optimized Smooth Handoffs in Mobile IP," in Proceedings of the 4th IEEE Symposium on Computers and Communications (ISCC), pp.340-346, Red Sea, Egypt, July 6-8, 1999.
- [7] Network Research Group, Lawrence Berkeley National Laboratory, "NS-LBNL Network Simulator", <http://www.nrg.ee.lbl.gov/ns/>
- [8] Kekvin Fall, Kannan Varadhan, "The NS Manual", <http://www.isi.edu/nsnam/ns/doc/index.html>
- [9] S. McCanne S. Floyd, "Ns-Network Simulator", <http://mash.cs.berkeley.edu/ns/>
- [10] Birol Çelik, "Performance Evaluation of Mobile Internet Protocol", Marmara University, Institute for Graduate Studies in Pure and Applied Sciences, Computer Engineering Program, Istanbul, Master Theses, June 2006.