

Real-time multi-application based sensor flux management

Ozgun Pinarer, Yann Gripay, Sylvie Servigne, Atay Ozgovde

► **To cite this version:**

Ozgun Pinarer, Yann Gripay, Sylvie Servigne, Atay Ozgovde. Real-time multi-application based sensor flux management. IEEE Conference, 24th Signal Processing and Communication Application Conference (SIU), May 2016, Zonguldak, Turkey. pp. 765-768, 10.1109/SIU.2016.7495852 . hal-01972722

HAL Id: hal-01972722

<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01972722>

Submitted on 10 Feb 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Gerçek Zamanlı Çoklu Uygulama Destekli Algılayıcı Veri Akışı Yönetimi

Real-Time Multi-Application based Sensor Flux Management

Ozgun Pinarer^{*†}, Yann Gripay^{*}, Sylvie Servigne^{*}, Atay Ozgovde[†]

^{*}Lyon Üniversitesi, CNRS

INSA-Lyon, LIRIS, UMR CNRS 5205, F-69621, Fransa

Email: isim.soyisim@insa-lyon.fr

[†]Galatasaray Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

Çırağan Cad. No:36, 34349, İstanbul, Türkiye

Email: {opinarer, aozgovde}@gsu.edu.tr

Özetçe —Akıllı bina izleme sistemleri birden fazla uygulamanın bir algılayıcı ağ altyapısını ortak kullanarak çalıştığı karmaşık yapılar olarak ortaya çıkmaktadır. Literatürdeki çalışmalar, binaların enerji tüketimini iyileştirmeye ve akıllı bina enerji yönetim sistemleri üzerine yoğunlaşmıştır. Bu çalışmalarda önerilen çözümler çoğunlukla uygulama tabanlı olup, sabit kablosuz ağ yapılandırmasını benimsemektedir. Bu bildiriye, akıllı bina enerji tüketimi izleme mimarisinin kendisinin enerjisi üzerine yoğunlaşmıştır. İzleme sistemimizi gerçek zamanlı algılayıcı düğüm verilerini kullanan uygulamaların bütünü oluşturmaktadır. Bu uygulamalar, algılayıcı düğüm veri akışları üzerinde servise yönelik sürekli sorgular şeklinde ifade edilmektedir. Çalışmamızda, gerçek zamanlı uygulama gereksinimleri ile algılayıcı düğümler arasındaki etkileşimi iyileştirmek hedef alınmıştır ve çoklu uygulamalar için enerji farkında dinamik düğüm yönetimi önerilmiştir. Bildiriye veri örnekleme ve gönderim sıklığı değişkenleri temelli algılayıcı düğüm şekillendirilme işlevi anlatılmıştır. Ardından, uygulama gereksinimden yola çıkan dinamik enerji farkında düğüm yapılandırma algoritması sunulmuştur. Bu işlemleri gerçekleştiren, algılayıcı düğüm yapılandırmasını dinamik olarak iyileştiren ve veri akışlarını yöneten Akıllı-Servis Akışa-Yönelik Algılayıcı Yönetim (3SoSM) katmanını ortaya konmuştur. Önerilen yaklaşım, gerçekleştirilen akıllı bina senaryoları ile test edilmiş, sonuçları incelenip tartışılmıştır¹.

Anahtar Kelimeler—veri akışı yönetimi, kablosuz algılayıcı ağlar, akıllı bina sistemleri, sürekli sorgu işleme.

Abstract—Smart building management systems become very popular research topics due to high energy consumption of buildings in developed countries. Proposed approaches in the literature commonly focus on smart building energy management systems to improve this high consumption and on network communications between deployed devices. However, these approaches are specialized for a single monitoring application, and adopt static wireless sensor device configurations. In this study, we focus on the energy and lifetime of the monitoring architecture itself. We consider a monitoring system as a set of applications that exploit sensor measures in real-time, where these applications are declaratively expressed as (service-oriented) continuous queries over sensor

data streams. We tackle the optimization of interactions between application real-time requirements for data and wireless sensor devices that produces those data. In this context, we present a novel approach, an energy-aware dynamic sensor configuration mechanism for a sustainable declarative monitoring architecture that can support multiple applications. We first introduce formalization of application requirements and sensor configuration based on data acquisition/transmission and continuous stream queries. We then propose a self-adaptive energy-aware algorithm that dynamically generates optimized sensor configurations based on real-time query requirements. We also present a Smart-Service Stream-oriented Sensor Management (3SoSM) Gateway that optimizes sensor configurations and manages sensor data streams. Finally, we present a set of experiments we conducted with a wireless sensor network simulator and with a real Smart Building platform.

Keywords—sensor data management, wireless sensor network, smart building, continuous query processing.

I. GİRİŞ

Akıllı ev sistemleri, günümüz dünyasının ön plana çıkan araştırma konuları arasında üst sıralarda bulunmaktadır. Yapılan uluslararası araştırmalar, özellikle gelişmiş ülkelerde binaların tükettikleri enerji miktarının o ülkenin toplam enerji kaynaklarının çoğunu oluşturduğunu göstermektedir. Akıllı bina sistemlerinin temel amacı, doğal hayata asgari düzeyde etki ederek enerji kaynaklarının daha verimli kullanılmasını sağlamaktır.

Bu sistemler, binanın enerji tüketiminin takibi dışında evde yaşayan kişilerin yaşam kalitesini yükseltmeye yönelik servisleri (otomatik ayarlanan oda sıcaklığı, nem ve ışık kontrolü, hava kalitesi, güvenlik hususları gibi) de bünyesinde barındırmaktadır. Bu bağlamda, her akıllı bina bir yaygın ortam olarak kabul edilmekte olup Kablosuz Algılayıcı Ağ (KAA) ve algılayıcı düğüm yönetimi çalışma alanlarını kapsamaktadır.

Bu bildiriye, yaygın ortamlar için çoklu uygulamaları destekleyen bina takip çalışmamızı sunuyoruz. Algılayıcı düğümlerin en temel sorunu sınırlı ömürleri ve yüksek enerji

¹Bu çalışma Galatasaray Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) tarafından 16.401.002 numaralı proje kapsamında desteklenmiştir.

tüketimleridir. Bu sebepten, gerçek zamanlı enerji takibi önem arz etmektedir. Algılayıcı düğümlerin belirli bir örnekleme ve gönderim sıklığı vardır. Bu çalışmamızda, çoklu uygulama sistemlerini destekleyen, uygulama gereksinimlerine gerçek zamanlı cevap veren, algılayıcı düğümü dinamik olarak yöneten bir yaklaşım önermekteyiz. Uygulama gereksinimleri ile algılayıcı düğüm arasında oluşan çift yönlü etkileşim, sunduğumuz dinamik düğüm yönetiminin temel noktasını oluşturmaktadır. Önerilen bu yaklaşım ile algılayıcı düğümlerin çalışma değişkenleri uygulama gereksinimlerine göre dinamik olarak ayarlanarak tüketilen enerjide iyileştirme sağlanmaktadır.

Bildirinin geri kalanı şu şekilde bölümlendirilmiştir: Bölüm II'de literatürdeki benzer çalışmalar anlatılmıştır. Önerilen yaklaşım Bölüm III'de sunulmuştur. Bölüm IV'te çalışmada kullanılan araçlar tanıtılmıştır. Bölüm V'te gerçekleştirilen senaryolardan biri anlatılıp elde edilen sonuçlar sunulmuştur. Elde edilen genel sonuçlar ve tartışmalar Bölüm VI'da verilip genel değerlendirmelerde bulunulmuştur.

II. BENZER ÇALIŞMALAR

Bu bildiriye sunduğumuz yaklaşım, yaygın ortam yönetim sistemleri, akıllı bina mimarisi/tasarımı, algılayıcı düğüm veri akışı yönetimi ve enerji tüketim konularını kapsamaktadır. Akıllı bina mimarisi üzerine yapılan çalışmalar, binanın gerçek zamanlı takibini, kullanıcının konforunu ve güvenliğini temel almaktadır. Aynı zamanda, ortamdaki toplanan veriler makine öğrenmesi teknikleri kullanılarak bina yönetim mekanizmasının daha verimli çalışması hedeflenmektedir [1]. Literatürde algılayıcı düğüm veri akışı yönetimi ayrı bir öneme sahiptir. Kontrol ve öğrenme teknikleri ile veri akışları yönetilmekte, büyük veri yığınlarının analiz teknikleri kullanılarak bina ve ortam yönetimi sağlanmaktadır. Bu çalışmalar çoğunlukla binaların ısıtma, klima, havalandırma (HVAC), bulunurluk ve ışık sistemlerini hedef almaktadır [2]. Bu çalışmaların çoğu bina yönetimi ve binanın enerji tüketimini temel alırken, çok az bir kısmı kullanılan düğüm tabanlı sistemin enerjisi üzerinde çalışmıştır. Düğümlerin gerçek zamanlı enerji takibi aynı zamanda sistemin ömrü üzerinde de iyileştirilme yapılmasına olanak sağlamaktadır [3].

Şimdiye kadar yapılan bu çalışmalar, uygulama gereksinimlerini, çoklu kullanıcı isteklerine cevap verme yetisine sahip değildir. Ayrıca bu çalışmalarda sabit algılayıcı düğüm yapılandırması benimsenmiştir. Bu çalışmamızda, Akıllı-Servis Akıya-Yönelik Algılayıcı Yönetimi (*Smart-Service Stream-Oriented Sensor Management - 3SoSM*) adını verdiğimiz kullanıcı isteklerini başarıyla yerine getiren, enerji farkında dinamik algılayıcı düğüm yönetimi yaklaşımını sunmaktayız.

III. ÖNERİLEN YAKLAŞIM

Bu çalışmamızda yaygın ortamlar için enerji takip mimarisi kullanılmış, akıllı ev sistemleri hedef uygulama olarak seçilmiştir. Kullanılan mimarinin 3 ana katmanı mevcuttur [4]: Çoklu uygulamaların sisteme tanıtılmasını sağlayan uygulama katmanı, yaygın ortam işlevselliklerini yöneten, heterojen veri kaynaklarının sisteme entegre edilmesini sağlayan ve kullanıcı sorgularını çalıştıran yaygın ortam yönetim katmanı ve en altta ise algılayıcı düğümlerin oluşturduğu, sisteme veri sağlayan KAA.

A. Uygulama Gereksinimlerinin Formalizasyonu

Önerilen yaklaşımın temelini uygulama gereksinimleri ışığında algılayıcı düğüm yönetimi oluşturmaktadır. Çalışmamızda, çoklu uygulamayı destekleyen ve kullanıcıların isteklerinden oluşan algılayıcı düğüm çalışma çizelgesi sunulmaktadır. Uygulamalar sisteme servise yönelik sürekli sorgular şeklinde tanıtılmaktadır. Algılayıcı düğümlerin gerçek zamanlı ayarlanabilme özelliklerinden faydalanılarak, kullanıcılara veri örnekleme ve gönderim sıklığı ayarlarını yapma şansı verilmiştir. Bu şekilde birden fazla kullanıcı aynı algılayıcı düğümden farklı örnekleme ve gönderim sıklıkları ile veri isteyebilmektedir. Bu yaklaşımın gerçekleşmesi için sistem girdilerinin algılayıcı düğümün anlayabileceği şekle çevrilmesi gerekmektedir. Kullanıcı gereksinimleri olarak sisteme verilen birden fazla örnekleme ve gönderim sıklık çiftleri (f^{acq}, f^{tx}) zaman örüntüsü adı verdiğimiz tek bir algılayıcı düğüm çalışma çizelgesi şekline dönüştürülmektedir. Ön koşul olarak, örnekleme sıklığı gönderim sıklığının bir katı olması istenmektedir: $f^{acq} = k \times f^{tx}$ ($k \in \mathbb{N}^*$)

Uygulama gereksinimi şu şekilde ifade edilebilmektedir: $s = (d, m, f^{acq}, f^{tx}) \in D \times M \times \mathbb{R}^+ \times \mathbb{R}^+$ sistem girdisi s , sistemin verisini istediği algılayıcı düğüm d_i , sistemden talep ettiği fiziksel ölçüm (sıcaklık, nem gibi) m , örnekleme ve gönderim sıklıkları (f^{acq}, f^{tx}). Verilen girdiler, önerilen yaklaşım ile düğüm örnekleme/gönderim sıklığı tabanlı çalışma çizelgesi formatına çevrilmektedir. Zaman örüntüsü ρ , düğüm aksiyonlarından (örnekleme A ve örnekleme+gönderim AT) ve verilen örüntünün periyodundan (uzunluğu ℓ) oluşmaktadır. Oluşturulan örüntü şu şekilde ifade edilebilir:

$$\rho = (\{(t, a)\}, \ell), \ell \in \mathbb{R}^+, t \in]0; \ell], a \in \{A, AT\}.$$

Örnek: Aynı algılayıcı düğüm için 2 farklı uygulama olduğunu farz edelim. İlk uygulama, sistemden her 3 sn'de örnekleme, her 6 sn'de veri gönderimi talep ederken, ikinci uygulama her 2 sn'de örnekleme, her 4 sn'de veri gönderimi isteginde bulunuyor. Uygulama isteklerinin algılayıcı düğüm için tek bir zaman örüntüsü formatına çevrilmesi üç etapta oluşmaktadır. Bu üç aşama Şekil-1'de gösterilmiştir.

1) Her uygulama için örüntünün yaratılması: Yukarıda açıklanan örüntü yapısı ile bu iki uygulama şu şekilde ifade edilebilir:

$$\rho_1 = (\{(3,A),(6,AT)\},6)$$

$$\rho_2 = (\{(2,A),(4,AT)\},4)$$

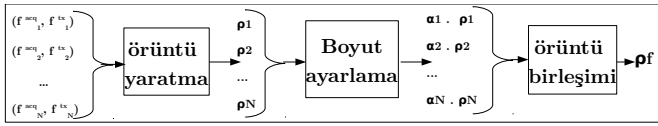
2) Örüntülerin aynı uzunluğa getirilmesi: Bu işlem için örüntülerin ortak zaman noktasının tespiti gereklidir. Bu örnek için $OKEK(6,4)=12$. Örnekteki örüntülerin aynı uzunluğa getirilmiş hali şu şekildedir:

$$\alpha_1.\rho_1 = (\{(3,A),(6,AT),(9,A),(12,AT)\},12)$$

$$\alpha_2.\rho_2 = (\{(2,A),(4,AT),(6,A),(8,AT),(10,A),(12,AT)\},12)$$

3) Örüntülerin birleşimi: En son aşama aynı uzunluktaki örüntülerden tek bir örüntü elde edilmesidir. Bu işlem sonucunda sonuç örüntüsü oluşturulmaktadır:

$$\rho_f = (\{(2,A),(3,A),(4,AT),(6,AT),(8,AT),(9,A),(10,A),(12,AT)\},12)$$



Şekil 1: Algılayıcı düğüm için zaman örüntüsü yaratılma işlemi

Benimsediğimiz yaklaşım ile algılayıcı düğüm gerçek zamanlı yönetilmekte, uygulama gereksinimleri doğrultusunda dinamik olarak ayarlanabilmektedir. Önerilen işlevsellik ile algılayıcı düğümler kendilerini gerçek zamanlı ayarlayarak gereksiz ölçüm yapma ve gereğinden fazla enerji tüketme sorunlarının üstesinden gelebilmektedir.

Çoklu uygulamanın yapısı gereği birden fazla uygulama, aynı algılayıcı düğüme farklı değişkenlerle veri akışı isteğinde bulunabilir. Sistem ayrıca dinamik uygulama gereksinimlerini de destekleyerek, veri akışı süresince uygulamanın belirttiği koşullara göre yeni veri akışı başlatabilir veya var olanı kapatabilir. Önerilen yaklaşımın olmadığı durumda en kötü koşul, sistem başlamadan hesaplanır ve tüm çalışma süresi boyunca devam eder. Bu durumda enerji tüketimi sistem için sorun yaratmaktadır. Sunduğumuz yaklaşım, bu tüketim sorununa cevap vermekte olup, uygulamanın gereksinimlerini de yerine getirmektedir. Bu çalışmada yeni nesil algılayıcı düğüm yönetim mekanizması *Akıllı-Servis Akışa-Yönelik Algılayıcı Yönetimini* sunmaktayız. Yaklaşımımız uygulama gereksinimi tabanlı, enerji farkında veri akışı yönetimini gerçekleştirmekte olup algılayıcı düğüm için uygulamadan bağımsız enerji iyileştirmesi sağlamaktadır.

IV. PLATFORM

A. SoCQ

Bu çalışmada yaygın ortam yönetim sistemi olarak servise yönelik sürekli sorgu motoru *SoCQ* (Service-oriented Continuous Query) [4] kullanılmıştır. Java dilinde yazılan bu platform, *Serena Algebra* adı verilen SQL-like sorgu dilini desteklemektedir. Yaygın ortamlar için geliştirilmiş olan *SoCQ* veri odaklı yaklaşımı ile heterojen veri yapısına sahip servisleri tek bir platformda toplayabilmektedir. Uygulamalar, *Serena Algebra* SQL-like sorgu dilinde sisteme sunulmakta olup, tek bir (one shot query) ve sürekli sorgu (continuous query) türlerini desteklemektedir. Ayrıca sisteme eklenen veya sistemden çıkan servisleri de takip edip dinamik kayıt tutmaktadır. *SoCQ* örnek sorgusu Tablo I'de gösterilmiştir. İlk sorgu ile servis keşfi yapılarak buldukları ortamın sıcaklık verisini servis edebilecek algılayıcı düğümler bulunup listelenmektedir. Sorgu sonucu listelenen düğüm servislerden seçilen odada bulunan düğümlere (örnekte "501.340" nolu oda) veri akışı isteği gönderilip bu düğümlerden sıcaklık veri akışı başlatılmaktadır.

B. WSN

KAAs ortamı için benzetim aracı WSN [5] kullanılmıştır. WSN C dilinde yazılmış, olay tabanlıdır. Kullanıcıya yeni protokol ve donanım modellerinin sisteme entegrasyonunu test etme imkanı sağlar. Algılayıcı düğüm benzetimi modüller yapıya sahiptir. Hareketlilik, enerji kaynağı, uygulama, yönlendirme, haberleşme, radyo ve anten kısımlarının ayrı modellemesini yapmak mümkündür.

Tablo I: Akıllı bina uygulaması için örnek SoCQ sorguları

```
CREATE RELATION TemperatureServices (
  ServiceID SERVICE,
  Location STRING,
  Temperature NUMBER VIRTUAL
) USING (
  getTemperature[ServiceId]():(Temperature),
  temperature[ServiceId]():(Temperature) STREAMING
)
AS
DISCOVER SERVICES PROVIDING
PROPERTY Location STRING,
METHOD getTemperature ( ) : ( NUMBER ),
STREAM temperature ( ) : ( NUMBER )
```

ServiceID	Location	Temperature
sensor:01	501.337	*
sensor:03	501.340	*
sensor:17	502.321	*

```
SELECT *
ONCE FROM TemperatureServices
WHERE Location = "501.340"
USING getTemperature;
```

```
SELECT *
STREAMING UPON insertion
FROM TemperatureServices
USING temperature[1];
```

Kullanıcı, benzetimde kullanılacak olan her katman için modelleri, protokolleri, ayrıca benzetimin genel ayarları olan benzetim süresini, algılayıcı ağ alan boyutlarını, algılayıcı düğüm sayısını ve yerleştirildikleri yerleri (3 boyutlu) belirleyebilmektedir.

WSNet benzetim aracı, ayrık olay benzetim modelini (discrete event simulator-DES) kullanmaktadır. Bu model, benzetim süresince gerçekleşecek birbirinden bağımsız olaylardan bir çizelge oluşturmakta ve bu çizelgedeki olayları sırasıyla gerçekleştirmektedir. WSN, benzetim araçlarının en temel özelliği olarak her hangi ardışık iki olay arasında geçen süreyi atlamaktadır. Ancak yaygın ortam yönetim sisteminde bu özellik yarardan çok zarar getirmektedir. Ortama algılayıcı düğüm eklenmesi veya ortamdan ayrılması durumu, gerçek zamanlı uygulama gereksinimlerinin dinamik olarak değişmesi durumlarında benzetim aracının bu hali uygun bir seçim değildir. Bu sebepten, anlatılan durumlar gözetilerek WSN benzetim aracının zaman çizelge mekanizması değiştirilmiş, özelleştirilmiştir. Zaman katsayısı eklentisi yapılarak ($\times 10$, $\times 20 \dots$), iki olay arasında geçen süreyi gerçek zamana göre orantılayan bir yapı ortaya konmuştur.

C. Akıllı-Servis Akışa-Yönelik Algılayıcı Yönetim Aracı - 3SoSM

3SoSM aracı, bildiride anlatılan *Akıllı-Servis Akışa-Yönelik Algılayıcı Yönetiminden* sorumlu olup *Yaygın Ortam Yönetim* katmanı ile KAA katmanı arasında yer almaktadır. Bu iki katman arasındaki çift yönlü haberleşme ve etkileşimi yönetmektedir. Java programlama dilinde yazılıp, SoCQ motoruna ve WSN benzetim aracına entegrasyonu yapılmıştır. Ortamdaki servis sağlayıcılarının sisteme kaydedilmesi veya sistemden çıkarılmasından sorumlu olan *Servis Yönetim* modülü, uygulama gereksinimleri ile algılayıcı düğüm arasındaki etkileşimi yöneten, düğümler için gerçek zamanlı zaman örüntüsü oluşturan *Veri Akış Yönetim* modülü 3SoSM'in iki ana parçasını oluşturmaktadır. Ayrıca belirtilen iki katman arasındaki haber-

leşmeden sorumlu *Haberleşme Arayüzü* ve ortamdaki servis sağlayıcılarını tarayan *Servis Keşif* modülü *3SoSM* aracının yardımcı kısımlarını oluşturmaktadır.

V. DENEYLER

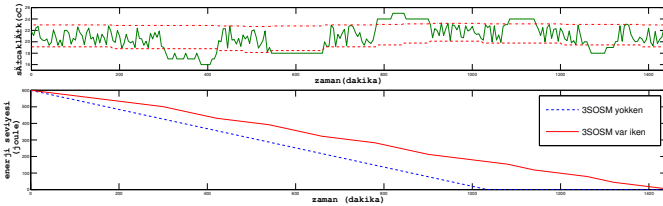
A. Deney Ortamı

WSNet benzetim ortamında akıllı bina uygulamalarına uygun olarak deney ortamı hazırlanmıştır. Yerleri önceden belirlenmiş, 70 algılayıcı düğüm ve bir ana düğümden oluşan ağ oluşturulmuştur. *Zigbee IEEE 802.15.4* haberleşme protokolü ve önceki çalışmalarımızdaki radyo modları kullanılmıştır [6], [7]. Enerji formülü olarak Denklem 1’de sunulan mikroişlemci ve radyo bileşenleri temel alınmıştır. Enerji formülündeki voltaj ve akım değerleri fiziksel bileşenlerin raporlarından elde edilmiştir. Deney senaryoları, her biri 1 gün boyunca (1440 dakika) *3SoSM* aracı kullanılarak ve kullanılmadan gerçekleştirilmiş olup enerji tüketiminin gerçek zamanlı takibi ve düğüm ömrü incelenmiştir. Bu bildiride gerçekleştirilen senaryolardan sadece bir tanesi sunulmuştur.

$$\mathcal{E}_{dugum} = \mathcal{E}_{CPU} + \mathcal{E}_{radyo} = \mathcal{E}_{CPU} + (\mathcal{E}_{Idle} + \mathcal{E}_{TX} + \mathcal{E}_{RX}) \quad (1)$$

B. Deney Senaryosu: Konfor Sıcaklığı

Akıllı evlerin en temel işlevi, oda sıcaklığını dış ortam sıcaklığına bağlı olarak belirtilen aralıkta tutmak, aksi durumda klima/ısıtma sistemini otomatik olarak çalıştırmaktır. Senaryo uyarınca ilk uygulama tüm sıcaklık servisi yapabilen algılayıcı düğümlerden her 1 sn sıcaklık değeri örnekleme, her 5sn veri gönderimi istemektedir ($f^{acq}=1$, $f^{tx}=0.2$). İkinci uygulama ise, konfor sıcaklığında olmayan odalardaki sıcaklık servisi yapabilen düğümlerden her 1 sn sıcaklık değeri örnekleme ve her 1sn veri gönderimi istemektedir ($f^{acq}=1$, $f^{tx}=1$). İkinci uygulama özel bir koşula bağlı olduğu için sadece verilen koşul sağlandığında (sıcaklığı konfor sıcaklığı dışında olan odalardaki algılayıcı düğümler için) devreye girecektir.



Şekil 2: Sıcaklık verisi ve algılayıcı düğüm enerji tüketim grafiği (24saat)

Şekil 2’ın üst grafiğinde 24 saat boyunca dış ortam sıcaklığına bağlı olarak konfor sıcaklık aralığı ve oda sıcaklığı gösterilmektedir. Görüldüğü üzere 5 farklı zaman aralığında oda sıcaklığı konfor aralığının dışındadır. Bu aralıklar, ikinci uygulamanın verdiği koşulları sağladığından bu aralıklar boyunca ilgili algılayıcı düğümler ($f^{acq}=1$, $f^{tx}=1$) ayarlarını kullanmaktadır. Senaryo boyunca seçilen algılayıcı düğümün enerji seviyesi Şekil 2’ın alt grafiğinde sunulmuştur. Ayrık çizgi önerdiğimiz yaklaşım *3SoSM*’in kullanılmadığı

durumu, sürekli çizgi *3SoSM*’in kullanıldığı durumu göstermektedir. *3SoSM* kullanılmadığı durumda, 2. uygulamanın tanımladığı koşul en baştan kabul edildiği için tüm senaryo boyunca düğümler yüksek örnekleme/gönderim sıklığı ayarları ile çalışmaktadır. Sonuç olarak düğümün enerjisi $t=1040min$ zamanında tükenmiş ve düğüm işlevselliğini yitirmiştir. Bu senaryoda enerji üzerinde 40%’lık bir iyileştirme başarılmış olup bu değer konfor sıcaklığı dışında geçirilen süreye göre değişkenlik göstermektedir.

VI. SONUÇ

Bu çalışmada, yaygın ortam izleme mimarisinin kendisinin enerji tüketim sorunu ele alınmıştır. Akıllı bina uygulama alanı çerçevesinde algılayıcı düğüm tabanlı izleme sisteminin servis ömrü üzerinde yoğunlaşmıştır. Literatürdeki akıllı bina enerji sistemleri, yaygın ortam yönetimi üzerine yapılan çalışmalarda algılayıcı düğümün ve tüm sistemin enerji tüketim sorunu ve servis ömrü konularına yeterince değinilmediği tespit edilmiştir. Var olan çalışmalar sabit düğüm yapılandırılmasını benimseyip, gereksinimleri dinamik değişebilen çoklu uygulamaları desteklememektedir. Bu bildiride gerçek zamanlı uygulama gereksinimlerini temel alan dinamik düğüm yönetim mekanizması sunulmuştur.

Önerdiğimiz enerji farkında düğüm yönetimi, dinamik uygulama gereksinimleri ile algılayıcı düğümleri arasındaki etkileşimi temel alarak enerji iyileştirmesi sağlamaktadır. Bu yaklaşım ile gerçekleştirilen *Akıllı-Servis Akışa-Yönelik Algılayıcı Yönetimi 3SoSM* sunulmaktadır. En temel algılayıcı düğüm değişkenleri olan örnekleme/gönderim sıklığı ayarları ile oluşturulan zaman örüntüsü ile algılayıcı düğüm yönetimi sağlanmakta ve çoklu uygulamaların gerçek zamanlı gereksinimlerine cevap verilebilmektedir. Bu çalışma için özelleştirilen *WSNet* benzetim aracı ile deneyler gerçekleştirilmiş, önerilen yaklaşımın enerji tüketimi ve servis ömrüne olan etkileri incelenmiştir.

KAYNAKÇA

- [1] H. Chen, P. Chou, S. Duri, H. Lei, and J. Reason, “The design and implementation of a smart building control system,” in *ICEBE’09*. IEEE, 2009, pp. 255–262.
- [2] U. Rutishauser, J. Joller, and R. Douglas, “Control and learning of ambience by an intelligent building,” *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, Part A: Systems and Humans*, vol. 35, no. 1, pp. 121–132, 2005.
- [3] L. Schor, P. Sommer, and R. Wattenhofer, “Towards a zero-configuration wireless sensor network architecture for smart buildings,” in *Proceedings of the First ACM Workshop on Embedded Sensing Systems for Energy-Efficiency in Buildings*. ACM, 2009, pp. 31–36.
- [4] Y. Gripay, F. Laforest, and J.-M. Petit, “Socq: A framework for pervasive environments,” in *ISPAN’09*. IEEE, 2009, pp. 154–159.
- [5] A. Fraboulet, G. Chelius, and E. Fleury, “Worldsens: development and prototyping tools for application specific wireless sensors networks,” in *IPSN’07*. IEEE, 2007, pp. 176–185.
- [6] O. Pinarer and A. Ozgovde, “Improving the energy efficiency of wearable computing units using on sensor fifo memory,” *International Journal of e-Education, e-Business, e-Management and e-Learning*, vol. 5, no. 2, p. 105, 2015.
- [7] —, “Application specific dynamic sleep scheduling,” in *23th Signal Processing and Communications Applications Conference, SIU’15*. IEEE, 2015, pp. 1765–1768.