

Uyuma Çizelgesi ve Çerçeve Hızının Görüntülü Algılayıcı Ağların Başarımına Etkisi

Atay ÖZGÖVDE, İlker DEMİRKOL, Cem ERSOY

Boğaziçi Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü
{ozgovde,ilker,ersoy}@boun.edu.tr

Özet: Bu çalışmada Telsiz Algılayıcı Ağ (TAA) ailesinin yeni üyesi Görüntülü Algılayıcı Ağlar (GAA) uyuma çizelgesi ve çerçeve üretim hızının genel başarımına etkisi araştırılmıştır. Çerçeve üretim hızının yükseltilmesi ağın servis verdiği tanıma veya hedef izleme uygulamasının daha başarılı çalışmasını sağlamasına rağmen artan trafik miktarı uyuma çizelgesi tarafından belirlenen çalışma oranı ile birleşince ağdan başarıyla geçirilen çerçeve miktarında belirli bir eşik değerinden sonra düşüslere yol açmaktadır. Paket seviyesi gerçekçiliğinde yapılan detaylı benzetimler ile bu etki incelenmiştir.

Anahtar Sözcükler: Telsiz Algılayıcı Ağlar, Görüntülü Algılayıcı Ağlar, Uyuma Çizelgesi, Çerçeve Hızı.

Effect of Sleep Schedule and Frame Rate On The Performance of Video Sensor Networks

Abstract: In this work, the performance of Video Sensor Networks (VSNs) which are the new member of Wireless Sensor Networks (WSNs) family is studied as a function of sleep schedule and frame rate. Increasing the frame rate results in more accurate data for the detection or tracking application that the VSN is serving, however the increased traffic load when combined with the effect of the sleep schedule results in reduction in the number of successfully delivered frames after a threshold value for frame rate. This phenomenon is studied with packet level realistic simulations.

Keywords: Wireless Sensor Networks, Video Sensor Networks, Sleep Schedule, Frame Rate.

1. Giriş

Görüntülü Algılayıcı Ağlar (GAA), genel Telsiz Algılayıcı Ağlardan (TAA) üzerilerinde taşıdıkları çeşitli hızlarda veri akışları ve ilgili hizmet niteliği (QoS) gereksinimleri ile farklılaşırlar. Geleneksel TAA tasarımlarında çoğunlukla sayıl (skalar) tipdeki verilerin merkez alıcıya iletilmesi temelinde eniyileme hedef alınmıştır. Bu bağlamda daha önceden önerilen TAA protokolleri GAAlara özel tasarımlarda en iyi sonuçları 'vermeyebilirler. Ağda oluşturulan görüntü katarları sayıl verile-

re göre çok daha yüksek bantgenişliği ihtiyacı doğurmaktadır. Ayrıca doğası gereği görüntü veri akışlarının daha keskin gecikme kısıtları olabilmektedir. Bunun yanında iletilen görüntünün birim boyutu çerçeve iken, ağda dolaşan verinin birim boyutunun paket olması da başarılı iletimin tanımını çoklamaktadır. Düşük trafik hızlı görüntü katarı üretmek için kullanılan kodlama tekniklerinin çerçevelerarası kodlamaya dayanması ve bu cins kodlamanın görüntüyü üreten algılayıcı düğümde gerçekleştirilmesinin kısıtlı donanım yüzünden mümkün gözükmemesi [1] sebebiyle bu çalışmada çerçeveçi kodlama varsayılmıştır. Bu durumda üretilen ardışık imgelerin merkeze iletilirken

¹ Bu çalışma 106E082 kodlu TÜBİTAK projesi tarafından desteklenmiştir.

hedef izleme, ve/veya tanıma için kullanılabilmesi için belli bir oranının başarılı olarak merkez düğüme iletilmesi gerekmektedir.

TAA'ların enerji verimini arttırmak için düğümlerin belirli bir çizelgeye göre uykuya yatırılıp uyandırılması kullanılan bir yöntemdir [2]. Sayıl veri tipinde trafik için tasarlanmış TAA'larda uyuma zamanlarının artırılarak, çalışma oranlarının (duty cycle) düşürülmesi artan gecikme pahasına kazanılan enerji verimi olarak kendini göstermiştir. Ancak bu çalışmada GAA'larda çalışma oranıyla oynanmasının sadece gecikmeyi değil aynı zamanda ağdan geçebilen genel veri trafiğinin miktarını (throughput) da etkilediği gözlenmiştir ki bu da doğrudan uygulamanın hedef tanıma veya izleme başarımını etkilemektedir.

2. Sistem Modeli ve Benzetim Değişkenleri

Bu çalışmada araştırılan etkiler benzetim deneyleri ile gösterilmeye çalışılmıştır. Benzetim aracı olarak OPNET [3] yazılımı kullanılarak paket seviyesinde güncel donanım ve ağ yazılımının gerçekçi olarak yansıtıldığı benzetimler koşulmuştur. Ağdaki düğümlerin basit görüntü algılama birimleri ile donandıkları ve sıkıştırılmış resim verisi oluşturabildikleri varsayılmıştır [4-5]. Bu tip donanımlarda oluşturulan ham görüntünün biçimi yazılım kontrolünde değiştirilebilmektedir. Bu çalışmada SQCIF (128x96) biçimi kullanılmıştır. Görüntü birimi çerçeveiç kodlama kullanarak imge boyutunu 10Kbit'e düşürmektedir. Görüntü kodlaması olarak öngörücü kodlama (predictive encoding) kullanılması daha düşük imge boyutlarını mümkün kılıyor olsa da kaynakta karşılaşılan karmaşıklık sebebiyle bu tip kodlamaları algılayıcı düğümlerde gerçekleştirmek olanaksız durmaktadır [6]. Dağıtık Kaynak Kodlaması kabul edilebilir karmaşıklık ile çerçevelerarası veri artıklığından faydalanabilmesi açısından GAA'lar için umut vaadeden bir alternatif olmasına rağmen henüz bilinen pratik örnek-

lerinin yokluğu sebebiyle bu çalışmada JPEG sıkıştırması kullanılmıştır. Kullanılan görüntü algılayıcıların üretebildikleri çerçeve hızı hem sisteme verilen trafik yükünü hem de uygulamanın hedef tanıma ve/veya izleme başarımını doğrudan etkilemektedir. Çerçeve hızı yazılım ile değiştirilebilir olup bu çalışmada saniyede 1 ile 12 arasında değişen çerçeve üretim hızları ile benzetim deneyleri gerçekleştirilmiştir. Trafik modeli olarak olay tetikli veri üretimi temel alınmış ve görüntü verisinin ancak hedefin görüntü algılayıcıların menziline girmesiyle üretilmeye başlandığı varsayılmıştır. Kameralarda bulunan arka plan eşiği özelliği ile bu durum kolayca gerçekleştirilebilmektedir. Buna göre optik birimler ancak algıladıkları görüntülerde bir öncekine göre belirli bir eşik değerini geçen fark oluştuğunda görüntü verisi üretmeye başlamaktadır. Benzetimlerde algılama menzili 30m ve algılama açısı 52 derece kabul edilmiştir. Diğer önemli benzetim değişkenleri Tablo 1'de gösterilmiştir. Veriler merkez düğüme çok hoplamalı olarak iletilmektedir ve iletişim protokolleri olarak SMAC [8] (Ortam Erişim Kontrol protokolü) ve GPSR [7] (Yönlendirme protokolü) kullanılmıştır.

Değişken	Değer
Gözetim Alanı	400 x 400 m ²
Ağ boyutu	60 Düğüm
Yerleştirme biçimi	Birbiçimli rasgele
Görüntü çerçeve boyutu	10 Kbit
Paket boyutu	1 Kbit
Düğüm çerçeve hızı	1 – 12 çev/s
Algılama menzili	30 m
Algılama açısı	52°
Bant genişliği	250 Kbit
Tampon boyutu	20 Kbit
Hedef hareket modeli	Rasgele yönelimli

Tablo 1: Benzetim değişkenleri

3. Uyuma Çizelgesi ve Çalışma Oranının Gaa Başarımına Etkisi

Farklı çalışma oranları ve algılayıcı kamera çerçeve hız değerleriyle benzetimler yapılmıştır. Her bir benzetim koşusunda, tüm algıla-

yıcılar tarafından oluşturulan toplam çerçeve sayısı ve bunlardan kaçının toplayıcı düğüme ulaştığı kaydedilmiştir. Bölüm 2’de anlatılan hedef algılama senaryosu ile oluşan toplam çerçeve sayısının zaman bazlı ortalama değerleri ve bu değerlere yol açan kamera çerçeve hızları Tablo 2’de verilmiştir.

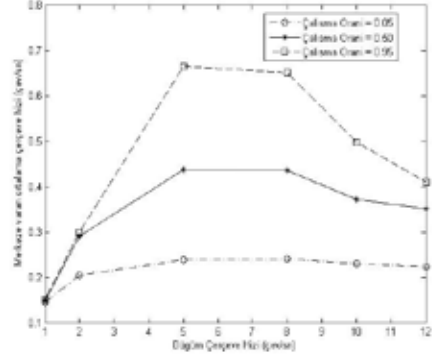
Kamera Çerçeve Hızı (çev/s)	Ortalama Trafik (çev/s)
1	0,1502
2	0,2994
5	0,7431
8	1,2002
10	1,4805
12	1,7844

Tablo 2: Ağda oluşan ortalama trafik.

3.1. Ağda Taşınan Etkin Trafik

Genel olarak, video kalitesinin yükseltilmesi Görüntülü Algılayıcı Ağ’ın başarımını da artırır. Sistemdeki video kalitesi ise imge çözünürlüğü ve kamera çerçeve hızı ile ayarlanabilmektedir. Düşük çözünürlük hedef belirleme uygulaması tarafından kabul edilmeyeceğinden ve çok yüksek çözünürlükler ağ tarafından etkin biçimde taşınamayacak kadar büyük çerçeveler oluşturacağından, bu çalışmada imge çözünürlüğü ortalama bir değere sabitlenmiştir. Dolayısı ile, benzetimler sırasında çerçeve hızları değiştirilerek, farklı video kaliteleri oluşturulmuştur. Ancak, Şekil 1’de görüldüğü üzere, video kalitesini arttırmak belli bir doyum noktasına kadar algılayıcı düğüme ulaşan çerçeve sayısını artırma yolu ile uygulama başarımını artırabilmektedir. Bu doyum noktasından sonra uygulama başarımını artırma amacıyla video kalitesini arttırmak, ters etki yaratmaktadır. Sistem başarımını etkileyen diğer bir etken olan algılayıcı çalışma oranlarının etkisi de Şekil 1’de gösterilmiştir. Görüldüğü üzere ağın doyum noktası, çalışma oranının değerine göre değişmektedir. Daha yüksek çalışma oranı, birim zamanda yollanan paket oranını artırarak, daha yük-

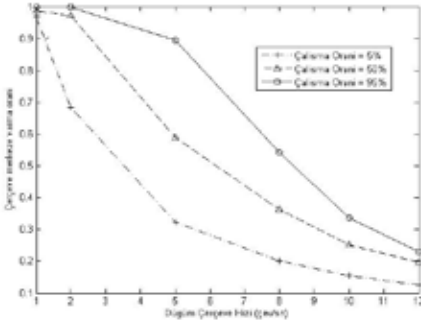
sek ağ servis oranı sağlamaktadır. Ancak, yüksek çalışma oranı pil tüketimini arttıracığından, en verimli çalışma oranını bulmak, bir mühendislik çalışması gerektirmektedir.



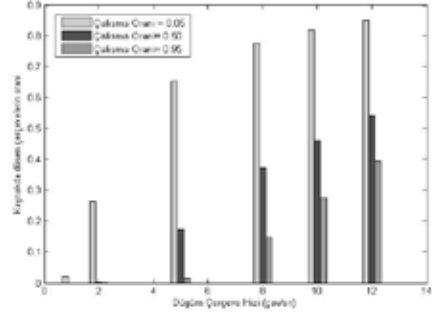
Şekil 1: Düşümlerin görüntü birimlerinde üretilen çerçeve hızının merkeze varan trafiğe etkisi.

3.2. İletim Oranı

Sıkıştırılmış videoda, her bir bit ayrı anlam taşıdığı için ve sıkıştırılmış videonun açılma işlemi, bit hatalarına ve kayıplarına karşı hassas olduğu için alınan bir çerçevenin belli orandaki paketlerinin kaybı, çerçevenin kaybına neden olur diyebiliriz. Benzetimlerde, bu oranı %10 olarak belirlendi, bir başka deyişle, bir çerçevenin paketlerinden %10’u veya daha fazlası iletimler sırasında düşerse ve toplayıcı düğüme ulaşmazsa, o çerçeve düşmüş kabul edildi. Şekil 2 bu kriter doğrultusunda toplayıcı düğüme başarıyla ulaşan çerçeve sayısını değişik kamera çerçeve hızları ve algılayıcı çalışma oranları bazında göstermektedir. Dolayısı ile, uygulamanın servis kalitesi ihtiyaçlarına ve planlanan çalışma oranına göre, kullanılacak en yüksek kamera çerçeve hızı bu şekilden çıkarılabilmektedir. Örneğin, eğer uygulama çerçeve iletiminde en az %90 başarı gerektirmekte ise, %50 çalışma oranı altında bu başarıyı sağlamak için, kamera çerçeve hızı en çok 2,5 çerçeve/saniye (çev/s) olabilmektedir.



Şekil 2: Merkezi başarıyla varan çerçevelerin ağda üretilen toplam çerçeve miktarına oranı.



Şekil 3: Kaynakta düşen çerçeve miktarının ağda düşen toplam çerçeve miktarına oranı.

Uyuma çizelgesi dolayısı ile oluşan çalışma oranının uygulama başarımına net etkisini ortaya çıkarmak için, paket düşmelerinin nedenleri incelenmelidir. Şekil 3, çalışma oranı düşürüldükçe, paket düşmelerinin çoğunun kaynakta olduğunu göstermektedir. Bunun nedeni şu şekilde açıklanabilir: Bir algılayıcı hedef algıladığında, video çekimine başlar ve çekim sırasında oluşan çerçeveleri, toplayıcı düğüme iletimi sağlayacak komşuları uyanana kadar tampon belleğinde toplar. Ancak düşük çalışma oranlarında, komşuların uyanma zamanı daha geç olacağından daha çok çerçeve tampon bellekte saklanmalıdır. Halbuki, kısıtlı hafızalı algılayıcılarda tampon belleğin kapasitesi de kısıtlıdır. Dolayısı ile çalışma oranları düşürüldükçe kaynakta düşen paketlerin oranı artmaktadır. Tampon bellek yükseltilebilse bile, bellekte paketlerin beklemesi gecikmeyi arttıracaktır. Bu ise gecikmeye duyarlı uygulamalar için kabul edilebilir değildir.

4. Sonuç

Bu çalışmada, görüntülü algılayıcı ağların kapasiteleri ve limitleri, günümüz teknolojilerinin özellikleri çerçevesinde çıkarılmaya çalışılmıştır. Çıkarılan sonuçlara göre, görüntülerin daha sık yollanması, yani daha yüksek çerçeve hızı, ancak belirli bir değere kadar uygulama başarımını yükseltmektedir. Bu değer, algılayıcıların donanımından kaynaklı kısıtlara (radyo gönderim hızı, tampon bellek boyutu) ve uygulanan uyuma çizelgesine bağlıdır. Gerçekçi parametrelerle koşulan benzetimler ile bu limit değerler çıkarılmıştır.

Bu çalışmanın devamı olarak, algılayıcıların çeşitli çalışma oranları altındaki enerji tüketimleriyle uygulama başarımındaki kazanımlarının karşılaştırılması planlanmaktadır.

5. Kaynaklar

- [1]. Xiong Z., Liveris A., ve Cheng S., “Distributed source coding for sensor networks,” *Signal Processing Magazine, IEEE*, Cilt: 21, Sayı: 5, 80–94, 2004.
- [2]. Ye W., Heidemann J. S., ve Estrin D., “Medium access control with coordinated adaptive sleeping for wireless sensor networks,” *IEEE/ACM Trans. Netw.*, Cilt: 12, Sayı: 3, 493–506, 2004.
- [3]. Opnet Modeler, <http://www.opnet.com/products/modeler/home.html>, Opnet.
- [4]. Downes I., Rad L., ve Aghajan H., “Development of a mote for wireless image sensor networks,” *COGNITIVE systems with Interactive Sensors (COGIS)*, Paris, Fransa, Mart 2006.
- [5]. Kulkarni P., Ganesan D., Shenoy P. J., ve Lu Q., “SensEye: a multi-tier camera sensor network.” 13. *ACM International Conference on Multimedia*, Kasım 6-11, 2005, Singapur, 229–238.
- [6]. Akyildiz I., Melodia T., ve Chowdhury K., “A survey on wireless multimedia sensor networks,” *Computer Networks*, Cilt: 51, Sayı: 4, 2007, 921–960.
- [7]. Karp B. ve Kung H. T., “GPSR: greedy perimeter stateless routing for wireless networks,” *MOBICOM*, 2000, 243–254.
- [8]. Ye W., Heidemann J. S., ve Estrin D., “An energy-efficient MAC protocol for wireless sensor networks,” *INFOCOM*, 2002.