



Erciyes University Journal of the Institute of Science and Technology
Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi

ISSN 1012-2354

Cilt (Volume): 29, Sayı (Issue): 3, Haziran/June-2013
<http://fbe.erciyes.edu.tr/>



Akıllı bir takip sistemi için kullanılan zigbee tabanlı algılayıcı ağıın topolojik performans karşılaştırmaları

Yasin KOÇ¹

¹ Karadeniz Teknik Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Kablosuz sistemlerin yaşamın her parçasına entegre olduğu günümüzde, bir kablosuz ağ sınıfı olan algılayıcı ağlar da bir çok kullanım alanında yaygınlaşmıştır. Kablosuz algılayıcı ağ teknolojilerinin en verimlilerinden biri de zigbee teknolojisidir. Etkin maliyet ve düşük güç tüketimi gibi özellikleri ile diğer algılayıcı ağ teknolojilerine üstünlük kuran zigbee için, bu çalışmada, akıllı bir takip sisteminin algılayıcı ağına ilişkin, topolojik kurulum farklılıklarının ağ başarımına etkileri incelenmektedir. Bu çalışmada, yüz metrekarelik bir alan içerisinde, kullanılacak olan yirmi adet zigbee düğümünden oluşan bir algılayıcı ağıın, üç farklı topolojideki kurulumlarına göre ağ başarım karşılaştırmaları incelenmektedir. Kurulan üç senaryonun modellemesi “opnet ağ simülator” yazılımı ile gerçekleştirilmiştir. Benzetimler sonunda, ağıın verimliliğini gösteren başarım ölçeklerine göre, örgü (mesh) ve küme-ağaç (cluster-tree) topolojilerin başarımları, yıldız (star) topoloji başarımına göre daha iyi sonuçlar çıkarmıştır. Elde edilen sonuçlar ve yapılan değerlendirmeler ışığında, bir algılayıcı ağıın planlanması ve kurulumu aşamalarına dönük, topolojik faktör önerileri sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler:

Zigbee,
Opnet,
Zigbee topolojileri,
Link kalitesi

Topologic performance comparisons of zigbee based sensor network used for a smart tracking system

ABSTRACT

Sensor network which is a wireless network class are pervaded in a lot of areas of usage at a time that is nowadays wireless systems are entegrated each pieces of life. Zigbee techbology is one of the most efficient wireless sensor network technologies, too. In this practice, effects of topological setup differences to network throughputs are studied about sensor network of a smart tracking system for zigbee which is established superiority over the other sensor network technologies with attributes like effective cost and low power. In this practice, network throughput comparisons of a sensor network which has twenty zigbee nodules according to three different setups in topology are examined in an area of a hundred square meter. The modelling of three constituted scenarios is actualized by opnet network simulation software. At the end of the simulations, throughputs of mesh and cluster-tree topologies are deducted better results than star topology according to throughput scales that show the efficiency of network. Topological factor suggestions are presented about planning and setup stages of a sensor network in the light of the obtained results and committed evaluations.

Key Words:

Zigbee,
Opnet,
WSN topologies,
Link quality.

1. Giriş

Kablosuz teknolojiler içerisindeki önemli bir sınıf olan algılayıcı ağlar, günümüzde güvenilirlik, esneklik, etkin-maliyet ve kurulum kolaylığı gibi özelliklerinden dolayı geniş uygulama alanları bulmaya başlamıştır [1]. Kullanılan teknolojiler açısından Wi-fi, bluetooth ve zigbee teknolojileri algılayıcı ağ uygulamalarında öne çıkmaktadır. Zigbee, IEEE 802.15.4 standartlarını temel alan kablosuz algılayıcı ağlar için geliştirilmiş bir ağ teknolojisidir. Bu protokolün tanımladığı en önemli avantajlar düşük maliyet ve düşük güç tüketimidir [2].

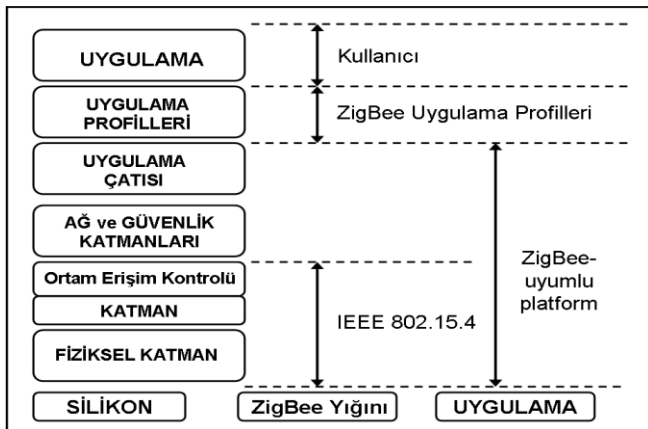
Zigbee teknolojisi, bluetooth ve wi-fi ağlarına göre daha düşük data çevrim kapasitesine sahiptir [2].

IEEE 802.15.4, üç adet lisanssız frekans bandını tanımlamıştır. İlk band, 2.4 GHz frekans bandını (ISM) kullanır ve 16 kanala sahiptir. İkinci band, 902-928 MHz frekans bandını 10 kanalla kullanır. En sonuncusu ise 868-870 Mhz frekans bandını sadece bir kanal ile kullanır. Bu frekans bandlarının kapasiteleri sırasıyla, 250 kb/s, 40 kb/s, 20 kb/s 'dir [3].

Tablo 1: Zigbee teknik özellikleri

Özellik	Zigbee değeri
Sistem kaynağı (kb)	4-32
Pil ömrü (gün)	100-1000
Ağ boyutu (düğüm sayısı)	> 64000
Veri çevrimi (kbit/s)	20-250
Kapsama alanı (m)	1-100

Zigbee, IEEE 802.15.4 standartının sağladığı, fiziksel katman (PHY) ve Ortam erişim katman (MAC) protokollerini doğrudan kullanır. Zigbee birlikteliğinin geliştirdiği ağ (Network) ve uygulama (Application) katman protokolleri ile de zigbee protokol kümesi 4 katman seviyesinde tamamlanmıştır [4].

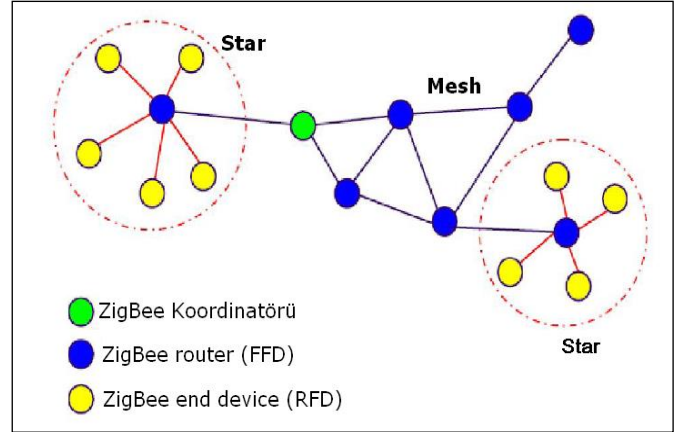


Şekil 1. Zigbee protokol yığını. [4]

Fiziksel katmanda, radyo alıcısının aktivasyon işlemleri, enerji tespiti, bağlantı kalite göstergesi, kanal seçimi, boş kanal atanması gibi işlevler sağlanır [5]. MAC katman ise, kanal üzerindeki çoklu erişim kontrolü için CSMA/CA mekanizmasını kullanır. Böylece, CSMA/CA ile garantili zaman dilimlerinde gerçek zamanlı veri aktarım işlemlerinin gerçekleştirilmesi sağlanır [6].

CSMA/CA mekanizması, düğümlerin kanal erişimleri için çekişme tabanlı bir algoritma kullanır.

Zigbee teknolojisinde üç çeşit ağ birimi vardır. Bunlar, koordinatör (coordinator), yönlendirici (router) ve uç cihaz (end device) olarak ifade edilirler. Zigbee koordinatörü (ZKD), her ağda yalnızca bir tanedir. Ağı başlatır, ağ ile ilgili bilgileri depolar. Bütün aygıtlar ZKD ile iletişim halindedir. Yönlendirme (routing) yapabilir, diğer ağlarla köprü işlevi görür.



Şekil 2. Zigbee ağ birimleri. [4]

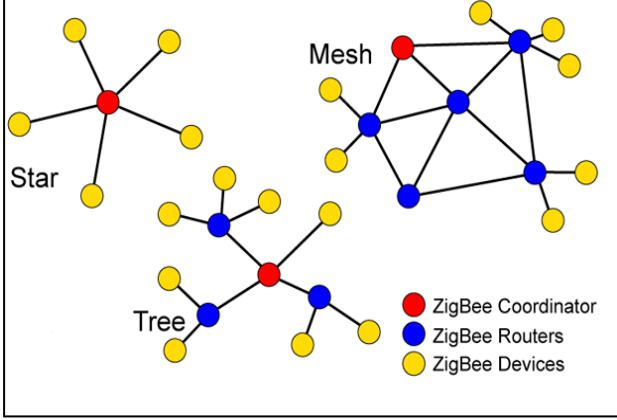
Zigbee yönlendiricisi (ZYD), isteğe bağlı bir bileşenlerdir. Düğümler arasında yönlendirme yapar. Ağ kapsamını artırır. Adresleme yapılıp yapılmaması işlevini yönetir. Küme başı olabilir. Zigbee son düğüm (ZSD), düşük güç tüketimini optimize eder. En ucuz aygıt tipidir. Sadece koordinatör ve yönlendirici ile haberleşir. Algılayıcı (sensör) bu cihazda bulunur. [5] Bunlardan koordinatör ve yönlendiriciler FFD (Tam fonksiyonlu cihaz-Full functionally device), son düğümler ise RFD (Azaltılmış fonksiyonlu cihaz-Reduce functionally device) olarak ifade edilirler.

Zigbee ağlarında genel olarak üç topoloji daha çok kullanılır. Bunlar, yıldız (star), örgü (mesh) ve ağaç (cluster-tree) topolojileridir.

Yıldız topoloji, en basit düzeydeki yerleşim türüdür. Bu topolojide merkezdeki koordinatör üzerinde bütün ağın trafiği yoğunlaşır. Tüm algılayıcı düğümler doğrudan veya bir yönlendirici üzerinden merkezdeki koordinatörü hedef alırlar. Bu durumun en büyük dezavantajı ise koordinatör düğümdeki bir düşüşün tüm ağ başarımını olumsuz etkilemesidir. Özellikle bu topolojide yapılan çalışmalar göstermiştir ki, 60000 den fazla sayıdaki düğüm kullanımında bu darboğazın oluşması kaçınılmazdır [7].

Ağaç topolojide, PAN koordinatörü kendini ağaç yöneticisi ilan eder ve ağacın nasıl olacağına karar verir. Koordinatör, ağ kimliği olarak sıfır alır veya çoklu koordinatörlü yapılarda kullanılmayan bir PAN kimliği seçer ve komşu aygıtlara işaret çerçeveleri yayar. İşareti alan aygıt ağaç yapıya katılmak isteyebilir. Eğer, PAN koordinatörü aygıtın katılmasına izin verirse aygıtı komşuluklarına, çocuk cihaz olarak ekleyecektir. Yeni katılan cihaz da koordinatörü, ana cihaz olarak komşuluklarına ekleyecektir ve diğer cihazların ağa katılması için periyodik işaret çerçeveleri göndermeye başlayacaktır.

Uygulama veya ağ gereksinimleri karşılandığında PAN koordinatörü, bir cihaza ilk salkıma bitişik olarak yeni bir salkım kurmasını ve salkım başı olmasını emredebilir. Bu salkımlı ağ yapının avantajı, yüksek mesaj gecikmelerine rağmen ağ kapsama alanını artırılabilmesidir [8].



Şekil 3. Zigbee ağ topolojileri. [7]

Örgü topolojide de bir PAN koordinatörü vardır. Yıldız topolojiyle farklı olarak burada her aygıtın menzili altındaki diğer bütün aygıtlarla iletişim kurabilmesi söz konusudur. Örgü topolojik bir ağ rastgele bir ağ olabilir. Ayrıca çok yollu iletişimi destekler ve böylelikle mesajlar ağ içerisinde bir aygıttan başka aygıtlara da iletilebilir. Bu da güvenliği ve çok yollu iletişimi sağlar. Tüm topolojiler arasındaki en esnek olanı örgü topolojidir [7]. Bu topolojide kullanılan yönlendiricilerde, ağ verimliliği için güçlü yönlendirme algoritmalarının işletilmesi gereklidir.

Mevcut bir sistemin değiştirilmesi işlemlerinden veya yeni bir sistem tasarımı öncesinde, hataya sebep olabilecek ihtimallerin karşılanıp azaltılması, öngörülemeyen darboğazların elenebilmesi ve sistem kaynaklarının alt veya üst seviyelerde kullanılmalarının kaldırılarak sistem başarımının iyileştirilmesi amacı ile günümüzde benzetim sistemlerine olan ihtiyaç oldukça fazladır [6].

Opnet (Optimized Network Engineering Tools) modeller yazılımı, kablolu ve kablosuz ağların modellenerek benzetimlerinin yapılmasına olanak sağlayan bir yazılımdır. Opnet benzetimin yapılması ve benzetim sonuçlarının analiz edilme işlemlerini gerçekleştirmektedir.

OPNET zigbee modeli, dört farklı süreç modelini kullanır:

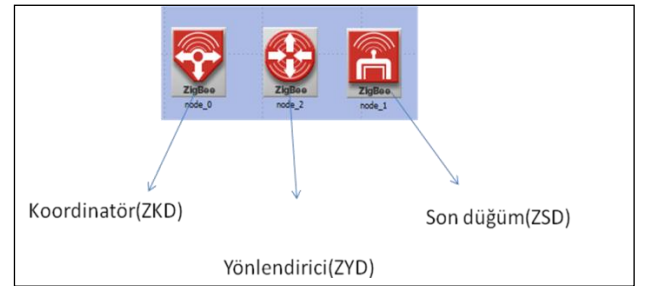
1. Zigbee MAC modelidir. IEEE 802.15.4 MAC protokolünü kullanmaktadır. Model, kanal tarama, birleştirme ve hataya düşme/ kurtarma işlevlerini MAC protokol yönlü çalışma moduna göre uygulamaktadır.
2. Zigbee Uygulama modelidir. Bu model, zigbee oluşumunun şartnamesinde belirtilen uygulama katmandan düşük seviyede bir sürümü temsil eder. Bu model, ağa katılma, süreçleri başlatma, trafik üretme ve almanın yanında farklı benzetim raporları alınmasını sağlar.
3. Zigbee CSMA/CD modelidir. MAC katman protokolü çerçevesindeki ortam erişim kontrolleri bu modelle sağlanır.

4. Zigbee ağ modelidir. Bu da zigbee oluşum şartnamesindeki ağ katman işlevlerini sağlar. Bu model, yönlendirme işlevlerini, ağa katılım süreçlerini, ağ oluşturma isteklerini ve tarama sinyallerinin düzenlenmesini sağlar [9].

2. Benzetim çalışmaları

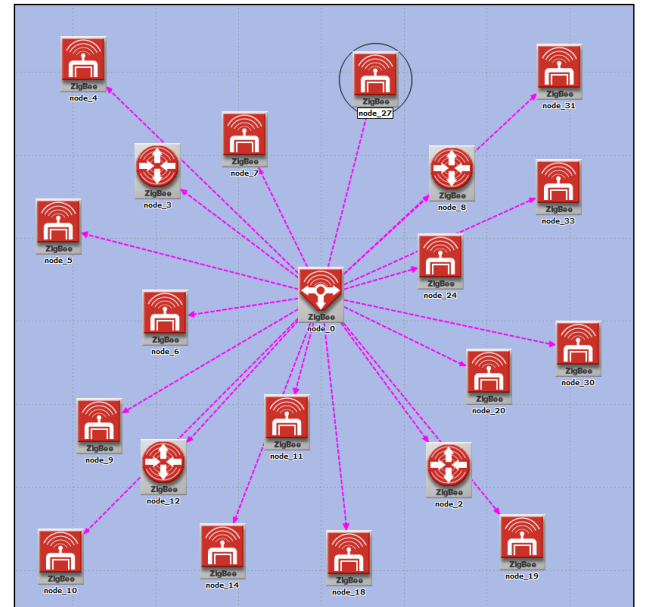
Bu çalışmadaki benzetim senaryosu ile 100 metrekarelik bir alanda, 1 ZKD(koordinatör düğüm) olmak üzere, 4 adet ZYD(yönlendirici düğüm) ve 16 adet ZSD(algılayıcı uç düğüm) den oluşan bir takip sisteminin algılayıcı ağı modellenmiştir.

Senaryonun üç farklı topolojik yerleşim durumuna göre benzetimleri yapıp, elde edilen ağ başarımları karşılaştırılarak incelenecektir.



Şekil 4. Zigbee düğüm modelleri .

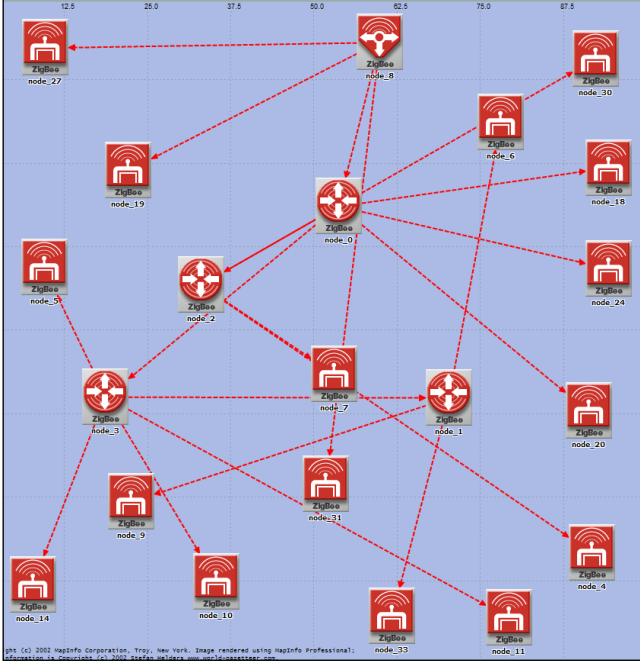
Kurgulanan senaryonun üç farklı topolojiye göre yerleşimleri şekil 5, 6 ve 7 de verilmiştir.



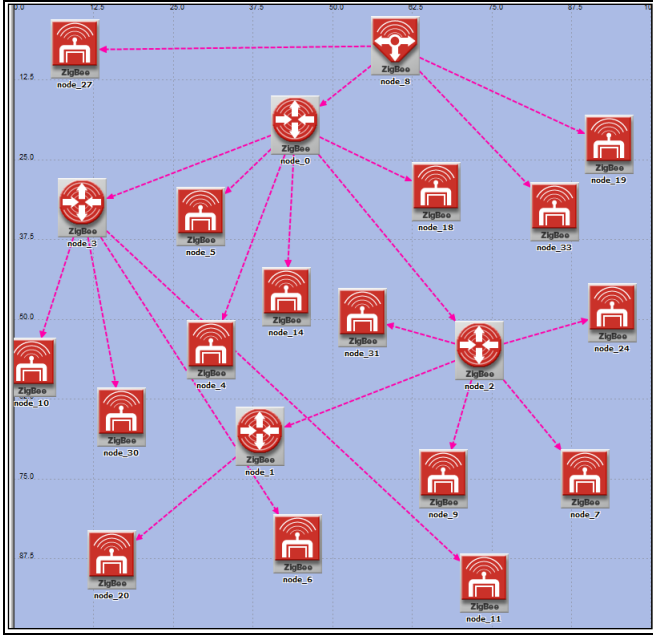
Şekil 5. Senaryonun yıldız topolojik yerleşimi .

Senaryonun benzetim süresi 1000 s ve istatistik aralığı da her 100 değerinde bir istatistik tutulacak şekilde ayarlanmıştır.

İzlenecek ağ benzetim istatistikleri başarımlar (iş çıkarma oranı), MAC katman gecikme (MAC delay), atlama sayıları (hops), ve uçtan uca gecikme (end-to-end delay) grafikleridir.



Şekil 6. Senaryonun örgü topolojik yerleşimi .



Şekil 7. Senaryonun ağ topolojik yerleşimi .

Senaryonun tüm düğümlerine ilişkin seçilen parametreler tablo 2 de verilmiştir. Bu parametreler ZKD, ZYD ve ZSD lerin tamamında geçerlidir.

Senaryonun üç topolojik yerleşimi için belirlenen ağ parametreleri de tablo 3 te verilmiştir. Yıldız topolojide yönlendirici etkisinin göz ardı edilmesinden dolayı bu değer sıfır seçilmiştir. Bütün ağ parametreleri ZKD ağ parametre düzenleme seçeneklerinden ayarlanmıştır.

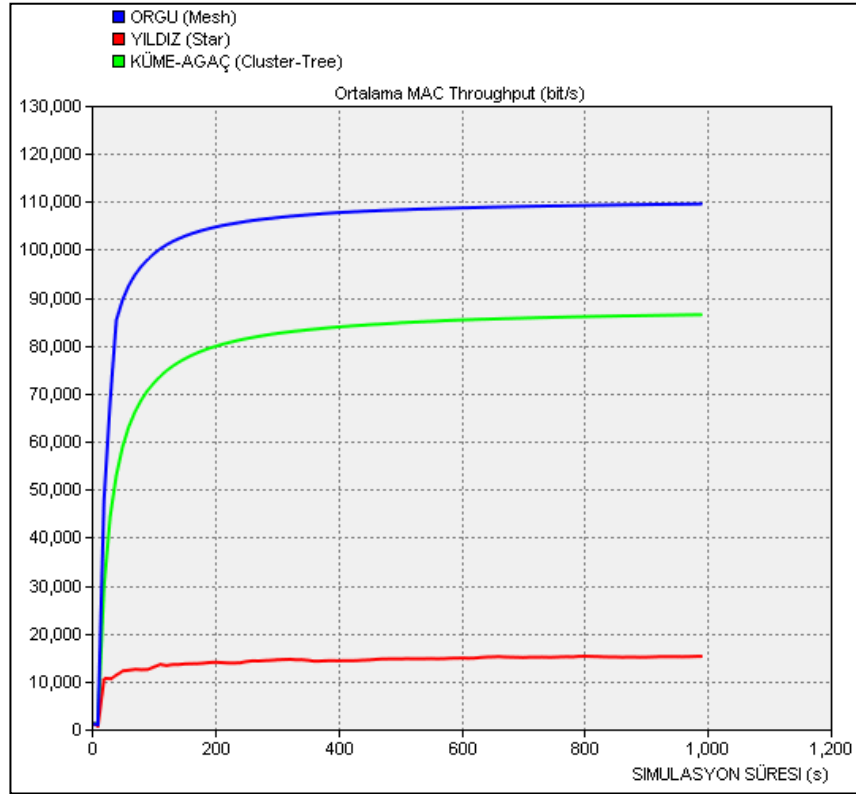
Tablo 2: Senaryo ortak düğüm parametreleri

Parametre	Değer
Onay mekanizması	Evet
Onay bekleme süresi (s)	0.1
Yeniden iletim sayısı	5
CSMA/CA min.çekilme üsteli	3
CSMA/CA max.çekilme sayısı	4
Kanal dinleme aralığı (s)	0.1
Veri çevrimi (kbps)	250
Sinyal alım seviyesi (dBm)	-85
İletim bandı (Ghz)	2.4
Gönderim gücü (W)	0.05
Hedef seçimi	Rastgele
Paket boyu (byte)	1024
Paket üretim sıklığı (s/mutlak)	1

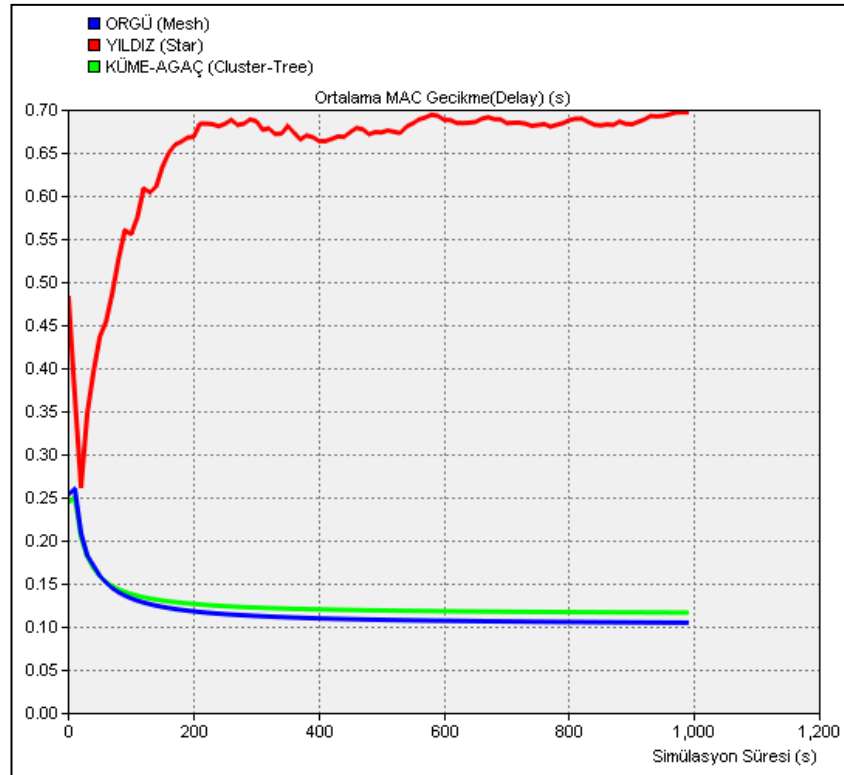
Tablo 3: Senaryo ağ parametreleri

Parametreler	Yıldız	Örgü	Ağaç
Max. çocuk düğüm	255	6	6
Max. yönlendirici	0	2	2
Max. derinlik	1	5	5
Örgü Yönlendirme	Disabled	Enabled	Disabled

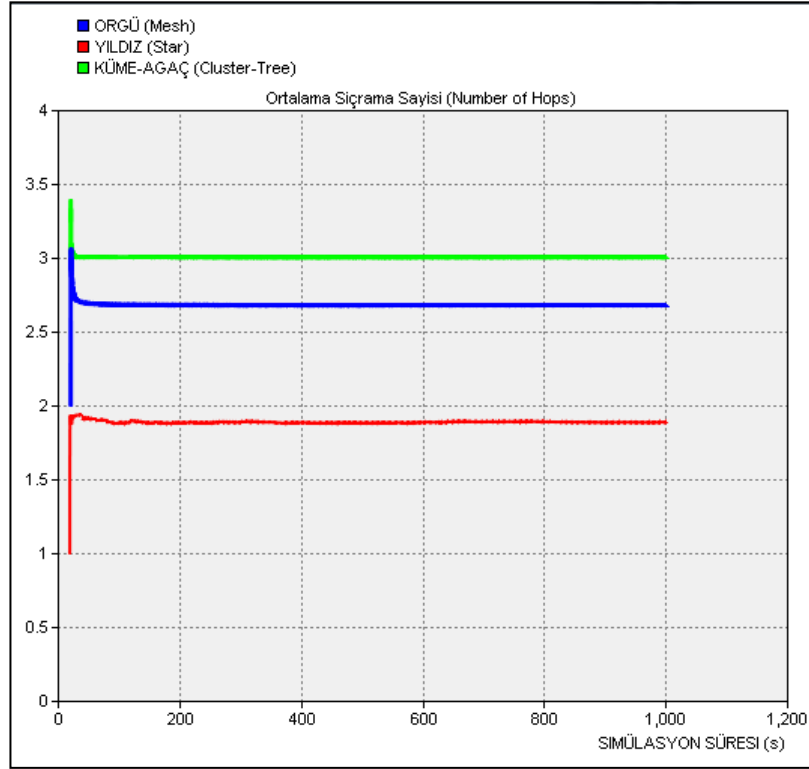
3. Bulgular ve Değerlendirme



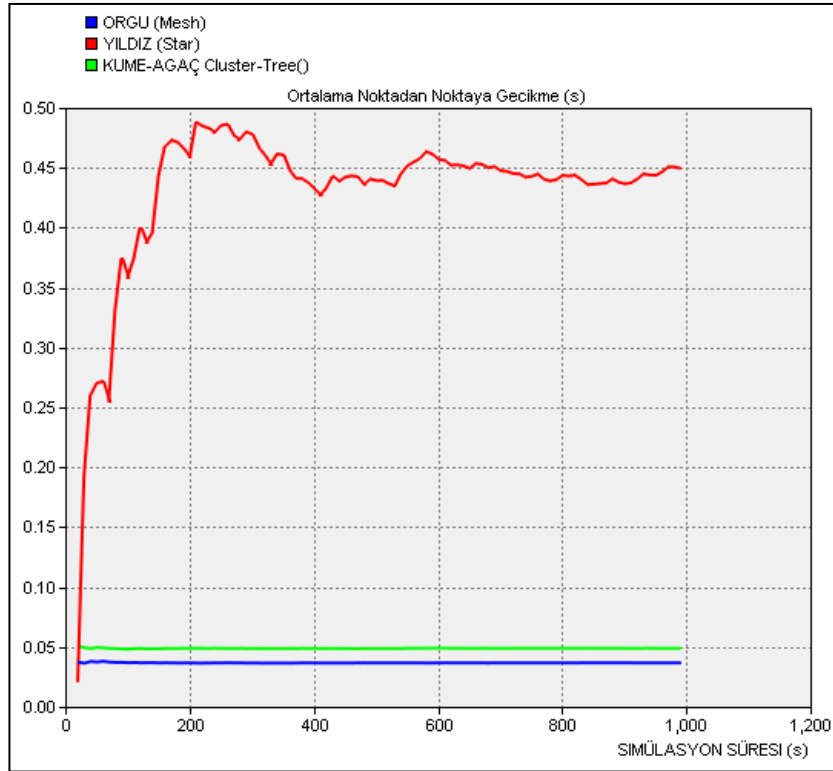
Şekil 8. Senaryonun başarımlarını (iş çıkarma) grafiği .



Şekil 9. Senaryonun MAC gecikme grafiği .



Şekil 10. Senaryo atlama sayıları grafiği .



Şekil 11. Senaryo uçtan uca gecikme grafiği .

İlk istatistik sonucu, benzetim sonucundaki başarımların değerleri, şekil 8 de gösterilmiştir. MAC katman seviyesinde elde edilen bu grafikte örgü topolojik ağ kurgusundaki başarımların diğer iki topolojiden daha yüksek değerler çıkarmıştır. Ağaç topolojinin de örgü topolojiye yakın bir başarımlar eğrisi çıkardığı görülmektedir. Bunların yanında yıldız ağ başarımlarının çok alt seviyelerdeki eğrisi bu grafikte en dikkat çeken noktadır.

Senaryonun ikinci ağ istatistiği olan MAC katman gecikme grafiği şekil 9 da verilmiştir. Bu grafik incelendiğinde de bir önceki başarımlar grafiğini doğrular sonuçlar görülmektedir. Bit bazındaki yüksek başarımlar değerlerine sahip örgü ve ağaç topolojilerin, yıldız topolojiye göre MAC katman seviyesindeki gecikmeleri hayli düşük bir eğri çizmiştir.

Senaryonun atlama sayıları grafiği şekil 10 da gösterilmiştir. Bu grafik incelendiğinde de, ağaç topolojinin en yüksek atlama değerine sahip olduğu görülmektedir. Örgü yapıda ise yönlendirici tespitinde ağaç yapıya göre dinamik örgü algoritması işletildiğinden, daha az atlama sayısı ile koordinatörle sağlıklı iletişim sağlanmıştır. Atlama sayısının çok olması, bir ağın başarımlarını ve bağlantı kalitesini olumsuz etkileyen faktörlerdendir.

Senaryonun uçtan uca gecikme başarımları için şekil 11 de, üç topolojik yapının sunduğu sonuçlar gösterilmiştir. Bu grafik incelendiğinde de MAC katman gecikmesine paralel bir sonuç grafiği ile karşılaşmaktadır. Örgü ve ağaç topolojilerin, düşük gecikmelerle yıldız topolojiye göre daha iyi sonuçlar çıkardığı görülmektedir.

Tablo 4: Senaryo ağ istatistik analizleri

İstatistik	Yıldız	Örgü	Ağaç
Başarımlar(bit)	15000	110000	85000
MAC gecikme (ms)	680	100	120
Atlama sayısı	1.8	2.7	3
Uçtan uca gec.(s)	450	40	50

Elde edilen dört istatistik karşılaştırmaları tablo 4 de verilmiştir. Buna göre başarımlar (iş çıkarma oranı) istatistiği olarak, örgü ve ağaç topolojilerin daha iyi seviyelerde sonuçlar çıkardığı görülmüştür. Yine her iki gecikme grafikleri incelendiğinde de örgü ve ağaç topolojik yerleşimlerin daha düşük gecikmeler sunduğu sonucuna varılmıştır. Atlama sayıları bakımından ise örgü topolojinin ağaç topolojiye göre daha verimli değerler ürettiği görülmüştür.

4. Sonuçlar

Bu çalışma sonucundaki bulgular, akıllı takip sistemlerindeki yüksek veri trafiğine göre düğüm yerleşimleri, topoloji seçimi ve bağlantı kalitesi planlamaları için örnek bir yol gösterici olabilir. Özellikle enerji tüketimi ve ağın yaşam süresi iyileştirilmesinde, bu bulgular önem taşımaktadır.

Kurulum kolaylığı sebebi ile ilk akla gelen olan yıldız topolojinin, başarımlar karşılaştırmalarına bakıldığında ilk tercih edilecek tür olmadığı görülmüştür. Düğüm sayıları, ağ çapı ve yaşam süresi faktörleri göz önüne alındığında, örgü ve ağaç topolojilerin, bir zigbee ağının kurulumunda önemli avantajlar sağladığı sonucu ortaya konmuştur.

Yine bu çalışma, algılayıcı ağlarda kullanılacak yönlendirici sayıları ve yönlendirme tekniği tercihlerinin, ağın planlamasındaki önemini bir kez daha göstermiştir. Böylece bu iki parametrenin, enerji tüketim iyileştirmesi çalışmalarında, kaçınılmaz planlama parametreleri olduğu sonucuna varılmıştır.

Kaynaklar

1. Hadim, S. ve Nader, M., Middleware Challenges and Approaches for Wireless Sensor Networks, *IEEE Computer Society*, Vol. 7, No. 3, Mart 2006.
2. Marghescu, C., Pantazica, M., Brodeala, A., ve Svasta, P., Simulation of a Wireless Sensor Network Using OPNET, 2011 IEEE 17th International Symposium for Design and Technology in Electronic Packaging (SIITME), 20-23 Oct 2011, Timisoara, Romania, 249-252.
3. Callaway, E., Gorday, P., Hester, L., Gutierrez, J. A., Naeve, M., Heile, B. ve Bahl, V., Home networking with IEEE 802.15.4 : A developing Standard for low-rate wireless Personal Area Networks, *Communication Magazine*, IEEE, Ağustos 2002, Vol. 40, No. 8.
4. Safaric, S. ve Malaric, K., ZigBee wireless standard, 48th International Symposium ELMAR-2006, Zadar, Croatia, 07-09 June 2006, 259-262.
5. <http://www.zigbee.org>, ZigBee Alliance websitesi, 14 Haziran 2014.
6. Nourildean, S.W., A Study of ZigBee Network Topologies for Wireless Sensor Network with One Coordinator and Multiple Coordinators, *Tikrit Journal of Engineering Sciences*, December 2012, Vol.19, No.4, 65-81.
7. Mihajlov, B., ve Bogdanoski, M., Overview and Analysis of the Performances of ZigBeebased Wireless Sensor Networks, *International Journal of Computer Applications (0975 – 8887)*, Cilt:29, No:12, Eylül 2011.
8. Deepika ve Sharma, M., Effective Data Flow In ZigBee Network Using OPNET, International Conference on Communication and Signal Processing, April 3-5, 2014, India.
9. Hammoodi, I.S., Stewart, B.G, Kocian, A. ve McMeekin, S.G., A Comprehensive Performance Study of OPNET Modeler For ZigBee Wireless Sensor Networks, Third International Conference on Next Generation Mobile Applications, Services and Technologies, 2009, 357 – 362.