

Kablosuz Ağlarda Tahmine Dayalı Hücreler Arası Geçiş Algoritmaları

Vildan ATEŞ¹, M. Ali AKCAYOL²

¹Gazi Üniversitesi, Bilgi İşlem Daire Başkanlığı, Beşevler, Ankara, 06500

²Gazi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Maltepe, Ankara, 06570
vates@gazi.edu.tr, akcayol@gazi.edu.tr

Özet— Kablosuz ağlarda, veri iletişimi elektromanyetik sinyaller kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Kablosuz ağ kullanıcıları sıklıkla hareketli durumda iletişim yapmak zorunda kalmaktadırlar. Kullanıcı hareketliliği kablosuz ağlarda iletişimin kesilmesi sorununu da beraberinde getirmektedir. Bu yüzden kablosuz iletişimde hareketlilik yönetimi en önemli çalışma alanlarından biridir. Hareketlilik yönetimi, konum yönetimi ve hücreler arası geçiş yönetimi olmak üzere iki başlıkta incelenmektedir. Bu çalışmada, tahmine dayalı hücreler arası geçiş yönetimi ile ilgili araştırmalar detaylı bir şekilde incelenmiştir ve sonuçları sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler— Hareketlilik yönetimi, konum yönetimi, hücreler arası geçiş yönetimi

Prediction Based Handover Algorithms in Wireless Networks

Abstract— Electromagnetic waves have been used for data communication in wireless networks. Users often, can communicate in wireless networks while they are moving. Mobility management is one of the important research areas in the wireless communications. Mobility management includes two topics such as location management and handover management. In this paper, prediction based handover algorithms are investigated in details and results of the studies have been given.

Keywords— Mobility management, location management, handover management

1. GİRİŞ

Kablosuz ağ kullanımı kurulum maliyeti, kurulum süresi ve kullanıcılara sağladığı hareket özgürlüğü gibi avantajları sayesinde giderek yaygınlaşmaktadır [1]. Hareketli kullanıcılara kesintisiz ve güvenilir bir iletişim sağlamak kablosuz ağların en önemli avantajıdır. Kullanıcıların hareket özgürlüğüne sahip olarak farklı cihazlar ile her yerde ve her zaman iletişim kurmak istemeleri mobil iletişimi günlük hayatın vazgeçilmez bir parçası olarak karşımıza çıkarmaktadır [2]. Ayrıca kablosuz iletişim sağlayan ağların kullanımı, teknolojinin gelişmesi ve yaygınlaşması ile son yıllarda büyük bir hızla artmıştır [3]. Sayıları her geçen gün hızla artmakta olan kullanıcılar, kablosuz ağlarda hem hizmet alan hem de hizmet sunan konumundadırlar [2, 3].

Kablosuz iletişimin en temel problemlerinden biri kullanıcıların hareketli olmasından dolayı ortaya çıkan hareketliliğin yönetilmesinin güçlüğüdür [4, 5, 6]. Hareketlilik yönetiminin amacı kablosuz ağların etki alanı içinde hareket halindeki birimler ile sağlıklı bir şekilde iletişim kurmak ve bu iletişimin devamlılığını sağlamaktır

[7]. Bu sayede kablosuz ağlarda gelen ve giden paketler kesintisiz bir şekilde hareket halindeki kullanıcılara ulaşabilmektedir.

Hareketlilik yönetimi, konum yönetimi ve hücreler arası geçiş yönetiminden oluşmaktadır [8]. Konum yönetimi ağdaki kullanıcıların ve onların kendi terminalleri arasındaki aramalarının konumlarını izlemektedir. Hareketli birimler kapsama alanları içerisinde bağımsız olarak hareket edebilecekleri için ağdaki konumları yaklaşık olarak tespit edilebilmektedir. Kullanıcının bir bağlantı yapması gerektiğinde ise hücre boyutu sayesinde gerçek konumuna karar verilmektedir. Konum yönetiminde ise; hareketli birimin mevcut konumu hakkında ağın bilgilendirilmesi, konum güncelleştirilmesi ya da konum kaydı ve hareketli birimin konumunun tespit edilmesi işlemleri gerçekleştirilmektedir [9].

Kablosuz ağlarda hareketlilik yönetiminin ikinci bölümünü hücreler arası geçiş yönetimi oluşturmaktadır. Hücreler arası geçiş yönetiminin amacı hareketli kullanıcının yer değiştirmesi sonucu ağda değişikliğe

uğrayan erişim noktasına rağmen hareketli kullanıcıya sürekli bir iletişim ortamı sağlamaktır [10].

IEEE (International Electrical Electronics Engineers) tanımına göre hücreler arası geçiş işlemi hareketli birimin bağlantı anahtarında meydana gelen olayların üzerine trafik akışını koruması ve gerekli kolaylıkları elde etmesi şeklinde tanımlanmaktadır [11]. Kullanıcı açısından ise bağlantı noktası değiştiğinde servis sürekliliğinin sağlanmasıdır. Hücreler arası geçiş, devam eden arama esnasında hareketli kullanıcının yer değiştirmesi sonucu kanalını veya hücrelerini değiştirme işlemidir. Literatürde hücreler arası geçiş için “handover” veya “handoff” adları kullanılmaktadır.

Hücreler arası geçiş ağına tipine, aktif bağlantı sayısına ve trafik yoğunluğuna bakılarak farklı şekillerde sınıflandırılmaktadır. Çizelge 1’de görüldüğü üzere hücreler arası geçiş gerçekleştiği ağ yapılarına göre yatay ve dikey olmak üzere ikiye ayrılmaktadır [12]. Yatay hücreler arası geçiş bir ağına kapsama alanında gerçekleşen hücreler arası geçiş işlemidir. Kullanıcı hareketliliği sadece ağına kapsama alanı ile sınırlıdır.

	Yumuşak	Sert
Yatay Hücreler Arası Geçiş	Hücre içerisinde	Hücreler arasında
Dikey Hücreler Arası Geçiş	Aşağıya Doğru	Yukarıya Doğru

Çizelge 1. Hücreler arası geçiş çeşitleri

Yatay hücreler arası geçiş hücre içerisinde ve hücreler arasında olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Hücre içerisindeki geçişte hareketli kullanıcı radyo kanalını meydana gelebilecek girişimi azaltmak için değiştirir. Fakat bu değişim yine aynı baz istasyonunun kapsama alanı içerisinde gerçekleşir. Yani baz istasyonunda bir değişiklik olmaz. Hareketli kullanıcının tüm bağlantıları yeni baz istasyonuna aktarılır. Hücreler arasında gerçekleşen geçiş işlemi sonucu hareketli kullanıcı yeni baz istasyonunun kapsama alanı içerisine girmiş olur.

Dikey hücreler arası geçişte, hareketli kullanıcının bağlantıları farklı kablosuz ağ teknolojileri arasında gerçekleştirilir. Farklı kablosuz ağ teknolojilerine 3GPP ve IEEE 802.11 ile IEEE 802.16 örnek verilebilir. Dikey hücreler arası geçişte kendi arasında aşağıya doğru dikey hücreler arası geçiş (ADH) ve yukarıya doğru dikey hücreler arası geçiş (YDH) olarak ikiye ayrılabilir. ADH’de hareketli kullanıcının hücreler arası geçiş yaptığı ağ daha fazla bant genişliği sağlarken, kapsama alanı limitlidir. Buna karşın YDH’de hareketli kullanıcının hücreler arası geçiş yaptığı ağ daha fazla kapsama alanına sahip olup, daha düşük bant genişliğine sahiptir [12].

IEEE 802.11 hücreler arası geçiş işlemi hareketli birime hizmet veren baz istasyonu sayısına göre iki sınıfta gruplandırılmıştır [13].

Sert hücreler arası geçiş

Sert hücreler arası geçiş işlemi hareketli kullanıcıya sadece bir tane baz istasyonu hizmet vermektedir. Yeni baz istasyonu ile, kendisine hizmet veren baz istasyonu ile iletişimi kesilince iletişim kurmaktadır. Bu olay bağlantıyı sağlamadan önce sonlandırmak (break-before-make) olarak adlandırılmaktadır. Sert hücreler arası geçişte veri tekrarları yoktur. Bu yüzden sinyal ek yükü düşük olmaktadır. Sinyal ek yükü ağ teknolojisinde sinyal haline dönüştürülen verinin başına ya da sonuna eklenen, sinyalin tekrar veri haline dönüştürülmesi sırasında ortadan kaybolan bilgi olarak tanımlanmaktadır. Anlık olmaları sebebi ile aramalarda kesintileri en aza indirmek hedeflenmektedir. Sert hücreler arası geçiş Mobil İletişim için Küresel Sistem (Global System for Mobile - GSM) ve Genel Paket Radyo Servisi (General Packet Radio Services - GPRS) teknolojilerinde kullanılmaktadır.

Yumuşak hücreler arası geçiş

Yumuşak hücreler arası geçiş işlemi kaynak hücre kanalı hedef bağlantı yapıldıktan sonra bir süre saklanmaktadır. Paralel olarak hedef hücre ile beraber kısa bir süre kullanılmaya devam edilmektedir. Hareketli birime birden fazla baz istasyonu tarafından hizmet verilmektedir. Bu işlem bağlantıyı sonlandırmadan önce sağlamak (make-before-break) olarak adlandırılmaktadır. Veri tüm bağlantılara iletilmesi için sık gerçekleşen hücreler arası geçiş veri ek yükünün artmasına neden olmaktadır.

Hücreler arası geçiş işleminin hücresel ağına performansı üzerine doğrudan etkisi olmaktadır. Ağına servis kalitesini, kaynak kullanımını ve sinyal yükünü etkilemektedir. Hücreler arası geçiş stratejilerine hücreler arası geçiş tasarımları tarafından karar verilmektedir. Hücreler arası geçiş tasarımlarının performansı aşağıdaki parametreler ile değerlendirilmektedir [14].

Yeni aramanın engellenme olasılığı: Gelen yeni aramanın engellenme olasılığıdır.

Hücreler arası geçişin engellenme olasılığı: Hücreler arası geçiş işleminin engellenmesidir.

Hücreler arası geçiş olasılığı: Hücreler arası geçiş işleminin gerçekleşme olasılığıdır.

Aramanın sona erdirilmesi olasılığı: Devam eden aramada servislerin durdurulması ve aramanın bitirilmesidir.

Hücreler arası geçiş oranı: Birim zamanda meydana gelen hücreler arası geçiş işlemi sayısıdır.

Gereksiz hücreler arası geçiş olasılığı: Hücreler arası geçişe gerek olmadan hücreler arası geçiş işleminin gerçekleşmesidir.

Gecikme: Hücreler arası geçiş işleminde hareketli kullanıcının eski bağlantısını kaybedip yeni bağlantıya geçmesi esnasında ilk veri paketlerini almaya başlaması arasında geçen süredir.

Hareketlilik yönetimi araştırma alanındaki en popüler çalışma konularından birisi ise hareketli birimin bir sonraki hareketinin tahminidir. Bir hareketli birimin kişisel bilgisayar sistemi hücreleri ya da küresel konumlama sistemi ağları arasındaki bir sonraki yer değiştirme hareketinin tahmini hareketlilik tahmini olarak tanımlanmaktadır. Bu tahmin kişisel iletim servisi ağlarının verimini artırmak için kullanılmaktadır. Sistemin kaynaklarının fazla bir şekilde ayrılması ve kullanılmasını beklemek yerine kullanılma ihtimali en yüksek olan kaynakların etkili bir şekilde tahsis edilmesine yardımcı olmaktadır [15].

Hareketlilik tahmini üzerine yapılan çalışmalar bir sonraki hücreler arası geçiş işlemi üzerine odaklanmaktadır [16]. Gerçekleşecek bu hücreler arası geçiş işlemi, hareketli birim tarafından fark edilmeden kesintisiz bir şekilde gerçekleştirilmelidir.

Bu çalışmanın ikinci bölümünde, hücreler arası geçiş işlemi tahmine dayalı olarak gerçekleştiren tasarımlar incelenmiştir. İncelenen tasarımlarda yatay ve dikey hücreler arası geçiş ayrımı gözetilmemiştir. Tasarımların tahmine dayalı olarak hücreler arası geçişini gerçekleştirmesi yeterli görülmüştür. Çalışmanın üçüncü bölümünde sonuçlar ve öneriler, dördüncü bölümde de çalışmada yararlanılan kaynaklar yer almaktadır.

2. TAHMİNE DAYALI HÜCRELER ARASI GEÇİŞ TASARIMLARI

Kablosuz iletişim konusunda standart çalışmaları ve araştırmalar yapan otoriteler kablosuz ağlarda kesintisiz iletişim sağlanmasında hücreler arası geçiş işleminin önemli bir rolü olduğunu kabul belirtmişlerdir [17, 18].

S.Venkatachalaiah 2006 yılında yaptığı “Mobility Prediction and Multicasting in Wireless Networks: Performance and Analysis” isimli doktora tez çalışmasında, tahmine dayalı tasarımları gruplandırmıştır [19]. Bu gruplandırma hareketli birimin hareket kayıtları, konumu, izlediği yol, gözlemlenen trafik ve yol grafiklerini içermektedir. Bu gruplandırma da hareketlilik yönetimi bir bütün olarak ele alınmış olup konum yönetimi ve hücreler arası geçiş yönetimi ayrımı gözetilmemektedir [19].

Bu çalışmada yapılan inceleme sonucuna göre hücreler arası geçiş işlemi tahmine dayalı olarak uygulanmış olan çalışmalar beş ana başlıkta gruplandırılmıştır. Bunlar;

- Bağlantı Katmanı Tetiklemesine Dayalı Hücreler Arası Geçiş Tahmin Tasarımları,
- Hareketli Kullanıcının Hareket Kayıtları ve Modellerine Dayalı Hücreler Arası Geçiş Tahmin Tasarımları,
- Hareketli Kullanıcı Aktivitelerine Dayalı Hücreler Arası Geçiş Tahmin Tasarımları,
- Hareketli Kullanıcının Hız ve Hareket Yönüne Dayalı Hücreler Arası Geçiş Tahmin Tasarımları,
- Kanal Rezervasyonuna Dayalı Hücreler Arası Geçiş Tahmin Tasarımları,

şeklinde sıralanabilir.

2.1. Bağlantı Katmanı Tetiklemesine Dayalı Hücreler Arası Geçiş Tahmin Tasarımları

Hareketlilik yönetiminde, kesintisiz ve verimli hücreler arası geçiş işlemi sağlamak en kritik işlemdir. Hücreler arası geçiş işlemi genellikle bir tetikleme mekanizması tarafından başlatılmaktadır [20]. Literatürde yer alan tetikleme mekanizmalarından biri bağlantı katmanı tetiklemesidir. Bağlantı katmanı tetikleme algoritmaları hücreler arası geçiş işlemi hızlı ve verimli bir şekilde gerçekleştirerek servis kalitesini arttırmayı amaçlamaktadırlar [20, 21, 22].

Bağlantı katmanı tetiklemesi ile hücreler arası geçiş işlemi üç adımda gerçekleşmektedir. Bu üç adımda gerçekleşen işlemler aşağıdaki gibidir [20]:

Bağlantı Katmanı Tetiklemesi: Bağlantı katmanı özellikleri kontrol edilmektedir.

Ağ Katmanı: İkinci adımda hedef ağ teknolojisi, baz istasyonu ve erişim noktasına karar verilmektedir. Baz istasyonu seçimi, görelî sinyal gücünü dikkate alarak yapılmaktadır. Görelî sinyal gücü en güçlü sinyalin geldiği baz istasyonunu seçmektedir. En güçlü sinyal kararı, gelen tüm sinyallerin güçlerinin ortalamalarına göre karar verilmektedir. Sinyal gücü için eşik değeri tanımlanmakta ve tanımlanan eşik değeri ile görelî sinyal gücü karşılaştırılarak gereksiz hücreler arası geçişler engellenmektedir [23].

Hücreler Arası Geçiş İşlemi: Hücreler arası geçiş işlemi gerçekleştirilmektedir.

Aşağıda literatürde yer alan bağlantı katmanı tetiklemesine dayalı hücreler arası geçiş tahmin tasarımları yer almaktadır.

Chien ve arkadaşları 2008 yılında yaptıkları “Smart Predictive Trigger for Effective Handover in Wireless Networks” başlıklı çalışmada kablosuz ağlarda verimli hücreler arası geçiş yapabilmek için akıllı tahmin

etikleyicisi algoritmasını önermişlerdir [20]. Bağlantı katmanında kullanılan algoritmaların uygulanması sonucunda erken hücreler arası geçiş işleminin hazırlanıp başlatılabileceği ifade edilmektedir.

Çok sık tekrarlanan hücreler arası geçiş işlemi sonucu, ağ sinyali trafiğinde meydana gelen aşırı yüklenmeler ve bunun sonucunda meydana gelen arama kayıplarının önerilen akıllı tahmin etikleyicisi algoritması sayesinde ortadan kalkacağı ifade edilmektedir. Önerilen algoritmada hücreler arası geçiş işlemi için etikleme şemasında göreceli sinyal gücü temel alınmıştır. Göreceli sinyal gücünün özellikle hareket halindeki mobil cihazlar için çok kullanışlı olduğu belirtilmektedir. Bu çalışmada istatistiksel tahmin modeli olan ARIMA (AutoRegressive Integrated Moving Average) kullanılmıştır.

ARIMA geçmiş verilerden gelecek değerleri tahmin etmek için kullanılmış olup, ARIMA uygulanarak göreceli sinyal gücü ile iki adım önden ve yüksek doğruluk ile hücreler arası geçişin tahmin edilebildiği belirtilmektedir. Etiketlemenin tahmini ve erken tahmin doğruluğunu geliştirmek için gelecekte değişik araştırmalar yapılabileceği vurgulanmaktadır. Bir diğer yapılabilecek çalışma ise, eksik ve gereksiz etikleyiciler nedeniyle yapılabilecek yanlış tahminlerin önlenmesi konusundadır [20].

Park ve Lim 2008 yılında yaptıkları “A Handover Prediction Model and its Application to Link Layer Triggers for Fast Handover” başlıklı çalışmada hızlı hücreler arası geçiş işlemi için tahmin modeli önermektedirler. Önerilen modelin uygulaması bağlantı katmanı etikleyicisi ile gerçekleştirilmektedir. Öncelikle çapraz katman hücreler arası geçiş tasarımlarının kullanıcılara kesintisiz hizmet vermesi gerektiğini belirtmektedirler. Bunu sağlamak içinde kablosuz bağlantıda bir kopukluk olmadan önce hücreler arası geçiş işleminin tamamlanması ve bağlantı katmanının zamanında üst katmanlardaki hücreler arası geçiş protokollerini etiklemesi gerektiğini belirtmektedirler. Önerdikleri hareketlilik modelinde diğer çalışmalarda dikkate alınan radyo yayılma ortamı ve hareketli birimin hareket düzenini kullanmamaktadırlar.

Diğer çalışmalardan farklı olarak yaptıkları çalışmada, gelen sinyal güçlerini farklı radyo yayılma ortamlarında istatistiksel analizini yaparak veri kümeleri oluşturmaktadırlar. Ayrıca çalışmalarında bağlantı katmanı etikleyicisi bir tasarıma önermektedirler. Bu tasarım hücreler arası geçiş işlemi için sinyal gecikmesine bağlı olarak bağlantı katmanı etiklemesini zamanında başlatmaktadır. Önerilen tasarım, her zaman aralığı sonundaki gelecek göreceli sinyal gücü değerlerini tahmin ederek bağlantı katmanı hücreler arası geçiş işlemi tahmin etmektedir. Tahmin işleminde kaçınılmaz olarak hatalar olabileceği için istatistiksel telafi yöntemi ile geç olabilecek bağlantı katmanı etiklemesinin azaltılması amaçlanmaktadır.

Yapılan benzetim çalışmaları sonucu olabilecek yanlış etikleme oranının %5 seviyelerinde kaldığı belirtilmektedir. Tahmin sınırı olarak da %90 gibi yüksek bir sonuç elde edilmiştir. Geç meydana gelebilecek bağlantı katmanı etiklemesinin azaltılabileceği ve böylece IP üzerinden ses taşıyan uygulamalarda kayıp paket oranının da bu yöntemle azaltılabileceği belirtilmektedir [22].

Yang ve arkadaşları 2008 yılında yaptıkları “Definitive Link Layer Triggers for Predictive Handover Optimization” başlıklı çalışmalarında hızlı ve hareketli IPv6’da bağlantı katmanı etikleyicisi ile tahmine dayalı hücreler arası geçiş işlemi destekleyen bir tasarım önermişlerdir. Yapılan çalışmada, dikey hücreler arası geçişin en fazla olduğu iki farklı ağın kablosuz yerel alan ağları ile hücreler arası geçişini belirtmişlerdir. Önerilen tasarımda, dikey hücreler arası geçiş senaryolarında bu iki ağ arasındaki dikey hücreler arası geçişi dikkate almaktadırlar.

Bağlantı katmanı etikleyicisi bağlantı katmanında gerçekleşecek hücreler arası geçiş işlemi mevcut değilse, hızlı ve hareketli IPv6 reaktif modele geçmektedir. Reaktif modeldeki hızlı ve hareketli IPv6 hareketli birim adres ayarlarını yeni mobil anahtarlama merkezine bağlandıktan sonra gerçekleştirdiği belirtilmektedir. Bu da beraberinde paket kaybı ve sinyal ek yükünde artışlara sebep olmaktadır. Çalışmada hücreler arası geçiş tarafından da hizmet verilen kablosuz yerel alan ağlarının hot-spot alanı olduğu belirtilmektedir.

Hücreler arası bağlantı olan hareketli birimin, kablosuz yerel alanında hot-spot algılayıcılar hücreler arası geçiş işlemi sağladığı düşük maliyet ve yüksek veri hızından dolayı bu alanı tercih edeceği vurgulanmaktadır. Bu geçişte meydana gelen paket kayıplarının önerilen tahmin modelinde hızlı ve hareketli IPv6 ile azaldığı belirtilmektedir. Bağlantı katmanı etikleyicisinin tahmin yöntemini garanti ettiği vurgulanmaktadır [21].

Erken gerçekleşecek bağlantı katmanı etiklemesinin ise servis gecikme süresini ve tampon alanı arttırdığı vurgulanmaktadır. Önerilen çalışmada, bağlantı katmanı etikleyicisini tam zamanında başlatmak için göreceli sinyal gücündeki değişim oranını dikkate alan, iletişim süresince devam eden bir bağlantı önerilmektedir. Yapılan benzetimler sonucu önerilen bağlantı katmanı etikleyicisi tasarımının, farklı yapıdaki ağlar arasındaki kesintisiz hücreler arası geçiş işlemi için iyi bir seçim olacağı belirtilmektedir [23].

Yoo ve arkadaşları 2009 yılında yaptıkları “Predictive Link Trigger Mechanism for Seamless Handovers in Heterogeneous Wireless Networks” başlıklı çalışmalarında farklı yapıdaki kablosuz ağlarda kesintisiz hücreler arası geçiş işlemi gerçekleştirmek için tahmine dayalı bağlantı katmanı etiklemesi mekanizması önermektedirler. Önerilen mekanizma, farklı yapıdaki kablosuz ağlarda kesintisiz dikey ve

yatay hücreler arası geçiş işlemini de kapsamaktadır. Yapılan bağlantı katmanı tetiklemesine dayalı diğer çalışmalarda önceden tanımlı sinyal seviyesi eşik değerlerinin dikkate alındığı fakat bu çalışmada komşu ağların durumlarının göz önüne alındığı belirtilmektedir. Belirtilen ağ durumları ağın tipi, ağın topolojisi, hücreler arası geçiş politikası ve hücreler arası geçiş protokollerini kapsamaktadır. Mekanizmada öncelikle komşu ağların durumuna göre hücreler arası geçiş işlemini gerçekleştirmek için bir tahmin yapılmaktadır. Daha sonra hücreler arası geçiş işlemini başlatmak için gerekli karar, hücreler arası geçiş işlemi zamanına dayalı olarak en az ortalamalar karesi doğrusal tahmin yaklaşımı kullanılarak dinamik olarak belirlenmektedir. Hücreler arası geçiş işlemi sırasındaki paket kaybı oranının üst sınırı Gauss gölgeleme kanalı tarafından sağlandığı belirtilmiştir.

Bu mekanizmanın bağımsız hücreler arası geçiş senaryolarının yer aldığı IEEE 802.21'de uygulanabileceği belirtilmektedir. Yapılan benzetimler sonucu önerilen tahmine dayalı veri iletim katmanı tetiklemesi mekanizmasında zamanında gerçekleşen proaktif hücreler arası geçiş işlemlerinin meydana geldiği saptanmıştır. Ayrıca hücreler arası geçiş işlemi esnasında Gauss gölgeleme kanalı ile gözlemlenen paket kaybı oranının da düşük olduğu belirtilmektedir [24].

Sonuç olarak literatürde hücreler arası geçiş işleminde tahmine dayalı tasarımlarda bağlantı katmanı tetiklemesini kullanan tasarımların daha fazla yer aldığı görülmektedir. Bunun yanı sıra bağlantı katmanı tetiklemesine dayalı hücreler arası geçiş işlemlerinde tetiklemenin tam olarak tahmin edilmesi beklenmemektedir. Tetiklemenin tahmini ve erken tahmin doğruluğunu geliştirmek için gelecekte değişik araştırmalar yapılabileceğine dikkat çekilmektedir. Bir diğer yapılabilecek çalışma, eksiz ve gereksiz tetikleyiciler nedeniyle yapılabilecek yanlış tahminlerin önlenmesi konusunda olabileceği belirtilmektedir.

2.2. Hareketli Kullanıcının Hareket Kayıtları ve Modellerine Dayalı Hücreler Arası Geçiş Tahmin Tasarımları

Literatürde hareketli kullanıcının hareket kayıtları ve modellerine dayalı hücreler arası geçiş tahmin tasarımları incelendiğinde kullanıcı hareketlilik profili [6], veri tabanı kayıtları [25], tahmine dayalı hızlı hücreler arası geçiş şeması ve mobil hareket şemalarının mevcut olduğu görülmektedir.

Yu ve Leung 2002 yılında yaptıkları "Mobility-based predictive call admission control and bandwidth reservation in wireless cellular networks" başlıklı çalışmada, hareketliliğe dayalı çağrı kabulünü tahmin eden ve gereken bant genişliği rezervasyonu yapan bir tasarım önermişlerdir. Birimin hareketlilik geçmişine dayalı olarak, istatistiksel olarak birimin gelecekteki hareketini tahmin eden bir tasarımdır. Önerilen hareketlilik tahmin tasarımında, teorik ve pratikte iyi

uygulamaları olan karaktere dayalı Ziv-Lempel veri sıkıştırma algoritması kullanılmıştır.

Kaynakları verimli kullanmak için hareketli birimin hücreler arası geçiş işleminin gerçekleşeceği hücrenin yanında, gerçekleşme zamanının da tahmin edildiği belirtilmektedir. Hareketlilik tahminine dayalı, hücreler arası geçişin engellenme olasılığını düşürmek için gerekli bant genişliği rezervasyonu yapılmaktadır. Yapılan benzetimler sonucu önerilen tasarımın, statik ve hücre rezervasyonu yapan tasarımlardan daha iyi performans gösterdiği belirtilmektedir [26].

Akyıldız ve Wang 2004 yılında yaptıkları "The Predictive User Mobility Profile Framework for Wireless Multimedia Networks" başlıklı çalışmada kablosuz çoklu ortam için tahmine dayalı kullanıcı hareketlilik profilini önermişlerdir. Kullanıcı hareketlilik profili; hareketli kullanıcının geçmiş kayıtları ve mobil terminalin tahmin şemalarının birleşiminden oluşmaktadır. Kullanıcı hareketlilik profili ayrıca hareketli kullanıcının konumunu, hareketliliği ve servis gerekliliğini de içermektedir. Hareketli kullanıcının geçmiş hareket kayıtları ve bu kayıtlardaki alanları hata hesaplayıcısı tarafından değerlendirilmektedir. Karar mekanizması işleminden sonra hücreler arası geçiş işleminin gerçekleşeceği tahmini konuma karar verilmektedir. Yapılan benzetimler sonucu önerilen hareketlilik profilinin kaynak yönetimi üzerine etkili olduğu ve kablosuz ağlarda maliyeti azalttığı belirtilmektedir [6].

Leeuwen, Moerman ve Demeester 2006 yılında yaptıkları "Location assisted fast vertical handover for UMTS/WLAN overlay networks" başlıklı çalışmada hareketli birimin konum bilgilerini kullanarak tahmine dayalı APACHE dikey hücreler arası geçiş protokolünü önermişlerdir [27]. Önerilen protokol ile, hareketlilik sonucu Evrensel Mobil Telekomünikasyon Sistemi ve Kablosuz Yerel Alan Ağı bütünleşmesi sonucu oluşan ağdaki, performans düşüklüğü sorununu çözmek amaçlanmaktadır.

Hareketli birimin Evrensel Mobil Telekomünikasyon Sistemi ağındaki düşük bant genişliğinden, yüksek bant genişliğine sahip Kablosuz Yerel Alan Ağı ağına geçmesi ile servis kalitesinin artacağı belirtilmektedir. Diğer tarafta önerilen protokol hızlı değilse, dikey hücreler arası geçiş işleminin gerçekleşmesi esnasında oluşacak paket kayıpları sistemin genel performansını olumsuz etkileyeceği vurgulanmaktadır. Önerilen APACHE protokolünde, hareketli birimin yer bilgilerine dayalı olarak gelecekte bağlantı kuracağı erişim noktası veya baz istasyonuna karar verildiği belirtilmektedir.

APACHE protokolünü, Evrensel Mobil Telekomünikasyon Sistemi ve Kablosuz Yerel Alan Ağı bütünleşmesi sonucu oluşan ağda üç tane gevşek, sıkı ve çok sıkı senaryolarında ağ benzetim programı ile uygulamışlardır. Yapılan uygulamalar sonucu, önerilen

protokolün hareketli birimlerin çıktılarını ve ağ performansını iyileştirdiğini belirtmektedirler [27].

Yaakob ve arkadaşlarının 2008 yılında yaptıkları "Investigating Mobile Motion Prediction in Supporting Seamless Handover for High Speed Mobile Node" başlıklı çalışmada çok hızlı yer değiştiren hareketli birimler için kesintisiz hücreler arası geçişi destekleyen mobil hareket tahmin tekniğini önermişlerdir. Hareketli kullanıcının hareket kayıtları ve modellerine dayalı hücreler arası geçiş tahmin tasarımları, her bireyin hareketinde belli bir miktar düzen olduğunu kabul etmektedir. Hareketli kullanıcının yer değiştirmelerini öncelikle günlük, haftalık ve aylık olarak kayıt etmişlerdir. Bu kayıtlardan sonra yer değiştirmeleri düzgün ve rastgele hareketler olarak gruplandırmış ve veri tabanına kayıt etmişlerdir. Kayıtlardan hareketle daha sonraki yer değiştirmesi tahmin edilmekte ve bir sonuca varılmaktadır.

Yapılan benzetimlerde mobil hareket tahmin tekniğinin, hızlı ağlardaki hücreler arası geçiş işlemindeki gecikme süresi ve paket kaybı sayıları dikkate alınmıştır. Sonuç olarak, yüksek hızlı kablosuz ağlarda hücreler arası geçiş işlemindeki gecikme ve paket kaybı oranını büyük ölçüde azalttığı belirtilmektedir. Ayrıca doğru tahminlerde bulunulmasının kablosuz ağların servis kalitesi ve kullanıcı memnuniyetini arttırdığı vurgulanmaktadır [25].

Hareketli kullanıcının hareket kayıtları ve modellerine dayalı hücreler arası geçiş tahmin tasarımlarının değerlendirilmesi sonucu ağ performansını ve kablosuz ağların servis kalitesini arttırdığı görülmektedir. Ayrıca hücre rezervasyonu yapan tasarımlardan daha iyi performans gösterdiği ve ağ maliyetlerini düşürdüğü yapılan çalışmalarda tespit edilmiştir.

2.3. Hareketli Kullanıcı Aktivitelerine Dayalı Hücreler Arası Geçiş Tahmin Tasarımları

Literatürde, hareket halindeki kullanıcının günlük aktivitelerini dikkate alarak hücreler arası geçiş işlemini gerçekleştiren tahmin tasarımları da yer almaktadır. Bu tasarımlarda hareketli kullanıcının gün içerisindeki aktiviteleri dikkate alınmıştır.

Mathivaruni ve Vaidehi 2008 yılında yaptıkları "An Activity Based Mobility Prediction Strategy Using Markov Modeling for Wireless Networks" başlıklı çalışmada, hareketli kullanıcının aktivite kayıtlarına dayalı bir tasarım önermişlerdir. Önerilen tasarımda hücreler arası geçiş tahmini Markov modeli ile birleştirilerek, hareketli birimin gelecekteki konumunun tahmini önerilmektedir. Bu tasarımda bilgilerin elde edilmesi, depolanması ve değerlendirilmesine gerek yoktur. Bunun üstesinden aktivite modelleri ile gelinmektedir. Aktivite kayıtlarında hangi zaman diliminde hangi aktivitelerin gerçekleştirildiği saptanmıştır. Aktiviteler öncelikle soyut gruplara ayrıldıktan sonra kendi içlerinde meydana gelme

düzenlerine göre düzenli ve düzensiz olarak, daha sonra da ziyaret sürelerine göre kısa, orta ve uzun olarak sınıflandırılmaktadır.

Bir kullanıcı tarafından yapılan aktiviteler kılavuz ve konum aktivitesi olarak sınıflandırılmaktadır. Bir aktivitenin konum aktivitesi seçilmesi için t_{min} eşik değeri atanmaktadır. Belli bir konumda tanımlanan t_{min} eşik değerinden küçük olduğu sürece gerçekleştirdikleri aktiviteler konum aktiviteleridir. Kılavuz aktiviteleri ise konum aktivitesi meydana geldiğinde ve konumlar arasında fiziksel hareket oluşunca meydana gelen aktiviteler olarak tanımlanmaktadır. Kullanıcıların günlük faaliyetleri düzenli olarak gözlenmiş, süre ve sürekliliğine göre altı sınıfa ayrılmıştır. Ayrıca her gün 9 zaman dilimine ayrılıp aktiviteler izlenmiştir. Her zaman dilimi için kullanıcının izinden takip edilerek bir aktiviteden diğerine geçme ihtimali Markov zincir modeli ile tahmin edilmiştir. Markov zincir modeli $n+1$ 'inci gündeki mevcut aktiviteden yola çıkarak o günkü gelecek aktiviteyi tahmin etmektedir.

Hareketli birimin aktivitelerine dayalı mobil tahmini çalışmaları incelendiğinde bu çalışmaların hücreler arası geçiş yönetiminde, kaynak rezervasyonunda ve servisleri yeniden yapılandırma kullanılabileceği belirtilmektedir [28].

2.4. Hareketli Kullanıcının Hız ve Hareket Yönüne Dayalı Hücreler Arası Geçiş Tahmin Tasarımları

Hareketli birimin hız ve hareket yönüne dayalı hücreler arası geçiş tasarımları bir sonraki hücreyi tahmin ederek bu hücrede kesintisiz ve verimli hücreler arası geçişin gerçekleşmesini amaçlamaktadır.

Birje ve arkadaşları 2007 yılında yaptıkları "Prediction Based Handover for Multiclass Traffic in Wireless Mobile Networks: An agent based approach" başlıklı çalışmada, kablosuz mobil ağlarda hücreler arası geçiş işlemi için tahmin tabanlı ve ajan temelli bir yaklaşım önermişlerdir. Önerilen tasarımda, iki seçenek yer almaktadır. Bunlar yerel ve küresel hücreler arası geçiş olarak tanımlanmaktadır. Aynı mobil anahtarlama merkezine bağlı baz istasyonu kontrolörü arasındaki hücreler arası geçiş yerel hücreler arası geçiş olarak, farklı mobil anahtarlama merkezine bağlı baz istasyonu kontrolörü arasındaki hücreler arası geçiş küresel olarak tanımlanmaktadır.

Yerel hücreler arası geçişlerde gelecek baz istasyonu kontrolörü ajan işbirliği ile mobil anahtarlama merkezi kapsama alanından tahmin edilmektedir. Küresel hücreler arası geçiş de ise aday baz istasyonu, baz istasyonu kontrolörleri arasında farklı mobil anahtarlama merkezlerinden tahmin edilmektedir. Tahmin işlemi mobilin hız ve hareket yönünün temel alındığı belirtilmektedir. Tahmin işleminden sonra, hücreler arası geçiş için gerekli bant genişliği rezervasyonu yapılmaktadır. Önerilen tasarımın gelecekte aşağıda

belirtilen konuların çalışılması ile geliştirilebileceği belirtilmektedir. Bu konular mobil kullanıcının hızının doğru tahmin edilmesi, hareket yönünün doğru hesaplanması, kaynakların israf edilmeden rezerve olarak tutulması ve rezervasyon yapıldıktan sonra baz istasyonu kontrolöründeki arızaların giderilmesi olarak belirtilmektedir [29].

Inwhae ve Sungchan 2007 yılında yaptıkları "A Mobility-based Prediction Algorithm for Vertical Handover in Hybrid Wireless Networks" başlıklı çalışmada, hareketli birimin hızı ve hareketlilik düzeni kullanılarak hareketliliğe dayalı tahmin tasarımı önermişlerdir. Önerilen tasarım hibrit kablosuz ağlarda, dikey hücreler arası geçiş için aday ağı seçmeyi amaçlamaktadır. Hareketliliğe dayalı tahmin tasarımında, verimli hücreler arası geçiş işlemi iki adım yer almaktadır. Birinci adımda hareketli birimin bir hücreye doğru sinyal seviyesi artıyorsa hareketli birimin hücrenin merkezine doğru hareket etmesi beklenmektedir.

Görelî sinyal gücü sabit veya azalıyorsa, hareketli birimin o hücrenin sınırından geçmesi beklenmektedir ve bu hücredeki hücreler arası geçiş işlemi önemsenmemektedir. İkinci adımda hareketli birimin hızını beş farklı sınıfa ayırarak hücreler arası geçiş işlemindeki toplam gecikme süresi ile tahmini süreyi karşılaştırarak hücreler arası geçişin verimliliğine karar verilmektedir. OPNET benzetim programında yapılan benzetimler sonucu önerilen hareketliliğe dayalı tahmin tasarımının, hibrit kablosuz ağlarda gereksiz hücreler arası geçişi azalttığı belirtilmektedir [30].

Hareketli kullanıcının hız ve hareket yönüne dayalı hücreler arası geçiş tahmin tasarımları diğer tasarımlardan farklı olarak toplam gecikme süresi ile tahmini süreyi karşılaştırarak hücreler arası geçişin verimliliğini arttırmaktadır.

2.5. Kanal Rezervasyonuna Dayalı Hücreler Arası Geçiş Tahmin Tasarımları

Alan yazında tahmine dayalı tasarımlar ve bu tasarımlarda hareketli kullanıcının yol topolojisi veya hareket bilgisi kullanılarak hücreler arası geçiş işleminin gerçekleşeceği kanalı tahmin eden ve bu kanalı rezerve ederek geçiş işlemi kesintisiz ve verimli bir şekilde gerçekleştiren tasarımlar bulunmaktadır.

Kim ve Jung 2001 yılında yaptıkları "A Mobility Prediction Handover Algorithm for Effective Channel Assignment in Wireless ATM" başlıklı çalışmada, kablosuz senkron olmayan iletim biçimindeki ağlarda servis kalitesini garanti eden ve kanal atama işlemi verimli bir şekilde gerçekleştiren tahmine dayalı hücreler arası geçiş algoritmasını önermişlerdir. Literatürde kablosuz senkron olmayan iletim biçimindeki ağlar üzerine yapılan çalışmalar incelendiğinde, kablosuz alanlarda geniş bant genişliği kullanılarak iletişim ağını artırma konularına odaklanıldığını vurgulamaktadırlar.

Kablosuz senkron olmayan iletim biçimindeki ağlarda, hücrenin yarıçapı küçüldüğü için daha sık hücreler arası geçiş işleminin gerçekleştiğini belirtmektedirler. Sık tekrarlanan hücreler arası geçiş işleminde düşük servis kalitesi gözlenmektedir. Hücreler arası geçiş başarısız olursa iletişimin kesilmesine yol açmaktadır. Bu problemleri önlemek için önerilen algoritma kullanıcının hareketlilik düzenini dikkate almaktadır. Birçok kullanıcının sabit hareket düzeni olduğu varsayılarak kullanıcının hareket yolu tahmin edilip, hücreler arası geçiş işleminin gerçekleşeceği hücre tahmin edilip gerekli olan kanal rezerve edilmektedir.

Çalışmada iki şema yer almaktadır. Bunlar Tamamen Paylaşılan Şema ve Korunmalı Kanal Şemasıdır. Hücreler arası geçiş işlemi tahmin etmek mümkün olduğu için hücreler arası geçiş gerçekleşmeden önce hücre kanalı atanmaktadır. Hücreler arası geçiş işleminin gerçekleşmeme olasılığı Tamamen Paylaşılan Şema ile azaltılabileceğini vurgulamaktadırlar. Tahmin edilen hücreler arası geçiş işleminde kanalı önceden atamak mümkün olduğu için korunmalı kanalı çok fazla ayırılmasına gerek kalmamaktadır. Kanal Şeması ise tahmin edilmeden veya aniden oluşan hücreler arası geçiş işlemleri için kanal rezervasyonunda kullanılmaktadır. Korunmalı kanal azalınca kanalların verimli bir şekilde kullanılma olasılığı artacaktır. Çalışmada, kanalların verimli ve etkin bir şekilde kullanılması sayesinde hücreler arası geçiş işleminin sayısının da tahmin edilebileceği belirtilmektedir [31].

Khan ve Jun 2006 yılında yaptıkları "A New Handoff Ordering and Reduction Scheme Based on Road Topology Information" başlıklı çalışmada hareketli birimin konum bilgisi ve yörüngesini önceden tahmin ederek hücreler arası geçiş düzenleyen bir tasarım önermişlerdir. Mobil cihazların gelecekteki konumlarını doğru belirleme ve gelişmiş veri işleme tekniklerini kullanarak hareketlilik tahminleri yapılmaktadır. Bu tahminler yol topolojisine ve hareketli birimin gelen sinyal gücündeki değişimine dayanmaktadır.

Her hareketli birim önce hücreler arası geçiş işlemi ihtimalini ve baz istasyonunu hesaplamaktadır. Daha sonra bu bilgi baz istasyonları tarafından dinamik kaynak rezervasyonları için kullanılmaktadır. Çalışmanın gerçek zamanlı konum bilgileri ile hareketlilik tahminlerinin geçmişteki çalışmalarla karşılaştırıldığında, doğruluk ve farklı zamanlara adaptasyonları geliştirdiği tespit edilmiştir. Hızlı hareket halinde olan taşıtlardaki kullanıcılar için yol topoloji bilgisinin tahmin algoritmasında kullanılması sık gerçekleşen hücreler arası geçiş işleminde daha iyi sonuçlar verdiği belirtilmektedir. Nüfus yoğunluğu fazla olan şehirlerde bu algoritmanın uygulanabileceği önerilmektedir. Önerilen algorithmada, tüm hareketli birimler adına baz istasyonlarının hücreler arası geçiş işlemine karar vermesi hareketli birimlerin yükünü azaltmaktadır. Yapılan benzetimler sonucu hücre sınırlarındaki ping pong etkisini azaltılarak toplam hücreler arası geçiş sayısının azaldığı gözlenmiştir [6].

Ping pong etkisi sinyal dalgalanmalarından meydana gelebilecek gereksiz hücreler arası geçiş işlemleri olarak tanımlanmaktadır [32].

Soh ve Kim 2006 yılında yaptıkları "A Predictive Bandwidth Reservation Scheme Using Mobile Positioning and Road Topology Information" başlıklı çalışmada, hareketli kullanıcının pozisyonu ve yol topolojisini kullanarak bant genişliğini tahmin eden ve tahmin edilen bant genişliği kadar rezervasyonu gerçekleştiren bir tasarım önermişlerdir. Mobil konum teknolojilerindeki artan teknoloji ile kılavuz cihazları için tasarlanan dijital yol haritaları teknolojilerini birleştirerek tahmin tasarımları geliştirmişlerdir.

Önerilen tasarım tahmini bant genişliğini rezerve edip yukarıda adı geçen iki teknolojinin zamanında sunduğu fırsatları kullanmaktadır. Ayrıca bu tasarım birlikte gelen mobilin konum bilgilerine dayalı, düzensiz hücre sınırlarını ilk defa dikkate alan bir tahmin tasarımı olarak da göze çarpmaktadır. Bu tasarım iki parçadan oluşmaktadır. Mobil tahmin modülü, baz istasyonları tarafından üstlenilen tahmin görevini tanımlamaktadır. Her baz istasyonu, mobilin teslim süresini eşik süresi içinde yapabilecek dört tane tahmini periyot kullanmaktadır. Bu tahminler daha sonra dinamik bant genişliği rezervasyon parçası tarafından rezervasyonlarda kullanılmaktadır.

Bu tasarım diğer tasarımlardan farklı olduğu belirtilmektedir. Çünkü diğer tasarımlar da gelen teslim süresi tahminini kullanmaktadırlar. Bu tasarım ise gelen ve giden teslim süresini birlikte kullanan tek çalışmadır. Ayrıca gerçek zamanlı olarak da uygulanabileceği vurgulanmaktadır [33].

Ye ve arkadaşları 2006 yılında yaptıkları "Predictive channel reservation for handoff prioritization in wireless cellular networks" başlıklı çalışmada uyarlanabilen ön rezervasyon kanal tasarımını önermişlerdir. Hareketli birimin bir hücreden diğerine veya bir kanaldan diğer kanala geçmesinin beklenen bir davranış olduğu belirtilmektedir. Kanal rezervasyonuna dayanan tahmine yönelik tasarımlar, hareketli birimin bir sonraki hücreye veya kanala geçmeden önce o kanalı veya hücreyi gelecek hareketli birime tahsis etmektedirler.

Yapılan çalışmada belli bir süre sonra sistem performansının hatalı rezervasyonlar yüzünden düştüğü belirtilmektedir. İdeal ön rezervasyon alanının trafik yükü ve hareketli birimin hareket hızı ile ilişkili olduğu belirtilmektedir. Ön rezervasyon alanı artırılınca sistemin performansının (hücreler arası geçişin engellenme olasılığının azalması) arttığı belirtilmektedir. Bu yüzden çalışmada uyarlanabilen önceden kanal rezervasyonu yapan bir tasarım önerilmektedir. Yapılan diğer çalışmalardan farkı; hücreler arası geçiş işleminin gerçekleşme ihtimali yüksek olan kanalın rezervasyonu esnasında hareketli birimin yönü ve konumu dışında hedef hücreye doğru olan hızı da dikkate alınmaktadır.

Mobil birimin konum tespiti için konum teknolojileri kullanılarak mobil istasyonların yönünün doğru olarak tespiti hedeflenmiştir. Yapılan benzetimler sonucu uyarlanabilen kanal rezervasyonu algoritmasının diğer kanal rezervasyonu yapan çalışmalardan verimli olduğu belirtilmektedir [34].

Kanal rezervasyonuna dayalı hücreler arası geçiş tahmin tasarımları hareket tahmini ve yol topolojisi bilgilerini kullandığı görülmektedir. Bu tasarımların üstünlükleri olarak servis kalitesini garanti etmesi ve kanal atama işlemini sorunsuz bir şekilde gerçekleştirmesi gösterilebilir [35].

2. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, tahmine dayalı hücreler arası geçiş yönetimi ile ilgili araştırmalar detaylı bir şekilde incelenmiştir. Kullanıcılara sağladığı büyük kolaylıkların yanında halen çözüm bekleyen bazı sorunlara sahiptir. Kablosuz ağların tam anlamıyla, sorunsuz ve yaygın olarak kullanılmasının önündeki en önemli ve en temel sorun hücreler arası geçişin kesintisiz bir şekilde yapılamamasıdır. Hücreler arası geçiş işleminin başarısız olması, devam eden iletişimin sona ermesine yol açmaktadır. Bu da kablosuz ağların hizmet kalitesini düşürmektedir. Hücreler arası geçiş işleminin sorunsuz bir şekilde gerçekleşip gerçekleşmemesi, kullanıcı memnuniyetini etkileyen faktörlerin en başında gelmektedir. Hücreler arası geçiş işlemleri bu işlemleri gerçekleştirmek ve yönetmek için geliştirilen tasarımlarla mümkün olmaktadır.

Kablosuz ağlarda hareketlilik yönetimi içerisinde yer alan hareketlilik tahmini en önemli sorunlardan biridir. Ayrıca hareketlilik tahmini üzerinde çalışılması gereken ve keşfedilmesine ihtiyaç duyulan bir konudur.

Tahmine dayalı tasarımlarda, hücreler arası geçişin ne zaman, nerede ve nasıl en iyi şekilde gerçekleşebileceği tahmin edilerek hücreler arası geçiş için gerekli hazırlıklar yapılmaktadır.

Bu çalışmada, literatürde yer alan tahmine dayalı tasarımlar sınıflandırılmıştır. Bunlar bağlantı katmanını tetiklemesine dayalı, hareketli kullanıcının hareket kayıtlarına, aktivitelerine, hızına, hareket yönüne, kanal rezervasyonuna dayalı tahmin tasarımlardır. Çizelge 2'de hücreler arası geçiş işlemi tahmin tasarımlarının avantajları yer almaktadır.

Bağlantı Katmanına Bağlı	<ul style="list-style-type: none"> • Düşük yanlış tetikleme oranı • Düşük paket kayıpları • Yüksek tahmin değeri
Hareketli Kullanıcının Hareket Kayıtları ve Modellerine Dayalı	<ul style="list-style-type: none"> • Etkili kaynak yönetimi <ul style="list-style-type: none"> • Düşük maliyet • Ağ performansında iyileştirme
Hareketli Kullanıcı	<ul style="list-style-type: none"> • Kayıt tutmaya gerek yok

Aktivitelere Dayalı	Servisleri tekrar yapılandırılmada kullanışlı
Hareketli Kullanıcının Hız ve Hareket Yönüne Dayalı	<ul style="list-style-type: none"> • Verimlilik artışı • Gereksiz hücreler arası geçişi azaltma
Kanal Rezervasyonuna Dayalı	<ul style="list-style-type: none"> • Hücreler arası geçiş sayısını tahmin edebilme • Sorunsuz kanal atama işlemi • Servis kalitesi garantisi

Çizelge 2. Hücreler arası geçiş işlemi tahmin tasarımlarının avantajları

Yapılan çalışmalar incelendiğinde hareketli kullanıcının konum bilgilerine dayalı tahmin tasarımlarının sayısının az olduğu göze çarpmaktadır. Kablosuz ağlarda hareketli birimlerin yüksek servis kalitesi ve kesintisiz iletişim için konum bilgisinden yararlanılarak tahmine dayalı hareketlilik yönetimi gerçekleştirilecek protokollere ihtiyaç duyulduğu tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] Q. Zhou, W. Lv, S. Hu, J. Wang, "A Prediction-Based Handover Decision for Wireless Networks", **IEEE International Conference on Mobile Adhoc and Sensor Systems**, San Francisco, USA, 661-665, 2006.
- [2] E. Paik, Y. Choi, "Prediction-Based Fast Handoff for Mobile WLAN", **ICT 2003. 10th International Conference on Telecommunications**, Tahiti, French Polynesia, 748-753, 2003.
- [3] W. Vincent, S. Wong, V.C.M. Leung., "Location Management for Next-Generation Personal Communications Networks", **IEEE Network**, 18-24, 2000.
- [4] P. N. Pathirana, A.V. Savkin, S. Jha, "Robust Extended Kalman Filter Based Technique for Location Management in PCS Networks", **Computer Communications**, 27, 502-512, 2004.
- [5] S. Tabbane, "Evaluation of Handover Target Cell Determination Algorithms for Heterogeneous Cellular Environments", **Proceedings of 1997 IEEE International Conference on Communications**, Phoenix, AZ, 396-400, 1997.
- [6] I. Akyildiz, W. Wang, "The Predictive User Mobility Profile Framework for Wireless Multimedia Networks", **IEEE-ACM Transactions on Networking**, 12(6), 1021-1035, 2004.
- [7] I. Akyildiz, "A Dynamic Location Management Scheme for Next-Generation Multitier PCS Systems", **IEEE Transactions on Wireless Communications**, 1(1), 178-189, 2002.
- [8] B. Liang, Z. Haas, "Predictive Distance Based Mobility Management for Multi-Dimensional PCS Networks", **IEEE/ACM Transactions on Networking**, 11(5), 2003.
- [9] I. Akyildiz, J. Mcnair, J. Ho, H. Uzunalioglu, W. Wang, "Mobility Management in Next-Generation Wireless Systems", **Proceedings of the IEEE**, 87(8), 1347-1384, 1999.
- [10] C. Vong, V.C.M. Leung, "Location Management for Next-Generation Personal Communications Networks", **IEEE Network**, 14(5), 18-24, 2000.
- [11] T. Liu, P. Bahl, I. Chlamtac, "Mobility Modeling, Location Tracking, and Trajectory Prediction in Wireless ATM Networks", **IEEE Journal on Selected Areas in Communications**, 16(6), 922-936, 1998.
- [12] Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), Draft IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks: Media Independent Handover Services, IEEE P802.21/D02.00, 2006.
- [13] C. Fabini, R. Pailer, P. Reichl, "Location-based assisted handover for the IP Multimedia Subsystem", **Computer Communications**, 31, 2367-2380, 2008.

- [14] A. Sgora, D. Vergados, "Handoff Prioritization and Decision Schemes in Wireless Cellular Networks: a Survey", **IEEE Communications Surveys & Tutorials**, 11, 57-75 2009.
- [15] G. P. Pollini, "Trends in Handover Design", **IEEE Communications Magazine**, 2, 82-90, 1996.
- [16] G. Yavaş, D. Katsaros, Ö. Ulusoy, Y. Manolopoulos, "A Data Mining Approach for Location Prediction in Mobile Environments", **Data & Knowledge Engineering**, 54, 121-146, 2005.
- [17] N. D. Tripathi, J. H. Reed, H. F. Vanlandingham, "Handoff in Cellular Systems", **IEEE Personal Communications**, 2008.
- [18] R. C. Doss, A. Jennings and N. Shenoy, "Mobility Prediction for seamless mobility in wireless network", **Proceeding**, Melbourne, Australia.
- [19] S. Venkatachalaiah, **Mobility Prediction and Multicasting in Wireless Networks: Performance and Analysis**, Doctorate Thesis, RMIT University, Australia, 2006.
- [20] S. F. Chien, H. Liu, A. Low, C. Maciocco, Y.L. Ho, "Smart Predictive Trigger for Effective Handover in Wireless Networks", **Proceedings of ICC**, 1(13), 2175-281, 2008.
- [21] M. Yang, K. Jung, A. Park, S. Kim, "Definitive Link Layer Triggers for Predictive Handover Optimization", **3G Evolution Mobile Terminal**, 404-438, 2005.
- [22] J. Park, Y. Lim, "A Handover Prediction Model and its Application to Link Layer Triggers for Fast Handover", **Wireless Pers Community**, 2008.
- [23] A. Weyland, **Mobile-Controlled Handover in Wireless LANs**, Doktora Tezi, Bilgisayar Bilimleri ve Uygulamalı Matematik Enstitüsü, Bern Üniversitesi, İsviçre, 2001.
- [24] S. J. Yoo, D. Cypher, N. Golmie., "Predictive Link Trigger Mechanism for Seamless Handovers in Heterogeneous Wireless Networks", **Wireless Communications & Mobile Computing**, 9(5), 685-703, 2009.
- [25] N. Yaaakob, F. Anwar, Z. Suryad, A. H. Abdalla., "Investigating Mobile Motion Prediction in Supporting Seamless Handover for High Speed Mobile Node", **Proceedings of the International Conference on Computer and Communication Engineering**, 1-3, 1260-1263, 2008.
- [26] F. Yu, V. Leung, "Mobility-Based Predictive Call Admission Control and Bandwidth Reservation in Wireless Cellular Networks" **Computer Networks**, 38(5), 577-589, 2001.
- [27] V. Leeuwen, I. Moerman, P. Demeester, "Location Assisted Fast Vertical Handover for UMTS/WLAN Overlay Networks", **Proceedings of 3rd International Conference on Wired/Wireless Internet Communications**, 29(13-14), 2601-2611, 2006.
- [28] R. V. Mathivaruni, V. Vaidehi, "An Activity Based Mobility Prediction Strategy Using Markov Modeling for Wireless Networks", **Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science**, San Francisco, USA, 379-384, 2008.
- [29] M. N. Birje, S. S. Manvi, M. S. Kakkasageri, S. V. Saboji, "Prediction Based Handover for Multiclass Traffic in Wireless Mobile Networks: An Agent Based Approach", **International Conference on Information and Communications Security**, Barcelona, Spain, 17-25, 2007.
- [30] J. Inwhae, H. Sunghan., "A Mobility-Based Prediction Algorithm for Vertical Handover in Hybrid Wireless Networks", **Proceedings of 2nd IEEE/IFIP International Workshop on Broadband Convergence Networks**, Munich, Germany, 219-223, 2007.
- [31] H. Kim, J. Jung, "A Mobility Prediction Handover Algorithm for Effective Channel Assignment in Wireless ATM", **Proceedings of IEEE Global Telecommunications Conference**, 1-6, 3673-3680, 2001.
- [32] A. N. Khan, S. X. Jun, "A New Handoff Ordering and Reduction Scheme Based on Road Topology Information", **Proceedings of IEEE International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing**, San Francisco, USA, 1459-1462, 2006.
- [33] W. Soh, H. S. Kim, "A Predictive Bandwidth Reservation Scheme Using Mobile Positioning and Road Topology Information", **IEEE/ACM Transactions on Networking**, 14(5), 2006.
- [34] Z. Ye, L. Law, S. Krishnamurthy, Z. Xu, S. Dhirajaosal, S. Tripathi, M. Molle, "Predictive Channel Reservation for Handoff Prioritization in Wireless Cellular Networks", **Computer Networks**, 51, 798-822, 2007.

- [35] T. Liu, P. Bahl, I. Chlamtac, "Mobility Modeling, Location Tracking, and Trajectory Prediction in Wireless ATM Networks", **IEEE Journal on Selected Areas in Communications**,16(6), 1999.