

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
ELEKTRİK-ELEKTRONİK FAKÜLTESİ**

**DUYARGA AĞLARINDA HABERLEŞME  
ALGORİTMASI TASARIMI VE TINYOS  
ÜZERİNDE GERÇEKLEMESİ**

**Bitirme Ödevi**

**Orçun Ertuğrul  
040020324**

**Mehmet Kaplan  
040030013**

**Bölüm : Bilgisayar Mühendisliği  
Anabilim Dalı: Bilgisayar Bilimleri**

**Danışman: Yrd. Doç. Dr. Feza BUZLUCA**

Mayıs 2007

# DUYARGA AĞLARINDA HABERLEŞME ALGORİTMASI TASARIMI VE TINYOS ÜZERİNDE GERÇEKLEMESİ

## ( ÖZET )

Günümüzde kontrol sistemleri çok önemli bir konuma gelmiştir. Özellikle fabrikalar gibi mekanik ve elektronik sistemlerin bulunduğu yapılarda işleyişin kontrolü ve geri besleme alınması en kritik noktalardan biridir. Kontrol sistemleri ise duyargalar üzerine kurulmuş sistemlerdir. Duyargalar aracılığıyla alınan bilgiler değerlendirilerek ortamın ve sistemlerin kontrolü sağlanmaktadır. Kablosuz teknolojilerin gelişmesi ile birlikte sistemler üzerinde yapılabilen kontrol işlemleri dış sahalarda da yapılmaya başlanmıştır. Bunun için kullanılan teknoloji duyarga ağlarıdır. Duyarga ağları dış dünyadaki fiziksel verilerin elde edilmesi, işlenmesi ve radyo haberleşmesi yoluyla verilerin iletilmesi gibi görevleri yerine getiren ağ teknolojileridir. Bu ağlar duyarga düğümleri denilen düğümlerden oluşur. Duyarga düğümleri üzerinde işletim sistemi, duyargalar ve haberleşme (seri ve radyo haberleşmesi) bileşenleri bulunduran donanımlardır. Böylece sezme, veri işleme ve haberleşme yapan düğümler sayesinde, ölçüm alanlarında kontrol sağlanabilmektedir. Bu amaçla askeri alanlarda, geniş alanlarda ve hareketli sistemlerde güvenlik ve fiziksel ölçüm için duyarga ağlarının kullanımı yaygın hale gelmiştir. Duyarga ağlarının yaygın hale gelmesi ile birlikte bu konuda yapılan çalışmalar da oldukça artmıştır. Duyarga ağları pille çalışan küçük donanımlar olduğu için, enerji ve kaynak kullanımının azaltılması duyarga ağları üzerinde çalışan en önemli konulardır.

Yapılan projede ise İstanbul'daki Genetlab tarafından tasarlanmış ve Bilgisayar Ağları Araştırma Laboratuvarı bünyesinde bulunan duyarga düğümleri kullanılarak çalışmalar yapılmıştır. Öncelikle duyarga düğümleri üzerine araştırmalar yapılmıştır. Daha sonrasında da duyarga düğümleri içinde bulunan TinyOS işletim sistemi ve bu işletim sistemi üzerinde uygulama yazmak için oluşturulmuş NesC dili üzerinde bilgi edinilmiştir.

Projede asıl olarak ise duyarga ağlarındaki enerji ve kaynak kısıtları düşünülerek, yeni bir yönlendirme ve ağ topolojisi oluşturma algoritması tasarlanmıştır. Algoritma genel olarak bu kısıtları düşünerek düğümlerde en az maliyetle ana düğümlerle ve kontrol sistemi ile haberleşecek bir yol bulunmasını, yolun da enerji kısıtı nedeniyle en az mesajla oluşturulmasını hedeflemektedir. Böylece kablosuz ağlardaki algoritmalarındaki gereksinimler, duyarga ağlarına uygun şekilde, en az maliyetle gerçekleştirilmektedir. Bunun için her düğüm açıldığı anda ebeveyn isteği yayıp, gelen maliyet bilgilerinden en az maliyetle ana düğüme ulaşacak şekilde ebeveynini belirlemektedir. Daha sonrasında da sadece eşik değeri aşan duyarga ölçümleri ebeveynine iletilmektedir. Belirli aralıklarla da eşik değeri aşılmaya da duyarga ölçümleri gönderilerek düğümün yaşadığı bilgisi ana sisteme aktarılmaktadır. Mesaj gönderilemediği bir durum algılanırsa ebeveynin ağ yapısından çıktığı anlaşılabilir, yeni ebeveyn isteği yaratılır. Genel olarak anlatılan bu sistemle birlikte mesaj trafiği ve kaynak kullanımı azaltılarak düğümlerin uzun ömürlü ve az kaynak kullanımı ile çalışması sağlanmaktadır.

# **ROUTING ALGORITHM DESIGN ON SENSOR NETWORKS AND IMPLEMENTATION OF ALGORITHM ON TINYOS**

## **( SUMMARY )**

Recently control systems became a very important technology. Especially in factories (using mechanical and electronic systems) control and feedback mechanisms in systems are critical points. Control systems are based on sensors. Systems are controlled according to the taken data from these sensors.

After development in wireless technologies, controlling external environments became possible as controlling static systems. Sensor networks are used for this aim. Sensor networks provide obtaining physical data from the environment, operating data and sending or receiving data through radio connection. These networks consist of sensor nodes. Sensor node is a hardware that has an operating system, sensors and connection (radio connection with other nodes or serial connection with computer) components. As a result, with nodes that obtain data, operate on data and communicate with other hardware; control systems can be implemented. For this purpose sensor network are widely used for taking physical data and controlling systems in military and large fields; and on dynamic (moving) systems.

After sensor networks became widely used, researches on sensor networks increased a lot. Main researches are on decreasing power and resource consumption, because sensor nodes works with batteries and power and resource use is a very important constraint in sensor nodes. Algorithms on other wireless networks designed according to the properties of those networks. But in sensor networks power and resource are more important constraints than other wireless networks.

On this project we worked on the sensor nodes which are produced in Genetlab in İstanbul. These nodes are provided by Computer Networks Research Laboratory in Computer Engineering Department. First of all researches on sensor nodes are made. After that TinyOS operating system on sensor nodes and NesC language (a language created for developing applications in TinyOS) are learned. TinyOS and NesC are developed according to the embedded network nodes. These structures provide decrease power and resource consumption in sensor nodes with providing an event based structure. Operations are done only an event occurs. In other situations nodes stay in sleep mode for providing an advantage in energy consumption.

After examining TinyOS and NesC, we gained knowledge with trying ready applications and developing difference applications according to the ready ones. As a result we saw the features of the software and hardware in sensor nodes. The main aim in starting this project was working on communication algorithms in these sensor networks. We decided to design a routing and communication algorithm according to power and resource constraints in sensor networks. The main researches on sensor networks aim decreasing power and resource consumption. As a result we also aim to find an algorithm that provides nodes

find a path to the main control system with minimum cost and find this path with a few messages because of the power constraint. With this algorithm sensor network will have the main properties like the other wireless networks and provides these properties with minimum cost.

Our algorithm works like this:

- Every node in sensor network makes a parent request after starting. Other nodes in the radio range of this node take the parent request message and send their cost to this node. Cost is the hopping count to the main control system (main node). As a result opened node finds the path with minimum cost to the main node.
- After that opened node broadcasts its cost, because other nodes can use this new path.
- Opened node also sends a hello message to its parent for transferring to the main node. Parent node adds its identification knowledge to the hello message and sends the message to its parent node. After all message arrives to the main node and the main control system. Control system understands that this node is added to the sensor network; also control system takes the path information from the opened node to the main control system.
- After these opening operations, nodes wait for event handling. Some events are timer events and some are receiving message events.
- Timer events are used for periodic or one shot operations. For example periodically sensor values are taken and sent if they are over the threshold value. Sensor values less than threshold value aren't sent for decreasing power consumption.
- All nodes act like a transferring node. Nodes can receive sensor value messages, hello messages or parent request messages. So receiving events can occur in all nodes.
- If a node receives a sensor value message, it sends this message to its own parent.
- If a node receives a parent request message, it sends its cost value to the requesting node.
- If a node receives a hello message, it adds its own identification information to the message and sends added message to its parent for arriving to the main control system.
- As it is defined, nodes take sensor values periodically and sends the sensor value if it is more than the threshold value. While sending sensor values nodes use acknowledgement. If message does not arrive to the parent node, sending node understands that its parent stopped working (remember power constraint) and broadcast a new parent request. After that it decides its new parent according to the reply messages. Also it broadcasts its cost and broadcast a new hello message. Other nodes act to this new situation and control system understands new path information.
- Sensor values are sent if it is more than threshold value. So sensors don't send sensor values if they are working in normal conditions. For preventing this condition, a timer is started as a one shot event and sensor value is sent if this event occurs. This timer is started again after sending a sensor value that is more than threshold value. So this timer shows the time passed after sending last sensor value more than threshold. This timer is useful for showing the last physical situation in the region of the node and especially for showing node is still alive.

Normal nodes do these operations. We have also main node that is connected to the computer. The main property of this node is transferring radio messages to the main control system (computer). This node can take two three types of messages:

- If it takes a parent request message, it sends its cost back to the requesting node.
- If it takes a hello message, it adds its own identification information to the message and sends this message to the computer through serial connection.
- If it takes a sensor message, it sends this message to the computer directly.

Also a Java application is developed for controlling the system. This application does the following jobs:

- Computer takes all nodes' hello messages from the main node. Nodes send hello messages after deciding parent information when opened and parent node stopped. These hello messages are operated in Java application and path information and network topology is created according to these messages. As a result a network graph is drawn and all topology is showed according to the all changes in network.
- Computer takes also sensor messages. Sensor messages are controlled and computer decides whether the node is in a critical physical situation or not. Also and more importantly computer gets the information that the node is still alive.

After this information it can be said that designed algorithm is very useful for sensor networks, because all necessities of a wireless network is implemented according to the features and necessities of sensor networks.

# İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER .....	V
ŞEKİL LİSTESİ .....	VI
1 GİRİŞ .....	1
1.1 Proje Tanıtımı .....	1
1.2 Daha Önce Yapılmış Çalışmalar .....	1
1.3 Yapılan Çalışmanın Özeti ve Sonuçları .....	3
1.3.1 Yapılan Çalışmanın Özeti .....	3
1.3.2 Yapılan Çalışmanın Sonucu .....	4
1.4 Rapor İçeriği .....	4
2 PROJENİN TANIMI VE PLANI .....	5
2.1 Proje Tanımı .....	5
2.2 Proje Planı .....	5
2.3 Proje Paylaşımı .....	10
3 KURAMSAL BİLGİLER .....	11
3.1 Kuramsal Bilgilere Giriş .....	11
3.2 Duyarga Ağları .....	12
3.3 Düğüm Yapıları .....	14
3.4 TinyOS ve NesC .....	17
3.4.1 Arayüz .....	18
3.4.2 Bileşen .....	18
3.4.3 Modül .....	19
3.4.4 Konfigürasyon .....	21
3.4.5 Sonuç ve Kazanımlar .....	22
4 ANALİZ VE MODELLEME .....	23
4.1 Proje Analizi .....	23
4.2 Proje Bileşenleri .....	23
4.3 Proje Modeli .....	24
5 TASARIM, GERÇEKLEME VE TEST .....	26
5.1 Tasarıma Giriş .....	26
5.2 Ara Düğümler .....	29
5.3 Ana Düğüm .....	36
5.4 Ağ İzleme Programı .....	38
5.4.1 Programın Kullanımı .....	38
5.4.2 Programın Yapısı .....	38
5.5 Gerçekleme ve Test .....	41
6 DENEYSEL SONUÇLAR .....	45
7 SONUÇ VE ÖNERİLER .....	46
8 KAYNAKLAR .....	48