

HANDOVER MANAGEMENT ALGORITHMS IN LEO SATELLITE  
COMMUNICATION NETWORKS

by

Ayşegül Tüysüz

B.S., Computer Science Engineering, Yeditepe University, 2004

Submitted to the Institute for Graduate Studies in  
Science and Engineering in partial fulfillment of  
the requirements for the degree of  
Master of Science

Graduate Program in FBE Program for which the Thesis is Submitted  
Boğaziçi University

2006

## ABSTRACT

# HANDOVER MANAGEMENT ALGORITHMS IN LEO SATELLITE COMMUNICATION NETWORKS

Since Low Earth Orbit (LEO) satellite constellations have important advantages over Geosynchronous Earth Orbit (GEO) satellite systems such as low propagation delay, low power requirements and more efficient spectrum allocation due to frequency reuse between satellites and spotbeams, they are considered to be used to complement the existing terrestrial fixed and wireless networks in the evolving global mobile network. However, one of the major problems with LEO satellites is their higher speed relative to the terrestrial mobile terminals, which move at lower speeds but at more random directions. Therefore, handover management in LEO satellite networks becomes a very challenging task for supporting global mobile communication. Efficient and accurate methods are needed for LEO satellite handovers between the moving footprints. The main concern is providing a reliable service to the user that prevents a communication from being dropped due to a handover.

Currently, there are many studies dealing with the problems of handover management issues in LEO satellite communication networks. Related work in this area focuses on the development of new mobility management architectures as well as improving the handover decision mechanisms to quickly and accurately trigger handovers. The thesis discusses only the basic handover management schemes used in LEO satellite networks and points out their drawbacks. Handover decision schemes are not covered by this thesis. The thesis also includes a survey of recent handover management protocols proposed for LEO satellites.

By taking into consideration the inconvenience and incompleteness of the current proposals in literature, this thesis proposes two new mobility management schemes for

LEO satellite communication networks.

The first one focuses on a new Seamless Handover Management Scheme for LEO Satellites (SeaHO-LEO), which utilizes the handover management protocols aiming at decreasing latency, data loss, and handover blocking probability. To show the performance of the proposed algorithm, an extensive set of simulations both for the proposed algorithm and well known handover management methods is run as a baseline model. The simulation results show that the proposed algorithm is very promising for seamless handover especially in highly crowded networks.

In addition to this, another interesting handover management model called Satellite Mobility Pattern Based Handover Management in LEO Satellites (PatHO-LEO) which takes mobility pattern of both satellites and mobile terminals into consideration to minimize the handover messaging traffic is presented in this thesis. Minimization of handover messaging traffic is achieved by the newly introduced Billboard Manager which is used for location updates of mobile users and satellites. The Billboard Manager makes the proposed handover model much more flexible and easier than the current solutions, since its central characteristic supports the manageability of the whole system. The analytical work done for this evaluation shows that the proposed PatHO-LEO architecture has a significantly lower mobility management cost.

## ÖZET

# LEO UYDUSU İLETİŞİM AĞLARI İÇİN YENİ ELDEĞİŞTİRME YÖNETİMİ ALGORİTMALARI

Düşük-Yer Yörüngesi uydu sistemleri, evrensel gezgin ağların gelişiminde var olan karasal sabit ve telsiz ağların tamamlayıcısı olarak düşünülmektedirler çünkü Düşük-Yer Yörüngesi uydu sistemleri Yer ile Eş zamanlı Yörünge uydu sistemlerine kıyasla düşük yayılım gecikmesi, düşük güç gereksinimleri gibi önemli getirilere sahiptirler. Ancak, Düşük-Yer Yörüngesi uyduları ile ilgili başlıca sorunlardan biri bu uyduların düşük hızla fakat daha rasgele yönlere hareket eden karasal gezgin terminallere nispeten daha yüksek hızda hareket etmeleridir. Bundan dolayı evrensel mobil iletişimi geliştirme amacı ile yola çıkıldığında, Düşük-Yer Yörüngesi uydu sistemlerinde meydana gelen uydular arası eldeğıştirmelerin yönetimini sağlayabilmek oldukça uğraştırıcı bir iş haline gelmiştir. Düşük-Yer Yörüngesi uydularının yayınlarının etkili olduğu yeryüzü alanları arasında gerçekleşen eldeğıştirmelerin idaresi için etkili ve eksiksiz metodlar gerekmektedir. Bu konudaki temel endişe son kullanıcılara eldeğıştirmelerin sebep olabileceği kesintilere karşı güvenilir bir servis sağlayabilmektir.

Günümüzde Düşük-Yer Yörüngesi uyduları arasında gerçekleşen eldeğıştirmeler esnasında karşılaşılan problemlerle başa çıkabilmek için çeşitli çalışmalar mevcuttur. Bu konuda yapılan çalışmalar, yeni hareket yönetim sistemlerinin tasarlanmasına ve eldeğıştirme sürecindeki karar verme aşamasının eldeğıştirmeleri hızlı ve doğru bir şekilde tetikleyecek yönde geliştirmeye odaklanmıştır. Bu tez çalışması, şu ana kadar Düşük-Yer Yörüngesi uydu ağları için önerilen eldeğıştirme sistemlerini irdelemekte ve bu sistemlerin eksiklerini ortaya çıkarmaktadır. Eldeğıştirme sürecindeki karar verme aşaması bu tez çalışmasının içeriğinde yer almaz. Bu tez ayrıca yakın zamanda Düşük-Yer Yörüngesi uyduları için önerilen eldeğıştirme yönetimi modellerinin bir araştırması niteliğini taşır.

Bunlarla beraber, bu tez çalışması kapsamında, incelenen sistemlerin eksiklik ve sakıncaları gözönüne alınarak Düşük-Yer Yörüngesi uydu iletişim ağları için iki yeni Eldeğiştirme Yönetim Sistemi önerilmektedir.

Önerilen ilk model Düşük-Yer Yörüngesi uyduları için eldeğiştirme esnasındaki bekleme süresini, veri kaybını ve eldeğiştirmenin bloklanma olasılığını düşürmeyi hedefleyen kısaca SeaHO-LEO olarak adlandırılan yeni bir Eldeğiştirme Yönetim Sistemi üzerine yoğunlaşmaktadır. Önerilen modelin performansını değerlendirebilmek için bilinen hareket yönetimi modelleri ile karşılaştırmalı ve kapsamlı bir dizi simülasyon gerçekleştirilmiştir. Simülasyon sonuçları önerilen eldeğiştirme modelinin özellikle çok kalabalık ağlar için umut verici olduğunu göstermektedir.

Ayrıca, PatHO-LEO olarak adlandırılan, uyduların ve gezgin terminallerin seyir şablonlarını gözönüne alarak eldeğiştirme sırasında oluşan mesajlaşma trafiğini en aza indirmeyi amaçlayan bir başka Eldeğiştirme Yönetim Modeli de bu tezde sunulmaktadır. Eldeğiştirme sırasında oluşan mesajlaşma trafiğinin en aza indirgenmesi, gezgin kullanıcıların ve uyduların konum değişikliklerini bildirebilecekleri yeni merkezi bir Konum Bildirim Yöneticisi'nin (*Billboard Manager*) tasarlanması ile sağlanmıştır. Bu yeni merkezi Konum Bildirim Yöneticisi önerilen modelin var olan sistemlere kıyasla daha da esnek olmasını ve kolay idare edilebilir olmasını sağlamaktadır. Bu model ile ilgili yapılan analitik çalışma PatHO-LEO mimarisinin oldukça düşük bir hareket yönetim maliyetinin olduğunu göstermiştir.