

Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi

Derleme Makalesi

Kablosuz Multimedya Algılayıcı Ağlarda Enerji Verimliliği için Katmanlı Mimari Üzerinde Bir Araştırma

Arafat ŞENTÜRK[a,*], Resul KARA[a]

[a] *Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Düzce Üniversitesi, Düzce, TÜRKİYE*
** Sorumlu yazarın e-posta adresi: arafatsenturk@duzce.edu.tr*

ÖZET

Kablosuz Multimedya Algılayıcı Ağ (KMAA)'lar için enerji tüketimi en önemli problemdir. KMAA'lar Kablosuz Algılayıcı Ağ (KAA)'lara göre daha büyük boyutta veri aktardıkları ve veriler üzerinde işlem yapma yeteneğine sahip oldukları için enerji gereksinimleri oldukça fazladır. Düğüm batarya ömürlerinin önemli kaynak olduğu bu ağlarda, çevreden alınan verinin işlenerek gereksiz bilgilerin atılması ile iletilen veri boyutu azaltılarak sınırlı kaynakların verimli bir şekilde kullanılması gerekmektedir. Bu çalışmada, KMAA'lar için önerilen enerji duyarlı protokoller katmanlı mimari yapısı baz alınarak incelenmiştir. Fiziksel katmandan başlanarak uygulama katmanına kadar literatürde yer alan enerji verimliliği ile ilgili çalışmalara yer verilmiştir. Bu çalışmanın hedefi, KMAA'larda geliştirilecek olan enerji verimli uygulamalar için ihtiyaç olan gereksinimlerin daha açık anlaşılmasını sağlamaktır.

Anahtar Kelimeler: *KMAA, Enerji verimliliği, Katmanlı mimari*

A Research on Layered Architecture for Energy Efficiency in Wireless Multimedia Sensor Networks

ABSTRACT

Energy consumption is the most important problem for Wireless Multimedia Sensor Networks (WMSN). WMSNs need more energy than Wireless Sensor Networks (WSN) since they transfer higher amount of data and have the ability for computation on data. In these networks where node battery life is an important source, it is necessary to use limited resources efficiently by decreasing the data size transmitted by processing unnecessary information by processing the surrounding data. In this study, energy-aware WMSN protocols are investigated based on layered architecture. The studies related to energy efficiency are included starting from the physical layer to application layer. The purpose of this paper is to explain the needs of an energy-aware application using WMSN clearly.

Keywords: *WMSN, Energy efficiency, Layered architecture*

Geliş: 20/04/2017, Düzeltme: 11/05/2017, Kabul: 19/05/2017

I. GİRİŞ

Enerji tüketimi, Kablosuz Multimedya Algılayıcı Ağ (KMAA)'lar için temel bir sorundur. Ağdaki algılayıcı düğümler enerjilerinin büyük bir bölümünü veri toplama ve gerçekleştirilen işlemler için harcarlar. KMAA'ların gelişimini etkileyen diğer önemli sorunlar ise, sınırlı bant genişliği ve bellek sınırlamasıdır [1]. KMAA'lardan elde edilen veriler iletişim ve hesaplama açısından sinyal işleme, kontrol teorisi ve gömülü bilgisayar sistemleri gibi çalışma alanlarının da kapsamına girmektedir [2]. KMAA'lar gözetim, trafik uygulama ve kontrol sistemleri, gelişmiş sağlık hizmetleri, yapısal sağlık izleme ve endüstriyel süreç kontrolü gibi yeni uygulamalarda kullanılmıştır. KMAA'lardaki algılayıcı düğümler, video kameralar ve yüksek hesaplama yeteneklerine sahip oldukları için birçok uygulamaya olanak sağlamıştır [3], [4].

Multimedya verilerinin aktarılması geleneksel algılayıcı ağlara göre daha yüksek bant genişliği gerektirir [5]. Yüksek sıkıştırma kabiliyetinin yanı sıra, işlem karmaşası daha az olan kodlayıcı ve kod çözücülerin tasarlanması, enerji korunumunun oldukça gerekli olduğu KMAA'larda önemli bir uygulama katmanı problemidir [5]. KMAA'larda çevreden alınan ham verinin işlenmesi için algoritmalar geliştirilerek gereksiz bilgiler yerine önemli bilgiler iletilebilir. Böylece iletilen veri boyutu azaltılarak enerji sarfiyatı düşürülebilir [6]. Güvenilirlik, tıkanıklık kontrolü, gecikme minimizasyonu ve hata kontrolü servis kalitesi bakımından taşıma katmanında sağlanan gereksinimlerdir. Servis kalitesi tabanlı rota bulunması ve yönlendirme şemaları ağ katmanında çalışılan konulardır. MAC katmanı protokolleri ise öncelik tabanlı ve gecikme duyarlı zamanlama algoritmaları içermelidir [5]. Bu katman radyo iletişiminin büyük kısmını kontrol eder ve bu sebeple enerji verimliliği ve gecikmenin azaltılması konusunda önemli rol oynamaktadır [7].

Çalışma şu şekilde organize edilmiştir; ikinci bölümünde katmanlı mimari üzerinde fiziksel katmandan başlayarak uygulama katmanına kadar yapılan çalışmalara yer verilmiş olup, üçüncü bölümde yapılan araştırmalar sonucunda elde edilen çıkarımlar oluşturulan tablo aracılığı ile özetlenerek sunulmuştur. Son olarak dördüncü bölümde de katman yapısına göre elde edilen çıkarımlar tartışılmıştır.

II. KATMANLI MİMARİ ÜZERİNDE YAPILAN ÇALIŞMALAR

KMAA'lar için önerilen enerji duyarlı protokoller katmanlı mimari baz alınarak incelenmiştir. Fiziksel katmandan başlanarak uygulama katmanına kadar literatürde yer alan enerji verimliliği ile ilgili çalışmalara yer verilmiştir.

A. FİZİKSEL KATMAN

Kablosuz Algılayıcı Ağ (KAA) 'lar farklı fiziksel teknolojiler ile uygulanabilir. Genellikle, radyo etkin (beacon enabled) ve radyo etkin olmayan şeklinde iki ayarda çalışan IEEE 802.15.4 teknolojisi kullanılmaktadır [5]. Multimedya iletişimde gecikmenin daha az, veri oranının ise daha yüksek olduğu bir teknolojiye ihtiyaç duyulmaktadır. IEEE 802.15.4 radyo etkin olmayan durumda yüksek veri verimliliği sağlasa da enerji tüketimi oldukça fazla olmaktadır. [8]'de enerji tasarruflu 802.15.4 üzerinde durulmuştur. Yöntem, radyo etkin durumda trafik bilgisine göre aktifliği ayarlayarak daha az gecikme ile birlikte enerjiden de tasarruf sağlamaktadır. [9]'da KMAA'ların performansını uçtan uca

gecikmeyi ve paket kayıplarını azaltmak suretiyle artırmayı amaçlayan, bunun için de RED (Random Early Detection- Rastgele Erken Tespit) kuyruk yönetimi ile birlikte radyo aralığı ve çerçeve sürecinin ayarlanmasına dayalı bir yöntem önerilmiştir. Multimedya algılayıcı ağlarda karşılaşılan farklı trafik türleri için farklı servisler sunmak üzere IEEE 802.11e standardı geliştirilmiştir. Geliştirilen pek çok uygulamada da yüksek verim ve daha az gecikme için bu standarttan faydalanılmaktadır [10], [11].

B. MAC (ORTAM ERİŞİM KONTROLÜ) KATMANI

MAC protokolleri, uygulama katmanındaki servis kalitesi gereksinimlerini karşılamaya yönelik çalışırlar. MAC katmanı, çarpışma ve yeniden gönderimlerin sayısını azaltma, enerji tüketimi ve girişimleri minimize etme, uyumluluk ve güvenilirliği maksimize etmek gibi sorumlulukları olması sebebiyle diğer katmanlara göre ayrı bir öneme sahiptir [5]. [10]'da CSMA-CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance – Çarpışma Korumalı Taşıyıcı Duyarlı Çoklu Erişim) tabanlı bir MAC protokolü önerilmiştir. Algılayıcı ağlar üzerinden multimedya iletişiminde servis kalitesini sağlarken enerjiyi de korumak amaçlanmıştır. Bu amaç, düğümleri ortamı ele geçirmek için gerçekleştirdikleri çekişme (contention) penceresinin uzunluğunun farklı trafik türleri için dinamik olarak belirlenmesi ile sağlanır. Enerjinin korunumu, görev çevriminin düğüm üzerindeki baskın trafik türüne göre ayarlanması ile sağlanır. Bu yöntemin başka bir versiyonunda [12] KMAA'daki farklı trafik akışlarına farklı servisler sağlanması şeklinde bir değişiklik önerilmiştir. [13]'de yine CSMA-CA tabanlı bir MAC protokolü önerilmiştir. Yöntemde atlanan düğüm sayılarına göre trafik sınıflarına öncelik verilmektedir. Ayrıca, çarpışma olasılığını azaltmak için rapor mesajlarına müdahale etmeye izin verir. [14]'de hem TDMA (Time Division Multiple Access – Zaman Bölütlemeli Çoklu Erişim) hem de çekişme tabanlı CSMA birlikte kullanılarak farklı trafik akışlarının önceliğe göre programlanması amaçlanmıştır. Servis farklılığı kuyruk yönetim şeması ile sağlanmıştır. Yüksek öncelikli trafik ortama erişimde daha yüksek şansa sahip olmakta ve gecikme azaltılmaktadır. Bazı MAC protokolleri yüksek öncelikli verinin kanal erişiminde daha yüksek şansa sahip olması için uyku durumunda da dinleme yapılmasını gerektiren ek süreçler içermektedir [15], [16].

Enerji tüketimini azaltmak amacıyla pek çok düğüm yaşam süresinin çoğunu uykuda geçirmektedir [17]. Habitat gözlemleme uygulamalarında algılayıcı düğümlerin kısıtlı batarya ile aylarca ya da yıllarca çalışması gerekebilir, bu yüzden bir düğüm zamanının çoğunu uyku durumunda geçirmek zorundadır. Algılayıcı düğümler sadece periyodik olarak hesaplama yapmak ve iletişim kurmak için uyanırlar. Her bir düğümün uyanık kalma süresi hizmet çevrimi olarak bilinir ve değişik yaklaşımlar ile düşük enerji tüketimi sağlanabilir [18].

Genel olarak MAC katmanı için önerilen protokoller farklı trafik akışları için dinamik görev çevrimleri, öncelik tabanlı kuyruk ve kanal erişimi aracılığıyla servis farklılığı sağlamaktadır. Böylece, hızlı erişim ve işleme ile gecikme duyarlı trafik ve gerçek zamanlı uygulamalarda MAC katmanı gecikmeleri azaltılmaktadır. Ayrıca, MAC katmanında çarpışma ihtimalinin azaltılması da gecikmeyi azaltma ve paketin tekrar gönderilmesi için harcanacak enerjiyi azaltma bakımından KMAA için oldukça önemlidir.

C. AĞ KATMANI

Yönlendirme protokollerinde temel zorluk bir taraftan servis kalitesi gereksinimlerini sağlarken diğer taraftan da ağ performansını optimize etmek ve enerji korunumunu sağlamaktır [5]. Yönlendirme

katmanındaki servis kalitesi metrikleri uçtan uca gecikme, paket kaybı, toplam atlama sayısı, bant genişliği, bağlantı kalitesi ve enerjidir.

[19]'da coğrafik bir yönlendirme protokolü önerilmiştir. Önerilen protokol ile uçtan uca gecikme, baz istasyonuna göre pozisyon, kalan enerji ve bir sonraki atlanacak düğümde oluşacak kuyruğun uzunluğu değerlendirilerek garantilenmiştir. [20]'de düğümlerdeki enerji tüketimini dengeleyerek ağın ömrünü maksimize eden bir yönlendirme yaklaşımı sunulmuştur. Kabul edilebilir gecikme süresi içinde baz istasyonuna ulaşabilmek için servis ayrımı kavramı kullanılmaktadır. Uçtan uca gecikmeyi azaltmak için trafik birden fazla alternatifli yollar üzerinden aktarılmaktadır. Veri fazlalığı oluşturmadığı için de genel verim artırılmış olmaktadır. Yöntem atlanacak bir sonraki düğümü düğümlerin kalan enerjisi, bellek büyüklüğü ve SNR (Signal to Noise Ratio – Sinyalin gürültüye oranı) bilgilerini değerlendirerek belirlemektedir.

Diğer bir çalışmada, ağdaki küme başları (cluster heads) baz istasyonuna giden optimal yolu bulmada karınca kolonisi optimizasyonunu kullanmışlardır [21]. Gidilen her düğümün mevcut enerjisi, ortalama kuyruk gecikmesi, paket kaybı ve hafıza verileri kaydedilmiştir. Bu verilere bağlı olarak hesaplanan olasılıklarla atlanacak bir sonraki küme başı belirlenmiştir. [22]'de farklı trafik akışları için farklı servis gereksinimleri hesaba katılmıştır. Bunlar, gecikme, paket kaybı, düğümlerde kalan enerji ve her rota için gereken atlama sayısı gibi çeşitli servis kısıtlarıdır. Yöntem baz istasyonunun ihtiyaçlarını belirten bir sorgu yayınlaması ve alttaki her düğümün kendi kaynaklarını kontrol edip eğer belirlenen eşiğin üzerinde kaynağa sahipse rotaya eklenmesi şeklinde çalışmaktadır. Bu yolla birden fazla rotanın belirlenebilmesi mümkün olmaktadır. Bu durumda ara düğüm sayısı en az olan rota tercih edilmektedir.

[23]'de multimedya uygulamaları için gerekli bant genişliğini birbirine karışmayan rotalar aracılığıyla sağlayan ve ağ ömrünü uzatmayı amaçlayan bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Önerilen algoritmada kaynaktan baz istasyonuna tek bir rota oluşturulur. Fakat tıkanıklık ya da bant genişliği kıtlığı durumlarında ek rotalar da adım adım oluşturulabilir. Yöntemdeki temel mantık şudur; bir rota seçildiği zaman bu rotadaki iletimi aksatabilecek tüm düğümler uyutulmaktadır. Böylelikle hem çakışmalar azaltılmakta hem de tekrar gönderim sayısı azalacağından enerji tasarrufu sağlanmaktadır.

Bunlar ve benzeri iletim katmanı protokolleri optimalliğin yukarıda bahsedilen gecikme, tıkanıklık kontrolü, güvenilirlik, enerji gibi servis kalitesi parametreleri ile belirlendiği optimal rotaların bulunmasını amaçlamaktadır. Ayrıca, KMAA'larda düğümlerin yerleştirilmesi yönlendirme açısından ağın performansını, kapasitesini, gecikmesini, verimliliğini ve enerji tüketimini önemli ölçüde etkiler [17], [27]. [25]'de düğüm yerleştirme ile ilgili yapılan çalışmada KMAA'larda enerjinin daha verimli kullanılması için düğümlerin yerleştirileceği konumlar hesaplanarak matematiksel bir formül geliştirilmiş ve bu formüle göre düğümler yerleştirilmiştir.

D. TAŞIMA KATMANI

Taşıma katmanı, algılayıcı ağlar üzerinde gecikme kısıtlı iletişimde önemli rol oynamaktadır. Enerji kısıtları ile birlikte tıkanıklık tespiti ve azaltılması, uçtan uca gecikme ve güvenilirlik gereksinimleri karşılanmalıdır [5]. KMAA'da çok tipli trafik akışı söz konusudur ve her trafiğin kendine mahsus güvenilirlik, hata ve gecikme kısıtları olabilmektedir. Tüm bu kısıtların her trafik akışı için ayrı ayrı sağlanıyor olması gerekmektedir. Geleneksel KAA'daki taşıma katmanı protokolleri KMAA için uygun değildir. KAA'da servis farkı olmaması, daha esnek gecikme sınırları olması ve uygulamaya

mahsus güvenilirliktense olayın güvenilirliğinin önemli olması KMAA'ları KAA'lardan ayıran özelliklerdendir [5].

[26]'da KAA'lar için güvenilir bir taşıma şeması önerilmiştir. Olay tespitlerinin daha güvenilir şekilde sağlanması ile enerji sarfiyatının minimuma indirildiği bir çözüm düşünülmüştür. Yöntemdeki tıkanıklık kontrol birimi, güvenilirlik ve enerji korunumu için çalışmaktadır. Algoritma, enerji tasarrufu için baz istasyonu üzerinde ve minimum işlev ile çalıştırılmaktadır. ESRT (Event-to-Sink Reliable Transport) isimli protokolde yapılacak işlemlere elde edilen güvenilirlik ve ağdaki tıkanıklık durumuna göre karar verilir. Eğer güvenilirlik gerekenden az ise kaynak düğümlerin raporlama frekansı hedef güvenilirliğe erişene kadar artırılır. Eğer güvenilirlik gerekenden fazla ise ESRT enerjiyi korumak için güvenilirliği istenen seviyede tutarak rapor sıklığını azaltır. [27]'de yine KAA'lar için enerji etkin tıkanıklık kontrol yapısı önerilmiştir. Çalışmada paket kaybının enerji sarfiyatı üzerindeki büyük etkisi vurgulanmıştır. [28]'de KMAA'lar için video kalitesini artırmak, paket kaybını azaltmak ve enerji tasarrufu sağlamak adına EECA (Energy Efficient Congestion Avoidance) isimli protokol geliştirilmiştir. Bu protokol ağdaki tıkanıklığı öngörerek ve tıkanıklık olmadan önce kaynak düğümlerin çıkış oranını ayarlayarak, KMAA'lardaki paket kaybı oranını en aza indirgemek için geliştirilmiştir. Ayrıca, bu çalışmanın dışında yine tıkanıklık kontrolü ve güvenilirlik ile alakalı çalışmalar mevcuttur [29], [30].

D. UYGULAMA KATMANI

KMAA'larda uygulama katmanı çalışmalarında genel olarak elde edilen verinin sıkıştırılması üzerinde durulmuştur. Piksel tabanlı Wyner-Ziv kodlayıcı algılayıcı ağlar için uygun bir uygulama katmanı işlemi olarak önerilmektedir [1], [31]. Fakat bu kodlayıcı, kod çözücü tarafından çok sayıda geri besleme gerektirdiğinden gecikmelere sebep olmaktadır. [32]'de piksel tabanlı Wyner-Ziv kodlayıcı otomatik oran seçimi ile birlikte dilimli bir yapıda uygulanmıştır. Gereksiz parite bitlerinin gönderilmemesi ve böylelikle bant genişliğinin etkin kullanımı amaçlanmıştır. Kodlayıcı uç taraftaki bilgi kalitesini alır ve başarılı olarak kodlanacak şekilde ona uygun sayıda parite bitini gönderir.

Bir başka çalışmada [33] iki aşamadan oluşan bir protokol önerilmiştir. İlk aşamada entropi tabanlı bir ayrıklık ölçütü ile birbiriyle ilişkili kameraların birlikte kodlama yaptıklarında elde edilecek sıkıştırma kazancı ölçülmektedir. Daha sonra kodlama için optimal kümeleme hiyerarşisi oluşturulmaktadır. Böylelikle, kod çözücü tarafında sağlanan güvenilirliğin yanında global sıkıştırma kazancı da maksimize edilmektedir. Sıkıştırmanın maksimizasyonu minimum entropiye sahip kümelerin seçilmesi ile güvenilirlik ise seçilen kümelerin en az ikisinde tüm kamera düğümlerinin kapsandığının garanti edilmesi ile sağlanmaktadır.

E.Sun ve ark. [34] geliştirdikleri sıkıştırma algoritması olan Low Energy Image Compression Algorithm (LEICA) sayesinde görüntü kalitesini bozmadan verinin boyutunu küçülterek harcanan enerjiyi en aza indireceklerini savunmuşlardır. Görüntünün iletiminde hem görüntünün kalitesi korunduğu hem de sıkıştırma oranı arttırılarak görüntünün iletiminde enerji verimliliği sağlandığı sonucuna varılmıştır. A.Said ve ark. tarafından kod çözmede ve kodlamada daha hızlı olmasını sağlamak amacı ile Hiyerarşik Ağaçlarda Küme Bölümleme (Set Partitioning in Hierarchical Trees - SPIHT)'yi geliştirmişlerdi [35]. SPIHT, görüntünün piksel verilerini ağaç yapısına dönüştürerek birbiriyle yüksek derecede ilişkili olan pikselleri bir küme altına toplamaktadır. Daha sonra sıfır değerli ağaçları tek bir değerde kodlama işlemini yapmaktadır. Dalgacık dönüşümünün doğasındaki bu özellik sayesinde hiyerarşik ağaçlarda kümeleme bölümleme algoritması ile birlikte görüntülerde yüksek sıkıştırma oranı elde edilmiştir. Discrete Wavelet Transform (DWT), dalgacık dönüşüm

alanında korunan enformasyon ölçekteki fazlalıkların azalması esasına dayanır. İlk olarak görüntüye dalgacık dönüşümü uygulanır ve katsayıların bir kısmı dönüştürülmüş görüntüden atılır. Bu noktada hangi katsayıların korunup hangilerinin atılacağı istatistiksel hesaplara, görüntünün işaret enerji konumu ve tecrübe edilmiş eşik değeri gibi uygulamaya bağlı olarak seçilebilir. Kodlama geriye kalan katsayılara uygulanır. Sıkıştırılmış görüntü çözülen katsayılardan tekrar oluşturulur ve ters dönüşüm uygulanarak orijinal görüntü yeniden elde edilir [36]. DWT, paket hata oranını azaltmak için etkili bir kuyruk kontrol stratejisini içermektedir.

[37]'de Mulugeta ve ark. algılayıcı ağlar için güvenli bir yönlendirme protokolü önermişlerdir. Bu çalışmada görüntünün sıkıştırılması, işlenmesi ve iletimi sırasında enerjinin minimum seviyede kullanılması amaçlanmıştır. Ayrık Kosinüs Dönüşüm (Discrete Cosine Transform – DCT) KMAA'larda sıklıkla kullanılan görüntü sıkıştırma tekniğidir. DCT tabanlı görüntü sıkıştırma teknikleri yeterli sıkıştırma verimliliği sağlamaktadır. Kodlama, küçük bireysel görüntü bloklarına ayrılarak düşük bellek uygulanmalarında da kullanılması sağlanır [38].

III. YAPILAN ÇALIŞMALARIN ÇIKARIMLARI

Literatürde yapılan çalışmalarda; gecikme, servis kalitesi, tıkanıklık, güvenilirlik, paket kaybı ve bant genişliği üzerinde durulmuştur. Tablo 1'de bu gereksinimlerin yapılan çalışmalara göre hangi katmanda gerçekleştiği görülmektedir.

Tablo 1. *Katmanlara göre literatürde yer alan çalışmalar*

Katmanlar	Gecikme	Servis Kalitesi	Tıkanıklık	Güvenilirlik	Paket Kaybı	Bant Genişliği
Fiziksel Katman	[9], [10], [11]		[9]		[9]	
MAC Katmanı	[10], [15], [16]	[10], [13]			[13]	
Ağ Katmanı	[17], [20], [22]	[17]		[17]	[22]	[23]
Taşıma Katmanı	[5]	[28]	[5], [29], [30]	[5], [29], [30]	[27]	
Uygulama Katmanı	[32]	[32]		[33]		

Yapılan literatür taraması sonucunda ve çıkarımlardan elde edilen Tablo 1'de görüleceği üzere katmanlı yapıya göre alt katmanlarda yapılmış çok sayıda çalışma yer almaktadır. Bu çalışmalar daha çok alınan veriyi yönlendirmek, ağın güvenliği ve yönetimi sağlamak şeklindedir. Yapılan çalışmaları katmanlı yapıya göre incelediğimizde;

Fiziksel katmanda geliştirilen algoritmalar enerji verimliliği sağlarken aynı zamanda uçtan uca gecikme azaltılmıştır ve paket kaybı da önlenmiştir. Çalışmalardan 1 tanesinde yeni yöntem geliştirilmiş, 2 tanesinde de IEEE 802.11e standardı geliştirilmiştir.

MAC katmanında, çarpışma ve yeniden gönderimlerin sayısını azaltma, enerji tüketimi ve girişimleri minimize etme, uyumluluk ve güvenilirliği maksimize etmek gibi konular üzerinde çalışılmıştır. Çalışmalardan 2 tanesinde protokol geliştirilmiş, 2 tanesinde de düğümlerin uyku durumunda olmalarına rağmen servis kalitesinin daha iyi olası için dinleme yapması sağlanmıştır.

Ağ katmanında yönlendirilme algoritması ile enerji verimliliği incelenmiş, çalışmalardan 1 tanesinde ağ performansını optimize etmek için algoritma geliştirilmiş, 3 tanesinde yönlendirme protokolü geliştirilmiş, 2 tanesinde ağdaki düğümlerin yerleştirilmesi için matematiksel formüller geliştirilmiştir.

Taşıma katmanında güvenilir taşıma şemaları oluşturularak enerji verimliliği sağlanması çalışılmıştır. Çalışmalardan 2 tanesinde baz istasyonu üzerinde çalışan ve minimum enerji harcayan güvenlik içeren bir algoritma geliştirilmiş, 2 tanesinde ağdaki tıkanıklığı kontrol altına almak için protokol geliştirilmiştir. 1 tanesinde de paket kaynını azaltmak ve kaliteyi arttırmak için protokol geliştirilmiştir.

Uygulama katmanında enerji verimliliği daha çok verilerin sıkıştırılması ile gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmalardan 3 tanesinde gereksiz bitler çıkarılarak verinin aktarılması sağlamış, 1 tanesinde elde edilen görüntülerin kümelemesi sağlanarak güvenilirlik elde edilmiş, 2 tanesinde de var olan sıkıştırma algoritmasını üzerine işlem yaparak daha verimli hale getirilmesi sağlanmıştır.

IV. SONUÇ

Bu çalışmada, KMAA'lar için literatürde kullanılan enerji duyarlı protokoller katmanlı mimari yapısına göre incelenmiştir. Yapılan araştırmalar dayanarak, uygulama katmandaki çalışmaların yetersizliği ve gerçekleştirilecek iyileştirmelerin diğer katmanlardakilerle birleştirilerek daha fazla enerji duyarlı yaklaşımların geliştirilmesi düşünülebilir. Enerji kısıtının çok önemli bir problem olduğu multimedya algılayıcı ağlarda, ağ ömrü transfer edilen veri boyutunun minimize edilmesi ve daha sonra aktarılması olduğu anlaşılmaktadır. Bu işlemlerinde uygulama katmanında gerçekleşebileceği görülmektedir. Ayrıca, elde edilen çıkarımlar ile KMAA'larda geliştirilecek olan enerji verimli uygulamalar için ihtiyaç olan gereksinimler sağlanabilmektedir.

V. KAYNAKLAR

[1] I. F. Akyildiz, T. Melodia, and K. Chowdhury, "A survey on wireless multimedia sensor networks," Comput. Networks, vol. 51, no. 4, pp. 921–960, 2007.

[2] A. Mainwaring, D. Culler, J. Polastre, R. Szewczyk, and J. Anderson, "Wireless Sensor Networks for Habitat Monitoring," Proc. 1st {ACM} Int. Work. Wirel. Sens. Networks Appl., pp. 88–97, 2002.

[3] I. F. Akyildiz, T. Melodia, and K. R. Chowdhury, “Wireless Multimedia Sensor Networks: Applications and Testbeds,” Proc. IEEE, vol. 96, no. 10, pp. 1588–1605, 2008.

[4] B. Harjito and S. Han, “Wireless Multimedia Sensor Networks Applications and Security Challenges,” 2010 Int. Conf. Broadband, Wirel. Comput. Commun. Appl., pp. 842–846, 2010.

[5] Z. Hamid and F. B. Hussain, “QoS in Wireless Multimedia Sensor Networks: A Layered and Cross-Layered Approach,” Wirel. Pers. Commun., vol. 75, no. 1, pp. 729–757, Mar. 2014.

[6] S. Pudlewski, A. Prasanna, and T. Melodia, “Compressed-Sensing-Enabled Video Streaming for Wireless Multimedia Sensor Networks,” IEEE Trans. Mob. Comput., vol. 11, no. 6, pp. 1060–1072, Jun. 2012.

[7] A. A. Kumar S., K. Ovsthus, and L. M. Kristensen., “An Industrial Perspective on Wireless Sensor Networks — A Survey of Requirements, Protocols, and Challenges,” IEEE Commun. Surv. Tutorials, vol. 16, no. 3, pp. 1391–1412, 2014.

[8] C. Suh, Z. H. Mir, and Y.-B. Ko, “Design and implementation of enhanced IEEE 802.15.4 for supporting multimedia service in Wireless Sensor Networks,” Comput. Networks, vol. 52, no. 13, pp. 2568–2581, 2008.

[9] M. Lin, J. Leu, W. Yu, M. Yu, and J. C. Wu, “On Transmission Efficiency of the Multimedia Service over IEEE 802 . 15 . 4 Wireless Sensor Networks,” in Advanced Communication Technology (ICACT), 2011 13th International Conference on, 2011, pp. 184–189.

[10] N. Saxena, A. Roy, and J. Shin, “Dynamic duty cycle and adaptive contention window based QoS-MAC protocol for wireless multimedia sensor networks,” Comput. Networks, vol. 52, no. 13, pp. 2532–2542, 2008.

[11] G. A. Shah, W. Liang, and X. Shen, “Cross-Layer Design for QoS Support in Wireless Multimedia Sensor Networks,” in 2010 IEEE Global Telecommunications Conference GLOBECOM 2010, 2010, pp. 1–5.

[12] M. A. Yigitel, O. Durmaz Incel, and C. Ersoy, “Diff-MAC,” in Proceedings of the 6th ACM workshop on QoS and security for wireless and mobile networks - Q2SWinet ’10, 2010, p. 62.

[13] K. Nguyen, T. Nguyen, C. K. Chaing, and M. Motani, “A Prioritized MAC Protocol for Multihop, Event-driven Wireless Sensor Networks,” in 2006 First International Conference on Communications and Electronics, 2006, pp. 47–52.

[14] J. Ben-Othman, S. Diagne, L. Mokdad, and B. Yahya, “Performance evaluation of a hybrid MAC protocol for wireless sensor networks,” in Proceedings of the 13th ACM international conference on Modeling, analysis, and simulation of wireless and mobile systems - MSWIM ’10, 2010, p. 327.

[15] Hoon Kim and Sung-Gi Min, “Priority-based QoS MAC protocol for wireless sensor networks,” in 2009 IEEE International Symposium on Parallel & Distributed Processing, 2009, pp. 1–8.

[16] O. Farrag, M. Younis, and W. D'Amico, "MAC Support for Wireless Multimedia Sensor Networks," in GLOBECOM 2009 - 2009 IEEE Global Telecommunications Conference, 2009, pp. 1–6.

[17] Y. Shouyi, L. Leibo, Z. Renyan, S. Zhongfu, and W. Shaojun, "Design of wireless multi-media sensor network for precision agriculture," China Commun., vol. 10, no. 2, pp. 71–88, Feb. 2013.

[18] D. Culler, D. Estrin, and M. Srivastava, "Guest Editors' introduction: Overview of sensor networks," Computer (Long. Beach. Calif)., vol. 37, no. 8, pp. 41–49, 2004.

[19] L. Savidge, Huang Lee, H. Aghajan, and A. Goldsmith, "QoS-based geographic routing for event-driven image sensor networks," in 2nd International Conference on Broadband Networks, 2005., pp. 68–77.

[20] J. Ben-Othman and B. Yahya, "Energy efficient and QoS based routing protocol for wireless sensor networks," J. Parallel Distrib. Comput., vol. 70, no. 8, pp. 849–857, 2010.

[21] L. Cobo, A. Quintero, and S. Pierre, "Ant-based routing for wireless multimedia sensor networks using multiple QoS metrics," Comput. Networks, vol. 54, no. 17, pp. 2991–3010, 2010.

[22] X. Yan, L. Li, and F. J. An, "Multi-constrained routing in wireless multimedia sensor networks," in 2009 International Conference on Wireless Communications & Signal Processing, 2009, pp. 1–5.

[23] M. Maimour and Moufida, "Maximally radio-disjoint multipath routing for wireless multimedia sensor networks," in Proceedings of the 4th ACM workshop on Wireless multimedia networking and performance modeling - WMuNep '08, 2008, p. 26.

[24] M. Cao, L. T. Yang, X. Chen, and N. Xiong, "Node placement of linear wireless multimedia sensor networks for maximum network lifetime," in Proceedings of the 3rd international conference on Advances in grid and pervasive computing, 2008, pp. 373–383.

[25] P. Pace, V. Loscrí, E. Natalizio, and T. Razafindralambo, "Nodes placement for reducing energy consumption in multimedia transmissions," in IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, PIMRC, 2011, pp. 909–914.

[26] O. B. Akan and I. F. Akyildiz, "Event-to-sink reliable transport in wireless sensor networks," IEEE/ACM Trans. Netw., vol. 13, no. 5, pp. 1003–1016, Oct. 2005.

[27] C.-Y. Wan, S. B. Eisenman, and A. T. Campbell, "CODA," in Proceedings of the first international conference on Embedded networked sensor systems - SenSys '03, 2003, p. 266.

[28] S. M. Aghdam, V. Heidari, and M. Khansari, "EECA: Energy Efficient Congestion Avoidance in Wireless Multimedia Sensor Network," in 6th International Symposium on Telecommunications (IST), 2012, pp. 656–661.

[29] Wang, K. Sohraby, and B. Li, “SenTCP: A Hop-by-Hop Congestion Control Protocol for Wireless Sensor Networks,” 2005.

[30] F. Stann and J. Heidemann, “RMST: reliable data transport in sensor networks,” in Proceedings of the First IEEE International Workshop on Sensor Network Protocols and Applications, 2003., 2003, pp. 102–112.

[31] E. Gürses and Ö. B. Akan, “Multimedia communication in wireless sensor networks,” Ann. Des Télécommunications, vol. 60, no. 7–8, pp. 872–900.

[32] X. Zhuo, K. Loo, J. Cosmas, and P. Yip, “Distributed video coding in wireless multimedia sensor network for multimedia broadcasting,” 2008.

[33] P. Wang, R. Dai, and I. F. Akyildiz, “Collaborative Data Compression Using Clustered Source Coding for Wireless Multimedia Sensor Networks,” in 2010 Proceedings IEEE INFOCOM, 2010, pp. 1–9.

[34] E. Sun, X. Shen, and H. Chen, “A low energy image compression and transmission in wireless multimedia sensor networks,” in Procedia Engineering, 2011, vol. 15, pp. 3604–3610.

[35] A. Said and W. A. Pearlman, “A new, fast, and efficient image codec based on set partitioning in hierarchical trees,” {IEEE} Trans. Circuits Syst. Video Technol., vol. 6, no. 3, pp. 243–250, 1996.

[36] A. Fakhari and M. Fathy, “A Two Level Architecture for High Throughput DCT-Processor and Implementing on FPGA,” in 2010 International Conference on Reconfigurable Computing and FPGAs, 2010, pp. 115–120.

[37] T. Mulugeta, L. Shu, M. Hauswirth, M. Chen, T. Hara, and S. Nishio, “Secured two phase geographic forwarding protocol in wireless multimedia sensor networks,” in GLOBECOM - IEEE Global Telecommunications Conference, 2010.

[38] N. Ahmed, T. Natarajan, and K. R. Rao, “Discrete Cosine Transform,” IEEE Trans. Comput., vol. C-23, no. 1, pp. 90–93, Jan. 1974.