

# SPIN Protokolünde Gönderilen Paket Sayısının Azaltılması

Ç. Çimen, V. Coşkun

Deniz Harp Okulu Deniz Bilimleri ve Mühendisliği Enstitüsü, İstanbul  
[vedatcoskun@dho.edu.tr](mailto:vedatcoskun@dho.edu.tr)

## Özetçe

Algılayıcı düğümler sınırlı miktarda enerjiye sahiptirler. Bu nedenle algılayıcı ağlar için enerji tüketimi önemli bir araştırma konusudur. Algılayıcı düğümler iletişim işlemleri esnasında diğer işlemlere nazaran daha çok enerji harcarlar. Böylece iletimin azaltılması enerji korunumu için başlıca hedeflerdir.

SPIN, algılayıcı ağlarda kullanılan bir veri dağıtım protokolüdür. Bu protokol üç çeşit paket kullanır. Bunlar ADV, REQ ve DATA olarak adlandırılır. SPIN'de kullanılan paket sayısı algılayıcı ağda kullanılan algılayıcı düğüm sayısı ile doğru orantılı olarak artar. Bu makalede biz SPIN protokolünde veri yaymak için kullanılan paket sayısını azaltarak enerji tüketiminde tasarruf yapmak üzere yeni bir düzenleme önerdik.

Başarım değerlendirmemiz, bizim düzenlememiz kullanıldığı taktirde SPIN protokolünü ilk veri dağıtımından sonra kullanmanın gerekli olmadığını gösterdi. Ayrıca bizim düzenlememizin ağdaki paket sayısını ve dolayısı ile tüketilen enerji miktarını azalttığını tespit ettik.

## Abstract

Sensor nodes have limited energy. Hence energy consumption is an important research issue for sensor networks. Sensor nodes consume much energy during transmit and receive operations then the other operations. Thus minimizing transmission is one of the main goals for power conservation.

SPIN is a data dissemination protocol for sensor networks. This protocol uses three kinds of data packets. In SPIN number of packets increases when number of nodes are increased in sensor network. In this paper we intend to decrease the number of packet those used in SPIN during data dissemination which would result in decreasing power consumption.

Our performance evaluations show that it is not necessary to use SPIN protocol after the first data dissemination when our scheme is used. We also have detected that number of packets and therefore energy consumption can be reduced this way.

## 1. Giriş

Algılayıcı ağlar, yeni teknoloji geliştirme ihtiyacının en önemli itici gücü olan askeri alanlar için, mikro-elektronik ve mekanik alanlarındaki ilerlemeler neticesinde geliştirilmeye başlanmıştır. Algılayıcı ağlar, yaygın uygulama alanlarının bulunması sonrasında sivil projelerde de yerini almıştır. Algılayıcı ağ elemanı olan algılayıcı düğümler, uygulama alanına bırakıldıktan sonra herhangi bir müdahaleye gerek kalmaksızın telsiz ortamını kullanarak organize olurlar. Algılayıcıların çalışma ömrü bataryalarında sahip oldukları enerji miktarının tüketim süresi kadardır. Bu bataryanın değiştirilmesi yapılan uygulama tipine bağlı olup, çoğu zaman imkansızdır. Buna örnek olarak düşman bir bölgeden istihbarat toplamak için atılan algılayıcıları verebiliriz. Algılayıcı ağların ömrü de algılayıcıların sahip olduğu bu kısıtlı enerji miktarını ne kadar sürede tükettikleri ile ilgilidir. Bunun içindir ki algılayıcı ağlar alanında yapılan araştırmaların

birçoğu algılayıcı ağı için, tüm ağ katmanlarında yapılan işlemlerin ayrı ayrı ya da birleşik olarak harcanan güç bakımından maliyet-etkin olması hedef alınmıştır [1].

Algılayıcı ağı meydana getiren algılayıcıların ağ içerisinde üç temel görevi vardır. Bunlar: algılamak, veri işlemek ve veri iletişimini sağlamaktır. *Algılamak*, algılayıcı düğümlerin uygulama alanında ölçme, tespit faaliyetleri ile bilgi elde etme işlemleri olup algılayıcı birim (sensing unit) tarafından yapılır. *Veri işleme*, algılayıcıdan gelen verinin anlamlandırılması ve iletişime hazır hale getirilmesi, algılayıcının birimleri arasındaki koordinasyon ve mevcut ağ kurallarına göre yönetimi olup, işlemci (processing unit) tarafından yapılır. İletişim faaliyeti; algılayıcı tarafından meydana getirilen verinin telsiz ortamdan iletimi ya da yine telsiz ortamdan alıcı tarafından alınan verinin, verici tarafından başka algılayıcı düğümlere aktarılmasıdır.

Algılayıcı düğüm bu üç temel görevini yerine getirmek için bataryasında depolanmış olan sınırlı miktardaki gücü ( $P$ ) kullanır. Algılama işlemleri için harcanan güç  $P_S$ , veri işleme işlemleri için harcanan güç  $P_P$ , iletişim işlemleri için harcanan güç ise  $P_C$  ile gösterildiğinde harcanan toplam gücü aşağıdaki denklem ile ifade edebiliriz [2, 3]:

$$P = P_S + P_P + P_C \quad (1)$$

İletişim için harcanan güç ise kendi içerisinde alıcı tarafından harcanan güç ( $P_{rx}$ ) ve verici için harcanan güç ( $P_{tx}$ ) olarak ayrıldığında aşağıdaki denklemi elde ederiz.

$$P_C = P_{rx} + P_{tx} \quad (2)$$

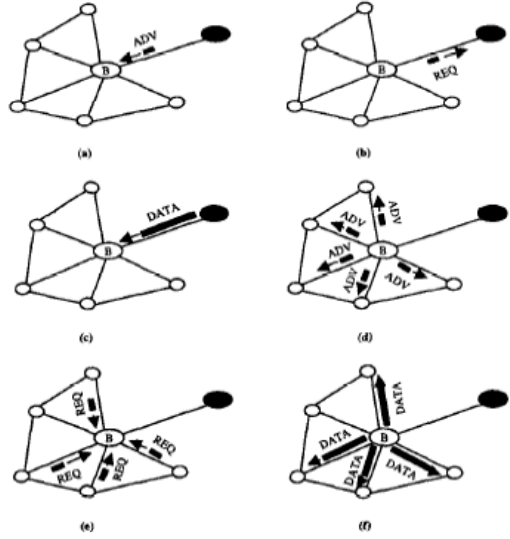
[4]'de radyo iletişimi modeli ortaya koyularak iletişim esnasında harcanan enerji miktarları formüllerle gösterilmiştir. Bir bit verinin transferi için alıcı ve vericide harcanan enerji miktarı  $E_{elec}$  ile, iletimi bir metrekareye yaymak için kuvvetlendiricide harcanan enerji miktarı  $C_{amp}$  gösterilmiştir. Böylece  $k$  bit uzunluğunda bir mesajı  $d$  mesafesine yaymak için vericide harcanan enerji miktarı;

$$P_{tx} = E_{Tx}(k, d) = E_{elec} * k + C_{amp} * k * d^2 \quad (3)$$

ve bu mesajı alabilmek için alıcıda harcanan enerji miktarı;

$$P_{rx} = E_{Rx}(k) = E_{elec} * k \quad (4)$$

eşitlikleri ile gösterilmiştir. Alıcıda harcanan enerjinin dikkate değer bir büyüklükte olduğu görülerek, önerilecek protokollerde alıcı ve verici işlemlerini azaltmanın önemi vurgulanmıştır.



Şekil-1: SPIN protokolü a) Siyah algılayıcı, veri iletimini başlatmak istiyor b) B algılayıcısı veriyi talep ediyor c) Siyah algılayıcı veriyi iletiyor d) B algılayıcısı komşularına veri iletimini başlatmak istiyor e) Bazı komşuları veriyi talep ediyor f) B algılayıcısı veriyi iletiyor [5]

SPIN[5] "Sensor Protocol for Information via Negotiation", algılayıcı ağıdaki tüm algılayıcılara tümegönderim (broadcast) yapabilmek için önerilmiş bir protokoldür. Bu protokolde algılayıcı ağda yayılacak veri, meta-data isminde daha küçük bir veri şeklinde örneklenir. Veri kaynağı olan algılayıcı düğüm, öncelikle komşularına örneklenmiş veriyi ADV (new data advertisement) mesajı ile iletir. Komşuları ise örneklenmiş veriyi inceledikten sonra eğer bu veriyi almak istiyorlarsa REQ (request for data) mesajı ile taleplerini kaynak algılayıcı düğüme iletirler. Kaynak algılayıcı düğüm eğer REQ mesajı alırsa, yayılması gerekli orijinal veriyi iletir ama REQ mesajı almazsa herhangi bir iletimde bulunmaz. Bu üç basamaklı işlem, (ADV-REQ-VERİ iletimi) Şekil-1'de de gösterilmektedir. Bu işlemler bütünü, her

yeni veri alan algılayıcı düğüm tarafından tekrarlandığında veri, ağına tamamına yayılmış olur.

Ağda tümegönderim yapmak için kullanılan paket sayısı ile bu işlem için harcanan güç miktarı doğru orantılıdır. Dolayısıyla SPIN protokolünde kullanılan paket sayısı azaltıldığı takdirde harcanan güç miktarı da düşürülmüş olacaktır. Yapılacak bir düzenlemeyle SPIN protokolündeki ADV ve REQ mesaj sayısının azaltılması da mümkündür. Önerdiğimiz düzenleme SPIN protokolünün bir defa kullanılması ile oluşturulacak olup, müteakip tüme gönderimlerde ağda kullanılan paket miktarının azaltılmasını hedef almaktadır.

Önerdiğimiz yeni düzenlemeyi ve SPIN protokolü ile arasındaki farkı 2. bölümde açıkladık. Yaptığımız çalışmanın başarım değerlendirmesini 3. bölümde sunduk. Çalışmamızın sonuçlarını ise 4. bölümde ortaya koyduk.

## 2. SPIN Protokolünde Ağda Oluşacak Paket Miktarının Azaltılması

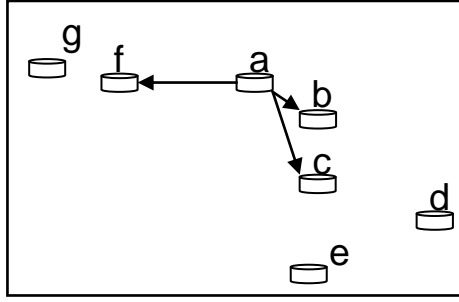
SPIN protokolünde, X boyutundaki bir verinin (esas veri) daha küçük x boyutlu bir veri olarak örneklenmiş hali (Meta-Data) olarak tanımlanmıştır. X boyutundaki bir veriyi iletmenin enerji maliyeti ( $P_x$ ), x boyutundaki bir veriyi iletmenin enerji maliyetinden ( $P_x$ ) daha fazladır. Dolayısıyla komşularına veri transfer etme isteğinde olan bir algılayıcı düğümün komşularının bu veriyi talep edip etmeyeceklerini öğrenmek için esas veri yerine örneklenmiş veriyi iletme talebi durumuna göre esas veriyi iletmesi iletişimde daha az enerji harcanmasına yol açacaktır. SPIN protokolünde de bu durum esas alınmıştır. SPIN protokolünde veriyi iletme isteyen algılayıcı düğüm, komşularına ADV mesajı ile örneklenmiş veriyi iletmesini müteakiben veriyi talep eden algılayıcılar REQ mesajı ile karşılık verirler. REQ mesajlarını alan algılayıcı düğümler esas veriyi yayınlamaya başlar. Eğer hiçbir REQ mesajı gelmemişse herhangi bir yayın yapmaz. Bu döngü, ağda bulunan tüm algılayıcı düğümlerin yeni bir veri almasıyla tekrarlanır ve tüm algılayıcı düğümler bu veriye sahip olduğu an sona erer.

Tablo-1: Örnek algılayıcı sahası iletişim bilgileri

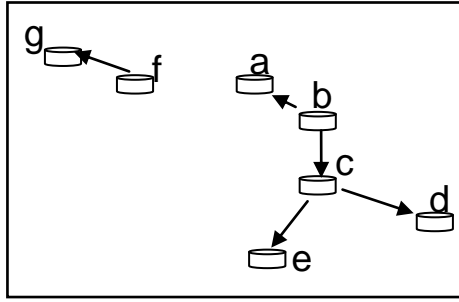
İlgili Algılayıcı	Belirtilen algılayıcının iletişim sahasındaki diğer algılayıcılar
a	b, c, f
b	a,c
c	a, b, e, d
d	c, e
e	c, d
f	g, a
g	f

Şekil-2'de yer alan algılayıcıların birbirleri ile iletişim durumları Tablo-1 de belirtilmiştir. Buna göre a algılayıcısının iletişim alanında b, c ve f algılayıcıları; f algılayıcısının iletişim alanında g ile a algılayıcıları; b algılayıcısının iletişim alanında a ve c algılayıcıları; c algılayıcısının iletişim alanında ise a, b, e ve d algılayıcıları bulunmaktadır. Örnek bir durum olarak a algılayıcısından, ağda bulunan tüm algılayıcılara bir veri yayılacağını düşünelim. İlk adım olarak Şekil-2'de a algılayıcısından çıkan oklar ile gösterildiği gibi veri yayını ADV mesajı a algılayıcısının komşularına iletilmiştir. SPIN protokolünde b, c ve f algılayıcıları ADV mesajını alır ve a algılayıcısına her biri ayrı ayrı REQ mesajı ile esas verinin kendilerinde olmadığını yani bu veriyi talep ettiklerini iletirler. a algılayıcısı da esas veriyi b, c, ve f algılayıcılarına iletir. İkinci adımda b, c ve f algılayıcıları da Şekil-3'de olduğu gibi ayrı ayrı ADV mesajları yayınlarlar. F algılayıcısının ADV mesajına g algılayıcısı REQ mesajı ile cevap verir. B algılayıcısının ADV mesajına iletişim alanında olan a algılayıcısından bir cevap gelmez çünkü veriyi talep etmemektedir. C algılayıcısının ADV mesajına ise d ve e algılayıcılarından REQ mesajları ile cevap gelir. REQ mesajını alan algılayıcılar, içinde esas veri bulunan (DATA) yayınlarını yaparlar. 3. adım olarak d, e ve g algılayıcıları da ADV mesajı yayınlarlar fakat herhangi bir REQ mesajı ile karşılaşmazlar, çünkü

iletişim alanları içerisindeki tüm algılayıcılar esas veriye sahiptir.



Şekil-2: SPIN protokolü ile ağda yayın yapılması: Adım-1



Şekil-3: SPIN protokolü ile ağda yayın yapılması: Adım-2

Yukarıda anlatılanlar ışığında b, d, e ve g algılayıcılarının yarattığı ADV mesajlarına belirtilen algılayıcıların herhangi bir cevap alamadığı, dolayısıyla bu mesajı yayınlamak için harcadıkları enerjinin boşa gittiği görülmektedir. Anlatılan saha örneklemeindeki algılayıcıların ortama paket yayınlarıyla ilgili olarak Tablo-2 hazırlanmıştır.

Yukarıda bahsedilen noktadan hareketle biz SPIN protokolünde bir algılayıcı düğümünden ağa ikinci kez veri yayını yapılırken boş yere harcanan ADV mesajının sayısını azaltmayı hedef aldık. Yaptığımız düzenleme ile boşuna harcanan ADV ve REQ mesajından da tasarruf ettik.

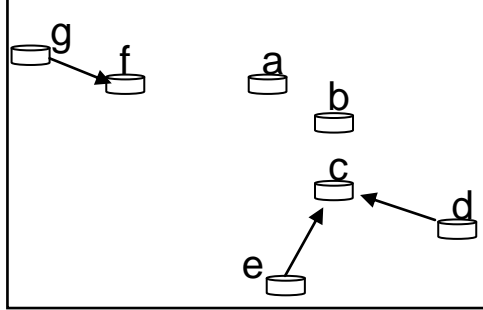
Tablo-2: Örnek algılayıcı sahasındaki algılayıcı düğümlerin SPIN protokolündeki paket yayın durumu

Algılayıcı	ADV	REQ	DATA
a	yayınladı	-	yayınladı
b	yayınladı	yayınladı	-
c	yayınladı	yayınladı	yayınladı
d	yayınladı	yayınladı	-
e	yayınladı	yayınladı	-
f	yayınladı	yayınladı	yayınladı
g	yayınladı	yayınladı	-

Önerimiz ilk veri yayını esnasında algılayıcıların sabit bir numara alması ilkesine dayanmaktadır. İlk yayın normal SPIN protokolü ile gerçekleşmektedir. Verinin kaynağı olan algılayıcı, tümegönderime bir numara atayacaktır (BG# : Broadcast Group Number). Bu numara ağdaki tüm algılayıcı düğümlere ilk tümegönderim esnasında veri ile birlikte iletilir. Algılayıcı düğümler bu tümegönderim grubuna dahil olabilmeleri için tek şart SPIN protokolü uygulamasındaki veri iletimi safhasını yapmış olmalarıdır. Diğer bir deyişle gruba *sadece esas veriyi iletenler* dahil olacaktır. Müteakip tümegönderimler esnasında SPIN protokolünün adımları değişerek sadece BG#'a dahil olan algılayıcı düğümler arasında olacak, diğer algılayıcılar ise dinleme durumunda kalarak esas veriyi alabileceklerdir. Düzenlemeyi RSPIN protokolü olarak adlandırdık.

Bu düzenlemede komşularına veri iletebildikleri için Şekil-2, 3 ve 4'de yer alan a, c ve f algılayıcıları BG#'da yer alacaklar, b, d, e, ve g algılayıcıları ise dinleme durumunda kalacaklardır. Diğer bir deyişle ağa veri yayılması için hangi algılayıcıların yayım yapacağı belirlenmiş olacaktır. Şekillerdeki algılayıcıları ele alacak olursak; a algılayıcısından yapılacak veri yayımında, a algılayıcısı f ve c algılayıcılarına esas veriyi iletirken b algılayıcısı da veriyi alacak, c algılayıcısı e ve d algılayıcısına, f algılayıcısı da g algılayıcısına veriyi ileticeklerdir. Tüm bu veri iletimi işlemleri esnasında b, d, e ve g algılayıcıları BG#'a dahil olmadıklarını bildikleri için

sadece dinleme yapacaklardır. Dolayısı ile b, d, e ve g algılayıcılarının SPIN protokolünde üretmeleri beklenen ADV ve REQ mesajları ise üretilmemiş olacaktır. Ayrıca bu düzenleme ile BG#’a dahil olan algılayıcılar kendilerinin zaten veriyi ileteceklerini bildikleri için ADV mesajını yayınlamaları sonrası REQ mesajını beklemelerine gerek kalmamıştır. Çünkü mesajın talep edileceğini ilk SPIN uygulamasından dolayı bilmekteyler.



Şekil-4: SPIN protokolü ile ağda yayın yapılması: Adım-3

Anlatılan saha örneklemesindeki algılayıcıların ortama paket yayınlarıyla ilgili olarak Tablo-3 hazırlanmıştır.

RSPIN uygulamasında karşılaşılabilecek bir problem BG#’a dahil olan algılayıcıların arıza yapma olasılığıdır. RSPIN temel olarak bir kere SPIN protokolünün uygulanarak BG# atanması işlemine bağlıdır. Dolayısı ile SPIN protokolü kullanarak BG# atanması işlemi belli zaman aralıkları ile ya da bir tümegönderim esnasında SPIN protokolü kullanılarak tekrarlandığı takdirde arızalı algılayıcılar kendiliğinden grub dışında kalarak bahse konu problem çözülmüş olacaktır.

Tablo-3: Örnek algılayıcı sahasındaki algılayıcı düğümlerin RSPIN protokolündeki paket yayın durumu

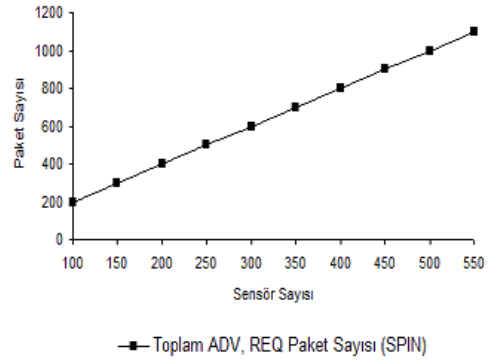
Algılayıcı	ADV	REQ	DATA
a	yayınladı	-	yayınladı
b	-	-	-
c	yayınladı	yayınladı	yayınladı
d	-	-	-

e	-	-	-
f	yayınladı	yayınladı	yayınladı
g	-	-	-

### 3. Başarım Değerlendirmesi

Başarım değerlendirme MATLAB programı kullanılarak analitik olarak yapıldı. Programda; 1024x1024 birim alanda algılayıcı düğümler rastgele dağıtılarak, 150 birim ( $r=150$ ) iletişim mesafesi ile algılayıcı ağa rasgele seçilen bir algılayıcıdan tümegönderim yapılması olayı simüle edildi. Algılayıcı ağda SPIN protokolünde oluşacak ADV, REQ ve DATA paket miktarları ile RSPIN uygulamasında oluşacak ADV, REQ ve DATA paket miktarları tespit edildi.

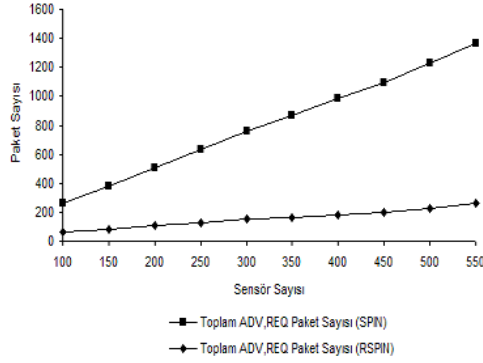
SPIN protokolünde her algılayıcı, ağa yayılmakta olan veriyi alabilmek için REQ mesajını, elindeki veriyi ağa yaymak için ise ADV mesajını bir kere üretir. Dolayısı ile ağda oluşacak ADV ve REQ paketlerinin sayısı ile ağda kullanılan algılayıcı sayısı Şekil 5’de gösterildiği gibi doğrusal orantılıdır. Bizim önerdiğimiz yapının da doğuş noktası budur. Temelde gerekli olduğunda yayınlama mantığını hedef olarak RSPIN protokolünü geliştirdik.



Şekil-5: SPIN protokolünde kullanılan algılayıcı düğüm sayılarına göre paket artımı

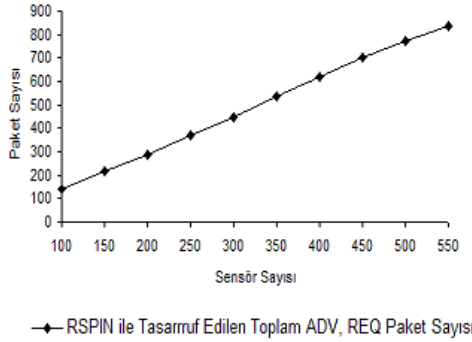
Bir algılayıcı ağda tümegönderim yapıldığında oluşacak ADV ve REQ paket miktarlarının SPIN protokolündeki miktarı ile, BG# uygulanmış (RSPIN)

protokoldeki oluşacak miktarlar şekil-6'da karşılaştırılmıştır.



Şekil-6: SPIN protokolü ile RSPIN'deki ADV ve REQ paketi miktarlarının karşılaştırması

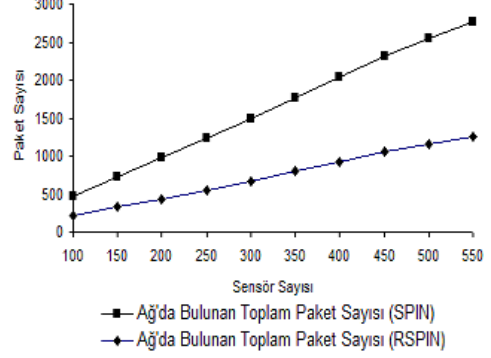
Şekil-6'da da görüldüğü üzere algılayıcı ağda bir tümegönderim esnasında oluşan ADV ve REQ paketi miktarı SPIN protokolü ile RSPIN protokolünde çok farklı miktarlarda gerçekleşmektedir. Şekil-6'da tespit edilen miktarlara dayalı olarak bir hesaplama yapıldığında ağda yapılacak bir tümegönderimde RSPIN kullanarak Şekil-7'de belirtilen miktarda ADV ve REQ paketi tasarrufu sağlanmış olur.



Şekil-7: RSPIN ile kullanılmayan ADV, ve REQ paket sayıları

Ağda yapılacak bir tümegönderimin amacı tüm algılayıcı düğümlere veriyi iletmektir. SPIN protokolünün düzenlenmesi ile ortaya çıkacak olan

RSPIN protokolü ile hedeflenen de ağda SPIN protokolünün oluşturduğu paket sayısını düşürmektir. Şekil-8'de bir veriyi ağa yaymak için ortamda oluşacak toplam paket miktarı (ADV+REQ+DATA) ile RSPIN'de oluşacak toplam paket miktarı (ADV+REQ+DATA) karşılaştırılmış olup RSPIN ile ortamda oluşan toplam paket miktarının azaltıldığı tespit edilmiştir.



Şekil-8: SPIN ile RSPIN'de oluşacak toplam paket miktarlarının karşılaştırması

#### 4. Sonuç

Algılayıcı düğümler belirli miktarda enerjiyi bataryalarında depolayabilirler. Uygulamalarda tükenen bataryaların değiştirilmesi çoğu zaman imkansızdır. Enerjileri biten algılayıcılar ise uygulama dışı kalırlar (ölürler), bu ise ağ ömrünün ve dolayısı ile uygulama sürecinin kılmasına sebep olur. Bunlardan dolayı da algılayıcı ağlarda yapılan çalışmaların hemen hepsi kısıtlı miktardaki enerjiyi en etkili bir şekilde kullanmayı hedef almıştır.

SPIN protokolü, ağda veri yaymayı öneren üç adımlı bir iletişim protokolüdür. İletişim işlemi, algılayıcıların çok fazla güç harcadıkları bir işlemdir. Bu işlemin kılınması, tüm işlemin algılayıcı düğüme olan toplam enerji maliyetini de büyük oranda düşürür. Algılayıcı düğümün verici ile alıcısı ne kadar az çalışırsa bataryasından da o kadar az enerjiyi tüketir. Bu nedenle algılayıcı ağa iletilmesi gereken ve ağda dolaşan paket sayısının boyutları önem kazanmaktadır.

Biz SPIN protokolünü kullanarak ağda yapılacak bir düzenleme ile müteakip tümegönderimlerde SPIN protokolünde kullanılan bazı paketlerin

kullanılmasına gerek kalmadığını gösterdik. Önerimizi RSPIN protokolü olarak adlandırdık. Yaptığımız başarımların değerlendirilmesinde de SPIN protokolü kullanılarak tümegönderimlere devam edildiği takdirde oluşacak olan paket sayısının uygulamada kullanılacak algılayıcı düğüm adedi paralelinde sürekli olarak arttığı görülmüştür. Önerdiğimiz RSPIN yapısı ile ağda kullanılan paket sayılarında tasarruf sağlandığı gibi uygulamada kullanılan algılayıcı düğüm adedi ile paket miktarının paralel bir şekilde artmadığı görülmüştür.

RSPIN kullanarak algılayıcı ağda yapılacak bir tümegönderim esnasında oluşacak olan paket miktarlarındaki tasarruf da sonuçta ağ ömrünü uzatacak çok önemli bir olgudur[2, 3].

### **Kaynakça**

[1] I. F. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam, and E. Cayirci, "Wireless Sensor Networks: A Survey", *Computer Networks (Elsevier) Journal*, pp. 393-422, March 2002.

[2] M. Bharadwaj, T. Garnett and A.P. Chandrakasan, "Upper Bonus on the lifetime of Sensor Networks", *Proc. of ICC'01* June 2001.

[3] Chandrakasan, Amirtharajah, Cho, Goodman, Konduri, Kulik, Rabiner, and Wang. "Design Considerations for Distributed Microsensor Systems", *IEEE 1999 Custom Integrated Circuits Conference (CICC)*, pages 279–286, May 1999.

[4] W.R.Heinzelman, A.Chandrakasan, H. Balakrishnan, "Energy-Efficient Communication Protocol for Wireless Microsensor Networks", *IEEE Hawaii International Conference on Systems Sciences*, January 2000.

[5] Wendi Rabiner Heinzelman, Joanna Kulik, and Hari Balakrishnan "Adaptive Protocols for Information Dissemination in Wireless Sensor Networks" *Mobicom'99 Seattle Washington USA*, 1999.