

HANDOVERS IN WIRELESS OVERLAY NETWORKS

by

Meltem Yıldırım

B.S. in Computer Engineering, Istanbul Technical 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 Computer Engineering

Boğaziçi University

2006

## ABSTRACT

### HANDOVERS IN WIRELESS OVERLAY NETWORKS

Wireless Overlay Networks (WONs) are multi-layer networks in which mobile nodes (MNs) move freely within cells of the same overlay or between cells of different overlays. Such a structure provides global access to MNs regardless of time and location. In spite of their advantages, WONs pose many challenges due to the simultaneous existence of *horizontal* handovers between cells of the same wireless network and *vertical* handovers between different overlay networks. Minimizing power drain, handover latency, overhead due to extra messaging during handovers, eliminating the number of unnecessary handovers and maximizing throughput are some of these challenges. While dealing with all this, end users should be isolated from making additional configurations and handovers should be performed seamlessly. Thus, an efficient mobility management system achieving all these goals needs to be built for the WON architecture.

Currently, there are many efforts in dealing with the problems mentioned above. Related work in this area focuses on the development of new mobility management architectures as well as improving the handover decision phase to quickly and accurately trigger handovers without triggering any unnecessary ones. The thesis includes a survey of present handover schemes proposed for WONs and points out their drawbacks. Then, by taking into consideration the drawbacks and incompleteness of the current schemes in literature, this thesis proposes a new mobility management scheme for WONs. The proposed scheme divides into two main parts.

The first part covers the problem of horizontal handovers and presents a solution which reduces latency as much as possible. The proposed model also deals with

oscillations as MNs moves back and forth between two *Access Routers (ARs)*. The simulation results show that the proposed horizontal handover model reduces latency significantly especially in highly crowded subnets at the expense of slightly increased overhead.

The second part covers the problem of vertical handovers. This scheme integrates a *Handover Decision Manager (HDM)* to detect network condition changes in a timely and accurate manner, and a *Subnet Agent (SA)* to maintain the connection and manage handovers. The proposed HDM algorithm considers many factors such as the candidate networks' cost, coverage, data rate and traffic load. The algorithm gives accurate and timely decisions and considerably decreases MNs' power consumption at the expense of slightly increased complexity. The simulations, which compare the proposed HDM scheme with two-level thresholding and utility-based schemes, show that the number of unnecessary handovers and MNs' power consumption are decreased considerably while MNs' throughput is not significantly affected by the proposed algorithm. Meanwhile, the novel SA-based architecture brings a new signaling flow for downward and upward vertical handovers. The performance of the architecture is evaluated by comparing its signaling flow with that of the two latest architectures in literature. The analytical work done for this evaluation shows that the proposed SA-based architecture has a significantly lower overhead and an acceptable latency.

## ÖZET

# KABLOSUZ ÜSTÜNE BİNDİRMELİ AĞLARDA ELDEĞİŞTİRMELER

*Kablosuz Üstüne Bindirmeli Ağlar (Wireless Overlay Network - WON)*, mobil düğümlerin içinde yatay veya dikey eldeğıştirmeler yaparak serbestçe dolaşabildiğı çok katmanlı ağlardır. Bu sayede, mobil kullanıcının konumuna ve sahip olduğı yerel kablosuz bağlantıya göre mümkün olan en iyi bağlanabilirlik sağlanmış olur. Sağladığı yararların yanısıra, bir WON birçok problemi de beraberinde getirir. Bu problemler hem aynı kablosuz ağın hücreleri arasında gerçekleşen *yatay* eldeğıştirmeler, hem de farklı katmanlardaki ağlar arasında gerçekleşen *dikey* eldeğıştirmeler yüzünden kaynaklanmaktadır. Enerji tüketimini, eldeğıştirme gecikmesini, eldeğıştirme sırasında yapılan mesajlaşmayı en aza indirmek, gereksiz eldeğıştirmeleri engellemek ve ağda dolaşan veri hacmini mümkün olduğı kadar arttırmak bu problemlerden bazılarıdır. Ayrıca, tüm bu problemlerle başa çıkarken, son kullanıcıların mobil cihazlarında ekstra ayarlar yapması gerekmemeli ve eldeğıştirmeler son kullanıcının kesintisiz iletişimini etkilememelidir. Kısacası, bir WON için tüm bu problemlerin üstesinden gelebilecek etkili bir *Hareket Yönetim Sistemi* gerekmektedir.

Şu anki durumda, yukarıdaki problemlerle başa çıkabilmek için çeşitli çabalar mevcuttur. Bu konuda yapılan çalışmalar, yeni hareket yönetim sistemlerinin tasarlanmasına ve eldeğıştirme sürecindeki karar verme aşamasının eldeğıştirmeleri hızlı ve doğru bir şekilde tetikleyecek yönde iyileştirilmesine odaklanmıştır. Bu tez çalışması, şu ana kadar WON için önerilen yatay ve dikey eldeğıştirme sistemlerini incelemekte ve bu sistemlerin eksiklerini ortaya çıkarmaktadır. Daha sonra, incelenen sistemlerin eksiklik ve sakıncaları göz önüne alınarak WON yapısı için yeni bir Hareket Yönetim

Sistemi önerilmektedir. Mobil kullanıcıların kablosuz üstüne bindirmeli ağlar arasında serbestçe dolaşabilmesini sağlayan bu yeni sistem iki ana bölümden oluşmaktadır.

Birinci bölüm yatay eldeğiştirmeleri kapsamakta ve eldeğiştirme gecikmesini azaltacak bir çözüml sunmaktadır. Ayrıca, önerilen bu model mobil kullanıcıların iki yönlendirici (Access Router - AR) arasında ileri geri hareket etmesiyle oluşabilecek sinyal seviyesindeki salınımları gözardı ederek gereksiz eldeğiştirmeleri de engellemektedir. Simülasyon sonuçları önerilen yatay eldeğiştirme modelinin özellikle çok kalabalık ağlarda eldeğiştirme gecikmesini önemli ölçüde düşürdüğünü göstermektedir.

İkinci bölüm ise dikey eldeğiştirmeleri kapsamaktadır. Bu model, eldeğiştirme tetiklenmelerine yerinde ve zamanında karar verecek şekilde tasarlanmış *Eldeğiştirme Karar Yöneticisi (Handover Decision Manager - HDM)* ile eldeğiştirme sırasında kullanıcının iletişiminin kesintiye uğramasına engel olan *Alt Ağ Temsilcisi (Subnet Agent - SA)* bileşenlerinden oluşmaktadır. Ayrıca, bu çalışmada, her mobil iletişim cihazına yerleştirilmesi önerilen HDM bileşeni için yeni bir algoritma da sunulmaktadır. HDM algoritması aday ağların maliyeti, kapsama alanı, veri hızı, yükü gibi birçok etmeni gözönünde bulundurmaktadır. Algoritma doğru ve zamanında eldeğiştirme kararları vererek mobil cihazın enerji tüketimini büyük ölçüde azaltmaktadır. Önerilen algoritmayı İki Seviyeli Eşik Sistemi (two-level thresholding) ve Fayda-Odaklı Sistem (utility-based) ile karşılaştıran simülasyonlar sonucunda, gereksiz eldeğiştirmelerin ve mobil cihazdaki enerji tüketiminin azaldığı, buna karşın veri hacminin önemli ölçüde etkilenmediği görülmektedir. Son olarak, yeni SA tabanlı mimari yukarı ve aşağı yöndeki eldeğiştirmeler için farklı mesajlaşmalar önermektedir. Önerilen mesaj akışları, son yıllarda önerilen iki yeni mimarinin mesaj akışlarıyla karşılaştırıldığında SA tabanlı mimarinin kabul edilebilir bir eldeğiştirme gecikmesine sahip olduğu ve mesaj trafiğini önemli ölçüde azalttığı da görülmektedir.