Yinelemeli Öğrenme ile Bilişsel Radyo Ağlarında Enerji Verimliliği

Mehmet Emre[1], Gürkan Gür[2], Suzan Bayhan[3], Fatih Alagöz[1]

[1] Boğaziçi Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Bebek, İstanbul, Turkiye

[2] Provus – A MasterCard Company, Ayazağa, İstanbul, Turkiye

[3] Helsinki Üniversitesi, Bilgisayar Bilimleri Bölümü, Helsinki, Finlandiya.

mehmet.emre@boun.edu.tr, gurkan_gur@mastercard.com, fatih.alagoz@boun.edu.tr, bayhan@hiit.fi

Özet: Bilişsel Radyo (BR) araştırmaları dinamik spektrum erişimi üzerine kurulu bu teknolojinin radyo spektrum verimliliğini önemli bir ölçüde arttırdığını göstermektedir. Buna karşın, özellikle yoğun ortam dinlemesine bağlı olarak ortaya çıkan enerji tüketimi ve BR'ların enerji verimliliği henüz tamamıyla incelenmiş değildir. BR ortam duyarlılığı, ortama uyum sağlama ve bilişsel işlevleri nedeniyle yeni nesil akıllı ağların temel parçalarından biri olarak görülmektedir. Lakin, trafik algılama, kanal değiştirme ve ileri seviye bilgi işleme gibi bilişsel süreçleri gerçekleştirebilmek için BR'lar mobil cihazlarda kısıtlı olan yüksek kapasiteli pillere ihtiyaç duymaktadırlar. Ayrıca operatör açısından düşünüldüğünde, enerji masrafları mobil operatör masraflarının büyük (%20-%30 arasında) bir kısmını oluşturmaktadır. Son kullanıcının bakış açısına göre ise enerji verimliliği daha uzun pil ömrü demek olduğundan önemli bir faktördür. Bu bildiride dinamik bir ortamda, ön bilgi olmaksızın, ana kullanıcı kanallarını kullanarak ve bir iletim hızı kısıtına uyarak enerji verimliliğini eniyilemeye çalışan bir BR'yu ele alıyoruz. Bu çalışmada BR'nun içinde bulunduğu ortamı öğrenmesi ve bu ortama uyum sağlayarak enerji verimliliğini eniyilemesi için bir yinelemeli öğrenme şeması sunuyoruz. Ayrıca ana kullanıcı frekansları arası geçişin zaman ve enerji maliyetini de verimsiz BR donanımı için önemli bir etmen olabileceği için hesaba katıyoruz.

Çözümümüz, iletişim hızı açısından iletişim hızını eniyileyen açgözlü bir algoritmaya yakın bir performans elde ediyor. Ayrıca, algoritmamız rastgele kanal seçen algoritmaya yakın bir enerji verimliliğiyle başlamasına rağmen içinde bulunduğu ortamı öğrenerek zamanla enerji verimliliğini iyileştiriyor. Ayrıca, algoritmanın parametrelerinden tampon bellek seviyelerinin sayısının artması verimliliği artırmasına rağmen iletim hızının varyansını da artırdığını gözlemledik. Gelecek çalışma olarak birden fazla BR'nun bulunduğu ortamlarda işbirlikli Q-öğrenme algoritmasını temel alan bir algoritma tasarlamayı ve işbirlikli öğrenmenin öğrenme verişi iletimi maliyetini sağladığı kazançla karşılaştırmayı planlıyoruz.

Anahtar Sözcükler: Bilişsel Radyo, Enerji Verimliliği, Yinelemeli Öğrenme, Kanal Algılama ve Erişimi, Çevre Dostu İletişim, Mobil Ağlar.

Energy Efficiency in Cognitive Radio Networks via Reinforcement Learning

Abstract: Cognitive Radio (CR) research has shown that this technology based on dynamic spectrum access increases radio spectrum efficiency. However, energy consumption due to frequent environment sensing and energy efficiency aspect of CR is yet to be explored. CR is often seen as the most fundamental part of next generation smart networks due to their environment-aware, adaptive and cognitive functionalities. However, CRs require powerful battery equipment which is constrained on mobile devices to handle cognitive operations like sensing, switching, and advanced information processing. Moreover, energy expenditure is a significant fraction (20 or 30 percent) of total mobile operator expenditures. From the view of

end-user experience, energy efficiency will lead to longer battery lives on mobile devices, which is an important factor for end-user satisfaction. In this paper, we consider a CR that aims to utilize PU channels with maximum energy efficiency while satisfying a throughput constraint in a dynamic environment with no a priori information. In our work, we propose a reinforcement learning scheme to let CR learn and adapt to the environment they are in. In addition, we incorporate the cost of switching between PU channel frequencies in our model which may be a dominant factor with inefficient CR hardware.

Our solution achieves a throughput closer to the throughput-maximizing greedy algorithm. Although our algorithm starts with energy efficiency closer to the random algorithm, it increases its energy efficiency over time by learning and adapting to the environment. Moreover, we observe that as the buffer capacity in our system increases, both energy efficiency and throughput variance of our algorithm increase. We are planning to design a cooperative Q-learning based algorithm targeting environments with multiple CRs and to compare the gain of cooperative learning with communication overhead.

Keywords: Cognitive Radio, Energy Efficiency, Reinforcement Learning, Channel Sensing and Access, Green Communications, Mobile Networks.