

# Yapay Zeka Yöntemleri ile Kablosuz Sensör Ağlarındaki Eniyileme Problemlerinin Çözümü

**Tahir Emre KALAYCI**

Ege Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

25 Haziran 2008

# Gündem

- ▶ Genel Bilgiler
- ▶ Tez projesinin gerekçeleri
- ▶ Kablosuz sensör ağlar
- ▶ Sensör ağlarında eniyileme problemleri
- ▶ Kapsama alanı maksimizasyonu
- ▶ Tez projesinin planı
- ▶ Projenin kaynağını oluşturan literatür ve referans listesi

## Genel Bilgiler

- ▶ **Tezin Adı:** Yapay Zeka Yöntemleri ile Kablosuz Sensör Ağlarındaki Eniyileme Problemlerinin Çözümü
- ▶ **Tez Danışmanı:** Yrd. Doç. Dr. Aybars Uğur
- ▶ **Tez Yürütücüsü:** Tahir Emre Kalaycı
- ▶ **Tezin Yürütüldüğü Ana Bilim Dalı:** Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı
- ▶ **Tezin başlangıç ve bitiş tarihi:** Haziran 2008 - Eylül 2010

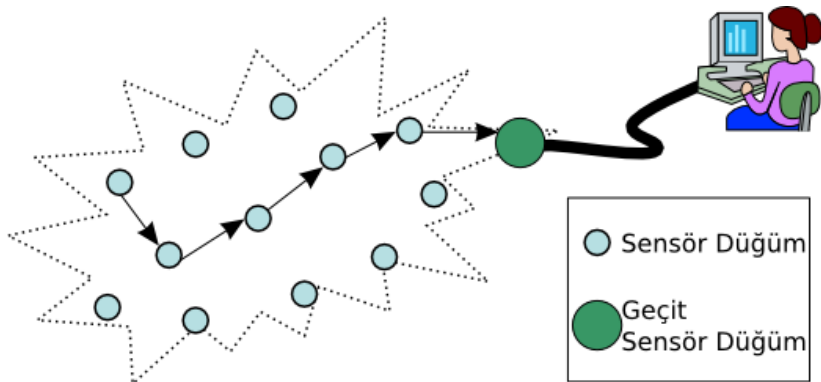
## Tez Projesinin Amacı

Kablosuz sensör ağlarının kullanımlarının giderek yaygınlaşması ile birçok optimizasyon problemi ortaya çıkabilecektir, varolanların çözümlerinin de önemi artabilecektir. Bu nedenlerle, belirlenen önemli problemler üzerinde yapay zeka teknikleri ile etkin çözümler üretilerek gerçekleştirimlerinin yapılması hedeflenmektedir. Bu kapsamda sensör ağlarındaki eniyileme sorunlarına yönelik olarak, genetik algoritmalar başta olmak üzere farklı eniyileme ve problem çözme yöntemleriyle uygun çözümler aranacaktır. Bu çözümlerin üretilmesi, sorunların giderilmesini ve sensör ağlarının daha etkin olarak kullanılmasını sağlayacaktır. Bu çalışma kapsamında var olan ve ortaya çıkabilecek eniyileme problemleri geniş olarak araştırılacak ve ortaya çıkan problemler incelenerek, çözüm üretilmeye çalışılacaktır.

## Kablosuz Sensör Ağlar

- ▶ Donanım ve kablosuz sistemlerdeki gelişmeler düşük maliyetli, düşük güç tüketimli, çok işlevli minyatür algılama aygıtlarının üretilmesine olanak sağlamıştır.
- ▶ Bu aygıtlardan yüzlercesi, binlercesi yardımıyla ad-hoc ağlar oluşturulabilmektedir.
- ▶ Bu aygıtlar geniş bir coğrafyaya dağıtılarak kablosuz, ad-hoc bir ağ oluşturulmaktadır. Bu dağıtılan ve ağı oluşturan sensörler işbirliği yaparak bir algılama ağ sistemini oluşturmaktadır.
- ▶ Bilgiye her an, her yerden kolayca erişilmesini sağlar.
- ▶ Veriyi toplayarak, işleyerek, çözümleyerek ve yayarak yerine getirir. Böylece ağ, etkin bir şekilde zeki bir ortam oluşmasında rol oynamış olur.

# Kablosuz Sensör Ağlar



## Sensör Düğümü

## Sensör Düğümü



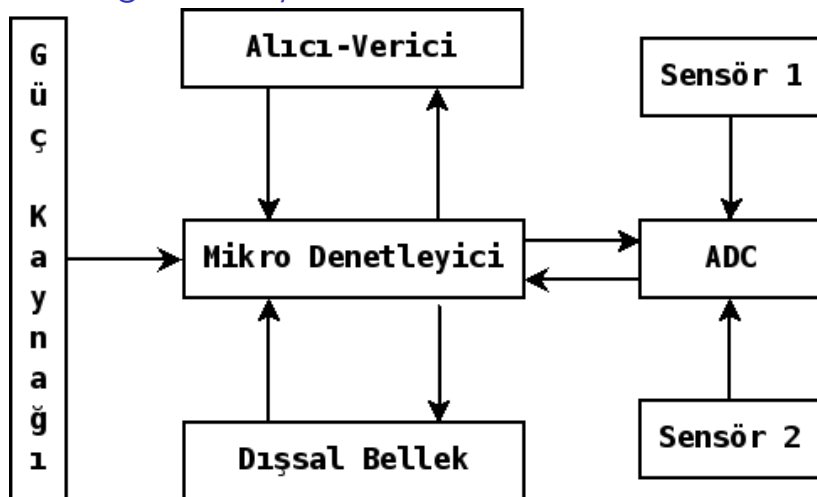
## Sensör Düğümü

- ▶ Hesaplama, algısal bilgi toplama ve ağdaki diğer bağlantılı düğümlerle haberleşme yeteneklerine sahip düğümlerdir.
- ▶ Bileşenleri : Mikrodenetleyici, Alıcı-verici, Dışsal Bellek, Güç Kaynağı, Sensörler



## Sensör Düğümü

## Sensör Düğümü Bileşenleri



# Mikrodenetleyici

- ▶ Mikrodenetleyici görevleri yapar, veriyi işler ve sensör düğüm içerisindeki diğer bileşenlerin işlevselliğini denetler.

## Alıcı-verici

- ▶ Sensör düğümleri ISM (“industrial, scientific and medical radio band”) bandını kullanır.
- ▶ Geniş dalga kuşağında ve global elverişlilikte özgür radyo yayını sağlanmış olur.
- ▶ Kablosuz iletim ortamlarında tercihler radyo frekansı, optik iletişim (lazer) ve kızılötesidir.
- ▶ Lazer daha az enerji gerektirir, ancak iletişim için görüş alanı gerektirir ve atmosferik koşullara duyarlıdır.
- ▶ Kızılötesi lazer gibidir, anten gerektirmez ancak yayım kapasitesi olarak sınırlıdır.
- ▶ Radyo frekansı (RF) tabanlı iletişim çoğu WSN uygulaması için uygun olan iletişim şeklidir.
- ▶ WSN'ler 433 MHz ve 2.4 GHz arasındaki iletişim frekanslarını kullanırlar.

## Alıcı-verici

- ▶ Alıcı-verici tek bir aygıt şeklindedir.
- ▶ İşlemsel durumlar
  - ▶ İletme (Transmit)
  - ▶ Alma (Receive)
  - ▶ Boş (Idle)
  - ▶ Uyku (Sleep)
- ▶ Yeni nesil radyolar bu işlemi otomatik olarak gerçekleştiren gömülü durum makinelerine sahiptir.

## Dışsal Bellek

- ▶ Enerji bakış açısından yaklaşıldığında, en uygun bellek çeşitleri mikrodenetleyici çipi üzerindeki bellek ve FLASH belleklerdir.
- ▶ FLASH bellekler maliyeti ve depolama kapasitesi nedeniyle kullanılmaktadır.
- ▶ Depolamanın türüne göre iki farklı bellek kategorisinden bahsedilebilir:
  - ▶ Uygulamayla ilgili veya kişisel bilgileri saklamak için kullanılan Kullanıcı belleği,
  - ▶ Aygıtın programlanması için kullanılan Program belleği, bu bellek ayrıca eğer varsa aygıtın tanımlayıcı verisini içerebilir.

## Güç Kaynağı

- ▶ Sensör düğümündeki enerji tüketimi algılama, iletişim ve veri işleme nedeniyle olmaktadır.
- ▶ Sensör düğümünde veri iletişimi için daha fazla enerji gerekmektedir. Algılama ve veri işleme için enerji tüketimi daha azdır.
- ▶ 1 Kb veriyi 100 metrelik bir uzaklığa iletmek için gereken enerji, yaklaşık olarak saniyede 100 milyon komut işleyen bir işlemcide 3 milyon komut işlemek için gereken enerjiye eşittir.
- ▶ Enerji pil veya kapasitörler içerisinde saklanmaktadır.
- ▶ Günümüzdeki sensörler yenilenebilir enerji kaynaklarını da (güneş enerjisi, ısı enerjisi, titreşim enerjisi vb.) kullanabilecek şekilde geliştirilmektedir.

## Güç Koruma

- ▶ Kullanılan en önemli iki güç koruma politikası vardır
  - ▶ Devingen Güç Yönetimi (Dynamic Power Management DPM): Kullanılmayan veya etkin olmayan parçaları kapatma görevini gerçekleştirir,
  - ▶ Devingen Voltaj Ölçeklendirme (Dynamic Voltage Scaling - DVS): DVS yaklaşımı determinist olmayan iş yüküne bağlı olarak güç seviyeleri arasında geçişler yaparak çalışır. Voltajı frekans ile birlikte değiştirerek güç tüketiminde kuadratik azalmalar sağlamak mümkündür.

## Sensörler

- ▶ Sıcaklık, basınç gibi fiziksel durumlardaki değişimlere ölçülebilir tepkiler üretebilen donanım aygıtlarıdır.
- ▶ Sensörler gözlemlenecek alanın fiziksel verisini ölçer veya algırlarlar.
- ▶ Sensörler tarafından algılanan sürekli analog sinyaller "Analog-to-Digital" çeviriciler yardımıyla sayısallaştırılarak denetleyicilere daha fazla işlem için gönderilir.
- ▶ Sensör düğümleri küçük boyutlarda, düşük enerji tüketimli, yüksek hacimsel yoğunluklarda çalışabilen, otonom ve gözetimsiz çalışan, ortama uyum sağlayabilen özelliklere sahip olmalıdır.



## Sensör Kategorileri

- ▶ Pasif, her yöne açık (yönsüz) sensörler: Pasif sensörler ortamı aktif araştırma ile değıştirmeden verileri toplayan sensörlerdir. Kendi enerjilerine sahiptir, enerji analog sinyali yükseltmek için gereklidir. Bu ölçümlerde "yön" şeklinde bir kavram yoktur.
- ▶ Pasif, dar ışınlı sensörler: Bu sensörler pasiftir ancak iyi tanımlanmış ölçüm yönü kavramına sahiptir (Örn: Kamera).
- ▶ Aktif sensörler: Bu gruptaki sensörler ortamı aktif olarak araştırırlar (Örn: Sonar veya radar sensörleri, küçük patlamalarla şok dalgaları üreterek çalışan bazı sismik sensör tipleri).

WSN'lerdeki kapsayıcı teorik çalışmalar Pasif, yönsüz sensörleri kastetmektedir. Her sensör düğümü belirli bir kapsama alanına sahiptir. Bu kapsama alanındaki gözlemlerini güvenilir ve doğru bir şekilde raporlayabilir.

## Sensörlerdeki Güç Tüketim Kaynakları

- ▶ Sinyal örnekleme ve fiziksel sinyalleri elektrik sinyallerine çevirme
- ▶ Sinyal iyileştirme
- ▶ Analog-to-Digital çevirme

# Kablosuz Sensör Ağlar Nedir?

## Kablosuz Sensör ağlarının özellikleri

- ▶ Güvenilirlik
- ▶ Doğruluk
- ▶ Esneklik
- ▶ Maliyet verimliliği
- ▶ Kurulum kolaylığı

# Kablosuz Sensör Ağlar Nedir?

Kablosuz Sensör ağları ne yapar?

- ▶ Bilgi toplama
- ▶ Bilgi işleme
- ▶ İzleme
- ▶ Gözleme

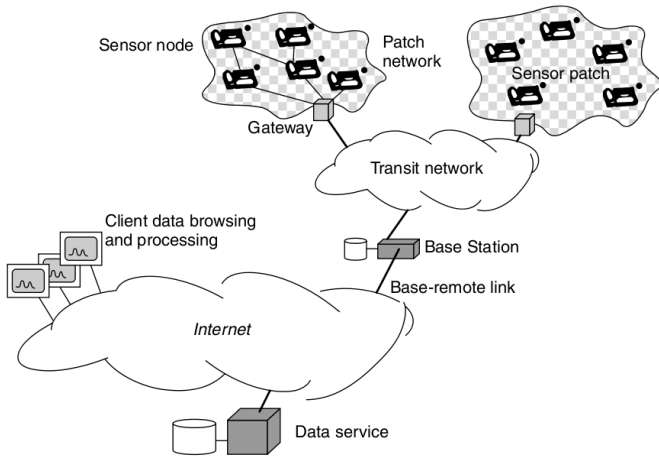
## Uygulama Örnekleri

- ▶ Habitat (bitki, hayvan) izleme ve çevresel gözlem, hava durumu tahminleme sistemleri
- ▶ Sağlık uygulamaları (hasta, doktor takibi, hasta fizyolojik psikolojik durum izleme, vb.)
- ▶ Enerji tedarik ve aktarma sistemleri (üretim, dağıtım, tüketim yapılarında)
- ▶ Ev ve ofis uygulamaları (zeki anaokulu örneği var [Srivastava:2001])
- ▶ Uzak yerlerin, konumların çözümlenmesi (tornado hareketi, orman yangın tespiti, vb.)
- ▶ Geniş bir metropol alanındaki taksilere sensörler yerleştirilerek trafiğin gözlenmesi ve bu gözlemlere dayanarak rotaların etkin planlanması

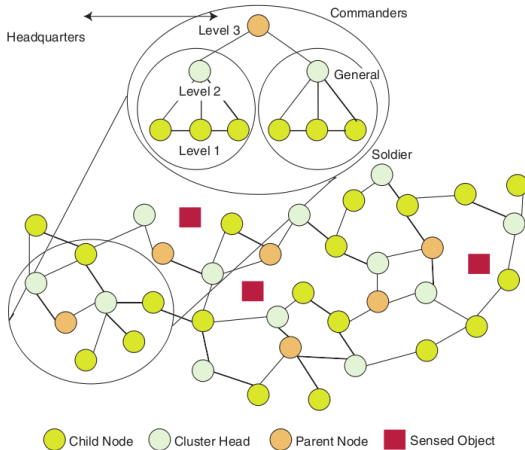
## Uygulama Örnekleri

- ▶ Bir park yerindeki boş ve dolu alanların sensör ağlarıyla belirlenmesi
- ▶ Kablosuz gözetim sensör ağlarıyla alışveriş merkezi, araba garajı veya benzeri tesislerde güvenlik sağlama
- ▶ Düşman hareketlerini belirleme, bulmak ve izlemek için askeri sensör ağlar
- ▶ Terörist saldırılara karşı tetikteliği arttıran sensör ağlar
- ▶ Ortam kirliliklerinin belirlenmesi, uzak yerlerin gözlenmesi, müşteri davranışlarının izlenmesi, ....

# Habitat İzleme Sensör Ağı Örneği



# Sıradüzensel Sensör Ağlar





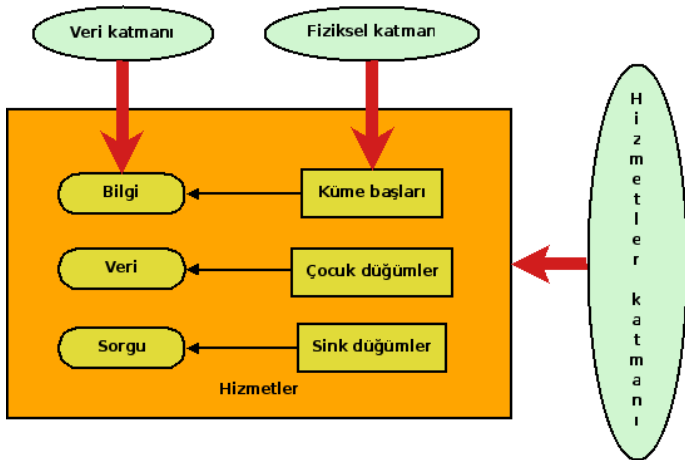
## Sensör Ağlarının Zorlukları

- ▶ Sensör ağlarının topolojisi çok sık değişir.
- ▶ Noktadan noktaya iletişime dayanan ağlarda yayım iletişim paradigmasını kullanır.
- ▶ Çok kısıtlı güç, hesaplama yeteneği ve hafızaya sahiptir
- ▶ Bozulmaya yatkındır.
- ▶ Çok fazla yükten dolayı genel kimlik (ID) sahibi olmayabilir
- ▶ Çok fazla sayılarda kurulur, bu nedenle kalabalıktan kaynaklanan tıkanma ve çarpışmalar olabilir. Önlemek için birbirine yakın sensörler eşzamanlı iletişim yapmamalıdır.
- ▶ Ad-hoc yerleştirilmiş sistemin, sonuç dağıtım ve düğümlerin bağlantılılığını (connectivity) tanımlaması ve sağlaması gerekir.
- ▶ Devingen ortam durumları, sistemin zamanla bağlantılılık ve sistem uyarımını uyarlamasını gerekli kılar.

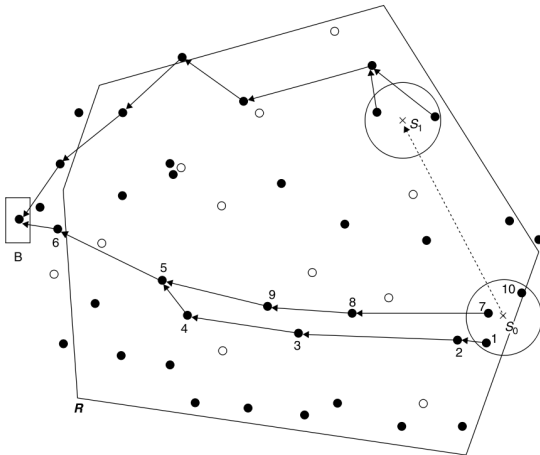
## Sensör Ağlarının Gereksinimleri

- ▶ Fazla sayıda sensör
- ▶ Düşük enerji kullanımı
- ▶ Düşük belleğin verimli kullanımı (verimli bellek kullanımı)
- ▶ Veri toplama
- ▶ Özörgütlenme
- ▶ İşbirlikçi sinyal işleme
- ▶ Sorgulama yeteneği
- ▶ Düşük maliyet

## Sensör Ağlarının Mimarisi



# Sensör Ağları Çalışma Örneği



## Sensör ağlarında eniyileme problemleri

- ▶ **Sensör Yerleştirme:** Sensörlerin ortama aktarılmadan önce hangi konumlara yerleştirileceğinin belirlenmesi işlemidir. Bu kapsamda maksimum alan kapsama, gereksinim duyulan minimum sensör sayısı gibi problemler ortaya çıkmaktadır. Bu problemler çözülürken bağlantılılığın korunması önemlidir. Böylece sensör düğümlerinin hepsinin ağda erişilebilir olduğunu garantilemiş oluruz.
- ▶ **Yerini belirleme:** Bir nesnenin sensör ağı içerisindeki konumunu belirleme işlemiyle ilgili eniyileme teknikleridir.
- ▶ **Konum Takibi:** Bir hareketli nesnenin ağın etki alanı içerisinde sürekli olarak devingen konumunu belirleme işlemidir.

## Sensör ağlarında eniyileme problemleri

- ▶ Aralık sorguları: Bir sensör ağında saklanan veriler arasından belli bir aralığı sorgulama işlemidir. Örneğin sıcaklık sensörlerinden gelen veriler arasında “Sıcaklıkları 50-60 arasında kalan ve ışık seviyeleri 10-15 aralığında olan tüm olayları listele” şeklinde bir sorgu örnek olarak gösterilebilir.
- ▶ Veri birleştirme: Sensör düğümlerinden gelen veriler, sıradüzensel olarak bir üst seviyedeki bir sensör düğümünde (sink) toplanıp birleştirilmesidir. Bu anlamda verilerin birleştirilirken işlem gücüne ve harcanan enerjiye dikkat edilmesi gerekir. Bu konu kapsamında güvenlik konusu da irdelenmesi gereken bir konudur.
- ▶ Yönlendirme, coğrafik yönlendirme, yönlendirmede Geometrik-Topolojik teknikler, izleme ve geometrik çıkarsama, sınır belirleme konuları da eklenebilir.

# Amaç

Sensör ağlarının geniş kullanım alanlarında kullanılması amacıyla, bahsedilen sorunların çözümlerine yönelik çalışmalar yapmak önemlidir.

## Proje Materyali ve Yöntemleri

Bu tez projesi kapsamında yazılım geliştirme için gereksinimlere bağlı olarak farklı sensör simülasyon ortamları (öncelikle TOSSIM ve ns-2 tercih edilerek, simülasyon araçları bilgi bankası<sup>1</sup> yardımıyla tercih yapılacaktır) denenerek, uygun olanı seçilecek ve seçilen sensör simülasyon ortamının desteklediği programlama dili ve ortamları kullanılacaktır. Yazılım geliştirme ve test süresince bir adet masaüstü ve bir adet dizüstü bilgisayar kullanılacaktır. Bu bilgisayarlarda işletim sistemi olarak Debian ve Ubuntu GNU/Linux dağıtımları kullanılmaktadır.

---



## Proje Materyali ve Yöntemleri

Proje süresince geleneksel programlama ve yapay zeka tekniklerinin yanısıra genetik algoritmalar, yerel arama (eniyileme) teknikleri, çizge teorisi, hesaplamalı geometri, yazılım mühendisliği ve nesne yönelimli yazılım geliştirmeye başvurulacaktır. Üretilen tüm belgeler ve kodlar bir yapılandırma saklama sisteminde (CVS) saklanacaktır. Birim testi gereksinimleri platformu destekleyen herhangi bir birim testi sistemiyle karşılanacaktır.

## Kapsama Alanı Maksimizasyonu

- ▶ Örnek bir eniyileme problemi olarak "Kapsama Alanı Maksimizasyonu" çalışması yaptık (2008)
- ▶ Yapılan çalışmanın amacı kapsama alanını arttırmaktı
- ▶ Optimal sensör yerleşimini aşağıdaki kriterlere göre sağlamaya çalıştık
  - ▶ Sensör düğüm yayılımının kapsama alanını maksimize etme
  - ▶ Verilen tüm kritik alanların en  $k$  adet sensör tarafından kapsama ( $k$ -covered)
  - ▶ Sensör düğümleri arasındaki bağlantılılığı koruma

## Kapsama Alanı Maksimizasyonu

### Problem tanımımız

- ▶  $A(\text{genislik}, \text{yukseklık})$  ile tanımlanmış bir engelsiz alanımız var
- ▶ Algılama çapı  $r_s$ , iletişim çapı  $r_c = 2 * r_s$  olan  $N$  adet sensörümüz var
- ▶  $h$  adet kritik bölgemiz ve  $k$  değerimiz var
- ▶ Problemimiz aşağıdaki kriterlere göre toplam kapsanmış alanı maksimize etmek
  - ▶ Bağlantılılık; tüm sensörler birbirleriyle haberleşebilmeli
  - ▶  $h$  kritik bölge en az  $k$  sensör ile kapsanmalı
  - ▶ Sensörlerin algılama ve iletişim çapları aynı
  - ▶ Sensörlerin merkezleri  $A$  alanı içerisinde kalmalı
- ▶ Problem Tanımı:  $A$ ,  $N$ ,  $r_s$ ,  $r_c$ ,  $k$  parametreleri verilmiş; sensör ağının kapsama alanını tüm kritik bölgelerin  $k$ -kapsanmış olduğu ve bağlantılılığın korunduğu bir şekilde arttırmaya çalışmak

## Kromozom Temsili

Çözmek için Genetik Algoritmaları kullandık. Kromozomlar Hareket Dizisi şeklinde temsil edildi:

$$\begin{aligned}
 C_0 &= \{M_{S_0}, M_{S_1}, M_{S_2}, M_{S_3}, \dots, M_{S_{N-1}}\} \\
 C_1 &= \{M_{S_0}, M_{S_1}, M_{S_2}, M_{S_3}, \dots, M_{S_{N-1}}\} \\
 C_2 &= \{M_{S_0}, M_{S_1}, M_{S_2}, M_{S_3}, \dots, M_{S_{N-1}}\} \\
 &\vdots \\
 C_i &= \{M_{S_0}, M_{S_1}, M_{S_2}, M_{S_3}, \dots, M_{S_{N-1}}\} \\
 &\vdots \\
 C_{T-1} &= \{M_{S_0}, M_{S_1}, M_{S_2}, M_{S_3}, \dots, M_{S_{N-1}}\}
 \end{aligned} \tag{1}$$

$$M_{S_i}(x_{inc}, y_{inc}) : \{-M_{LIMIT} \leq x_{inc}, y_{inc} \leq M_{LIMIT}\} \tag{2}$$

## Uygunluk Fonksiyonu

$$A_c = \sum_{i=1}^{width} \sum_{j=1}^{height} \begin{cases} 0, & \text{if } Color_{ij} \text{ is White} \\ 1, & \text{else} \end{cases} \quad (3)$$

$$F(C_i) = \begin{cases} -INFINITY, & Q_0 \\ -(D_{cc} * N_{cc}), & Q_1 \\ A_c, & Q_2 \end{cases} \quad (4)$$

$Q_0$ =k-kapsanmış değil (sağlıksız)

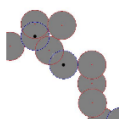
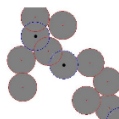
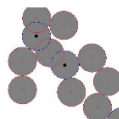
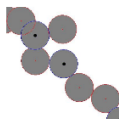
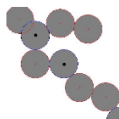
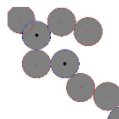
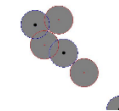
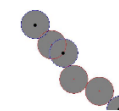
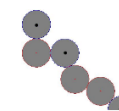
$Q_1$ =k-kapsanmış, bağlantısız (sağlıksız)

$Q_2$ =k-kapsanmış, bağlı (sağlıklı)

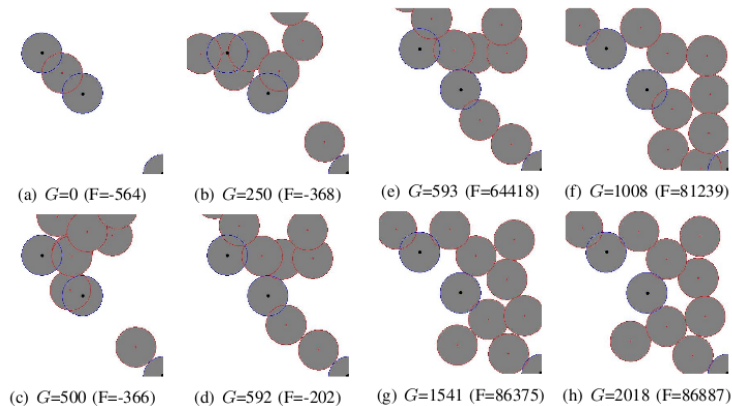
## Kullanılan GA

- ▶ Standart GA akışı kullanıldı (Başla, Döngü (Uygunluk hesapla, yeni nesili oluştur, elitizm), çözüm)
- ▶ Tek noktalı çaprazlama
- ▶ Rastgele mutasyon
- ▶ Elitizm

## Ekran Görüntüleri

(a) 500 ( $k=1$ )(b) 1000 ( $k=1$ )(c) 2000 ( $k=1$ )(d) 500 ( $k=2$ )(e) 1000 ( $k=2$ )(f) 2000 ( $k=2$ )(g) 500 ( $k=3$ )(h) 1000 ( $k=3$ )(i) 2000 ( $k=3$ )

## Ekran Görüntüleri





## Tez Projesi Planı

07.2008 – 01.2009 (1. Tez İzleme Dönemi)

1. Kablosuz Sensör ağlarındaki eniyileme problemlerinin belirlenmesi ve önemli olanlarının seçilmesi
2. Bu problemlerin çözümünde kullanılabilecek eniyileme yöntemlerinin araştırılması ve öğrenilmesi
3. Problemlere ve çözüm yöntemlerine ilişkin literatür taramasının genişletilmesi
4. Simülasyon ortamlarının denenmesi ve en uygun ortamın seçilmesi, kurulması ve öğrenilmesi
5. Yurtdışında bu alanda çalışmalar yapılan araştırma gruplarının belirlenmesi ve incelenmesi

## Tez Projesi Planı

01.2009 – 07.2009 (2. Tez İzleme Dönemi)

1. İlk eniyileme problemi için çözüm yöntemi ve algoritma geliştirme
2. Çözümün gerçekleştiriminin yapılması ve simülasyon sonuçlarının alınması
3. Çalışmanın makale şeklinde yazılıp uygun bir dergi veya konferansa gönderilmesi
4. Çalışmaların gerçek yaşamda uygulanmasına yönelik olarak TÜBİTAK projesi tanımlamasının oluşturulması

## Tez Projesi Planı

07.2009 – 01.2010 (3. Tez İzleme Dönemi)

1. İkinci eniyileme problemi için çözüm yöntemi ve algoritma geliştirme
2. Çözümün gerçekleştiriminin yapılması ve simülasyon sonuçlarının alınması
3. Çalışmanın makale şeklinde yazılıp uygun bir dergi veya konferansa gönderilmesi
4. Belirlenen araştırma grubuyla ortak çalışmalar için üç aylığına yurtdışına çıkma

## Tez Projesi Planı

01.2010 – 09.2010 (4. Tez İzleme Dönemi)

1. Tez yazımının tamamlanması
2. Üçüncü yayın çalışması
3. ÖYP projesinin tanımlanması

## Projenin Kaynağını Oluşturan Literatür ve Referans Listesi

- ▶ Akyildiz I. F. , Su W., Sankarasubramaniam Y., and Cayirci E., “Wireless Sensor Networks: A Survey”, Computer Networks, 38(4):393–422, March 2002.
- ▶ Diestel, R.; “Graph Theory”, Springer-Verlag, Heidelberg Graduate Texts in Mathematics, Volume 173, (2005)
- ▶ Goldberg, D. E.; “Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning”, Kluwer Academic Publishers, Boston, MA. (1989)
- ▶ Karl, H. and Willig, A.; ”Protocols and Architectures for Wireless Sensor Networks”, Wiley, (May 2005)
- ▶ Harary, F.; “Graph Theory”, Addison–Wesley, Reading, MA, 1969.

## Projenin Kaynağını Oluşturan Literatür ve Referans Listesi

- ▶ Hoblos, G.; Staroswiecki, M.; Aitouche, A., "Optimal design of fault tolerant sensor networks," Control Applications, 2000. Proceedings of the 2000 IEEE International Conference on , vol., no., pp.467-472, 2000
- ▶ Holland, John H; Adaptation in Natural and Artificial Systems; University of Michigan Press, Ann Arbor. (1975)
- ▶ Joseph O'Rourke, "Computational Geometry", Cambridge University Press, 2nd Edition, 1998
- ▶ Lafore, R.; Data Structures & Algorithms in Java; 2nd Edition, SAMS Publishing. (2003)
- ▶ Ning Xu, A Survey of Sensor Network Applications, University of Southern California. Available from <http://courses.cs.tamu.edu/rabi/cpsc617/resources/sensor%20nw-survey.pdf> ,

## Projenin Kaynağını Oluşturan Literatür ve Referans Listesi

- ▶ Russell, S.J; Norvig, P.; Artificial Intelligence : A Modern Approach; Second Edition, Prentice-Hall. (2003)
- ▶ Sengoku, H.; Yoshigara, I.; A Fast TSP Solver Using GA on Java; Third International Symposium on Artificial Life, and Robotics, AROB III'98. (1998)
- ▶ Srivastava, M., Muntz, R., and Potkonjak, M. 2001. Smart kindergarten: sensor-based wireless networks for smart developmental problem-solving environments. In Proceedings of the 7th Annual international Conference on Mobile Computing and Networking (Rome, Italy). MobiCom '01. ACM, New York, NY, 132-138. DOI=<http://doi.acm.org/10.1145/381677.381690>
- ▶ Tilak S., Abu-Ghazaleh N., and Heinzelman W., "A Taxonomy of Wireless Micro-Sensor Network Models," ACM Mobile Computing and Communications Review (MC2R),

## Projenin Kaynağını Oluşturan Literatür ve Referans Listesi

- ▶ Tubaishat, M.; Madria, S., "Sensor networks: an overview," Potentials, IEEE , vol.22, no.2, pp. 20-23, April-May 2003
- ▶ Vieira, M.A.M.; Coelho, C.N., Jr.; da Silva, D.C., Jr.; da Mata, J.M., "Survey on wireless sensor network devices," Emerging Technologies and Factory Automation, 2003. Proceedings. ETFA '03. IEEE Conference , vol.1, no., pp. 537-544 vol.1, 16-19 Sept. 2003 Chien-Chung Shen; Srisathapornphat, C.; Jaikaeo, C., "Sensor information networking architecture and applications," Personal Communications, IEEE [see also IEEE Wireless Communications] , vol.8, no.4, pp.52-59, Aug 2001



## Projenin Kaynağını Oluşturan Literatür ve Referans Listesi

- ▶ Yıldırım, K.S., Kalaycı, T.E., Uğur, A., “Optimizing Coverage in a K-Covered and Connected Sensor Network Using Genetic Algorithms”, 9th WSEAS International Conference on EVOLUTIONARY COMPUTING (EC'08), Sofia, Bulgaria, May 2-4, 2008.
- ▶ Zhao F., Guibas L., “Wireless Sensor Networks: An Information Processing Approach”, Morgan Kaufman, ISBN 1-55860-914-8, 2004