

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
ELEKTRİK-ELEKTRONİK FAKÜLTESİ**

**TASARSIZ AĞLARDA YÖNLENDİRME  
ALGORİTMALARININ BENZETİMİ**

**Bitirme Ödevi**

**Burcu SANDIK  
040000006**

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

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

Mayıs 2006

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
ELEKTRİK-ELEKTRONİK FAKÜLTESİ**

**TASARSIZ AĞLARDA YÖNLENDİRME  
ALGORİTMALARININ BENZETİMİ**

**Bitirme Ödevi**

**Burcu SANDIK  
040000006**

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

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

Mayıs 2006

## **Özgünlük Bildirisi**

1. Bu çalışmada, başka kaynaklardan yapılan tüm alıntılar, ilgili kaynaklar referans gösterilerek açıkça belirtildiğini,
2. Alıntılar dışındaki bölümlerin, özellikle projenin ana konusunu oluşturan teorik çalışmaların ve yazılım/donanımın benim tarafımdan yapıldığını bildiririm.

İstanbul, 22 Mayıs 2006

Burcu SANDIK

# TASARSIZ AĞLARDA YÖNLENDİRME ALGORİTMALARININ BENZETİMİ

## ( ÖZET )

Günümüzde kablosuz ağlarda, dijital elektronikte ve mikro-elektromekanik sistemlerdeki gelişmeler; az maliyetli, az güçle çalışan ve çok fonksiyonlu tasarsız ağların gelişmesini sağlamıştır. Tasarsız ağların uygulama alanlarının geniş olması ve bununla birlikte ağda fiziksel kısıtlamaların bulunması, tasarsız ağları akademik dünyada çok ilgi çeken bir çalışma alanı haline getirmiştir. Askeri uygulamalardan, sağlık uygulamalarına kadar çok çeşitli ağlarda kullanılan tasarsız ağların kısıtlı güç kapasitesi, kısıtlı bant genişliği, güvenilir olmayan iletişim ortamı gibi güncelliğini koruyan sorunları vardır. Belirli ihtiyaçları karşılamak ve belirli uygulama alanlarında kullanılmak üzere çeşitli protokoller geliştirilmektedir.

Bazı uygulamalarda tükenmiş güç kaynaklarını tekrar kullanılabilir hale getirmek imkânsızdır. Düğümün yaşam süresi pilinin yaşam süresine bağlıdır. Tasarsız ağlarda her bir düğüm hem bir veri kaynağı hem de veri yönlendiricisidir. Birkaç düğümün fonksiyonlarını yitirmesi topolojide önemli değişimlere neden olmakta, paketlerin yeniden yönlendirilmesine ihtiyaç duyulabilmekte ve ağın yeniden düzenlenmesi gerekebilmektedir. Bu yüzden gücün idareli kullanımı ve güç yönetimi önem kazanmaktadır. Araştırmaların tasarsız ağlarda enerjinin az harcandığı protokollere ve algoritmalara odaklanmasının nedeni budur.

Bu raporda da tasarsız ağlarda kullanılmakta olan protokollerin enerji tüketimi açısından incelenmesi amaçlanmıştır. Benzetim programında Flooding, Gossiping, Spin, Teen, Apteen algoritmaları gerçekleştirilmiştir. Yapılan testler sonucunda hangi algoritmaların hangi uygulamalar için uygun olduğu ve algoritmalarındaki avantajlar ve dezavantajlar ortaya koyulmuştur.

# TASARSIZ AĞLARDA YÖNLENDİRME ALGORİTMALARININ BENZETİMİ

## ( SUMMARY )

Recent advances in micro-electronic mechanical systems (MEMS) technology, wireless communications, and digital electronics have enabled the development of low-cost, low-power, multifunctional sensor nodes that are small in size and communicate untethered in short distances. These tiny sensor nodes, which consist of sensing, data processing, and communicating components, leverage the idea of sensor networks based on collaborative effort of a large number of nodes [2]. Today sensor networks have started to use in a wide range of applications such as health, military, security, etc. because of having many advantages. However, sensor networks still have several limitations and problems.

Low power consumption requirement is one of the most important constraints on sensor nodes. They have limited and generally irreplaceable power resources. Therefore, while traditional networks aim to achieve high quality of service provisions, sensor network protocols must focus primarily on power conservation [2]. In this respect, power-aware protocols and algorithms for sensor networks become an important research area.

In this project a simulation program which is used for examining energy consumption and network life time of some routing algorithms in sensor networks is implemented. Flooding, Gossiping, Spin, Teen and Apteen algorithms are studied for the simulation program. According to test results advantages and disadvantages of these algorithms are determined. Simulation program is written by pure java, using JAVA 2 SDK, version 1.4.2\_08. Thus, it can run on any operating system supporting Java Runtime Environment. Furthermore, object oriented programming features such as encapsulation, inheritance and polymorphism and design patterns are used.

# İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER .....	IV
KISALTMALAR .....	V
ŞEKİL LİSTESİ .....	VI
TABLO LİSTESİ .....	1
1 GİRİŞ .....	2
2 PROJENİN TANIMI VE PLANI .....	4
2.1 PROJENİN AMACI .....	4
2.2 PROJENİN KAPSAMI .....	4
2.3 PROJEYE İLİŞKİN KESTİRİMLER .....	4
2.4 RİSK YÖNETİMİ .....	6
2.5 ZAMANLAMA .....	7
2.6 PROJE KAYNAKLARI .....	7
2.6.1 İNSAN KAYNAKLARI .....	7
2.6.2 DONANIM VE YAZILIM KAYNAKLARI .....	7
2.7 PROJE GRUBU ORGANİZASYONU .....	8
3 KURAMSAL BİLGİLER .....	9
3.1 TASARSIZ AĞLAR .....	9
3.3.1 FLOODING .....	14
3.3.2 GOSSIPING .....	15
3.3.3 SPIN(SENSOR PROTOCOL FOR INFORMATION VIA NEGOTIATION) .....	15
3.3.4 LEACH .....	16
3.3.5 TEEN .....	17
3.3.6 APTEEN .....	18
4 ANALİZ VE MODELLEME .....	19
4.1 KULLANIM SENARYOLARI .....	19
4.1.3 GOSSIPING ALGORİTMASI KULLANIM SENARYOSU .....	20
4.1.4 SPIN ALGORİTMASI KULLANIM SENARYOSU .....	20
4.1.5 LEACH ALGORİTMASI KULLANIM SENARYOSU .....	21
4.1.6 TEEN ALGORİTMASI KULLANIM SENARYOSU .....	21
4.1.7 APTEEN ALGORİTMASI KULLANIM SENARYOSU .....	22
4.2 UYGULAMA DOMENİNDE MODELLEME .....	23
5 TASARIM, GERÇEKLEME VE TEST .....	24
5.1 YAZILIM SINIFI DİYAGRAMLARI .....	24
5.2 ETKİLEŞİM DİYAGRAMLARI .....	26
5.3 SINIFLAR .....	28
5.4 TEST .....	29
6 DENEYSEL SONUÇLAR .....	30
7 SONUÇ VE ÖNERİLER .....	39
8 KAYNAKLAR .....	41

**KISALTMALAR**

**LEACH** : Low-energy Adaptive Clustering Hierarchy

**TEEN** : Threshold-sensitive Energy Efficient Sensor Network Protocol

**APTEEN** : Adaptive Periodic Threshold-sensitive Energy Efficient Sensor Network  
Protocol

**TDMA** : Time Division Multiple Access

**ŞEKİL LİSTESİ**

<b>ŞEKİL 1:</b> GANTT DİYAGRAMI	7
<b>ŞEKİL 2:</b> DÜĞÜMÜN BİRİMLERİ [2]	9
<b>ŞEKİL 3:</b> TASARSIZ AĞ YAPISI [2]	10
<b>ŞEKİL 4:</b> AĞIN PROTOKOL YIĞINI [2]	11
<b>ŞEKİL 5:</b> YÖNLENDİRME PROTOKOLLERİNİN SINIFLANDIRILMASI [8]	13
<b>ŞEKİL 6:</b> İMPLOSION PROBLEMİ [8]	14
<b>ŞEKİL 7:</b> OVERLAP PROBLEMİ [8]	15
<b>ŞEKİL 8:</b> SPİN PROTOKOL MESAJLAŞMASI [8]	16
<b>ŞEKİL 9:</b> UYGULAMA DOMENİ SINIF DİYAGRAMI	23
<b>ŞEKİL 10:</b> YAZILIM DOMENİ SINIF DİYAGRAMI 1	25
<b>ŞEKİL 11:</b> YAZILIM DOMENİ SINIF DİYAGRAMI 2	26
<b>ŞEKİL 12:</b> YAZILIM DOMENİ ARDIŞIL DİYAGRAMI 1	27
<b>ŞEKİL 13:</b> YAZILIM DOMENİ ARDIŞIL DİYAGRAMI 2	28



**TABLO LİSTESİ**

TABLO 1: COCOMO MODELİ SABİT DEĞERLERİ	4
TABLO 2: BENZETİM PARAMETRE DEĞERLERİ	30
TABLO 2: AĞ ÖMRÜ-İLK DÜĞÜMÜN ÖLMESİ	31
TABLO 3: BENZETİM SONUÇLARI – 20 DÜĞÜM İÇİN	33
TABLO 4: BENZETİM SONUÇLARI – 30 DÜĞÜM İÇİN	34
TABLO 5: AĞ ÖMRÜ	35
TABLO 6: FLOODİNG ALGORİTMASINDA BİR DÜĞÜMÜN İLETTİĞİ VERİLER	35
TABLO 7: GOSSIPİNG ALGORİTMASINDA BİR DÜĞÜMÜN İLETTİĞİ VERİLER	35
TABLO 8: SPIN* ALGORİTMASINDA BİR DÜĞÜMÜN İLETTİĞİ VERİLER	36
TABLO 9: SPIN** ALGORİTMASINDA BİR DÜĞÜMÜN İLETTİĞİ VERİLER	36
TABLO 10: TEEN ALGORİTMASINDA BİR DÜĞÜMÜN İLETTİĞİ VERİLER	37
TABLO 11: APTEEN ALGORİTMASINDA BİR DÜĞÜMÜN İLETTİĞİ VERİLER	37

## 1 GİRİŞ

Günümüzde algılama teknolojisindeki gelişmeler, düşük güçlü analog ve dijital elektronik tasarımı ve düşük güçlü RF tasarımı, ucuz ve düşük güçle çalışan kablosuz mikro algılama düğümlerinin gelişmesini sağladı. Bu düğümler pahalı makro algılama düğümleri gibi güvenilir değildir; ama büyüklük ve maliyetleri sayesinde uygulamalar yüzlerce ve binlercesini bir araya getirerek yüksek kaliteli ve hata toleranslı ağlar oluştururlar.

Tasarsız ağlar yüzlerce veya binlerce algılama düğümünden oluşur. Bu düğümlerin mümkün olduğunca ucuz ve az enerji harcayan hale getirilmesi istenmektedir. Çünkü algılama düğümlerinin en önemli kısıtlamalarından biri az enerji tüketim gereksinimidir. Düğümler kısıtlı ve genellikle değiştirilemeyen güç kaynaklarına sahiplerdir. Bu yüzden geleneksel ağlar yüksek kalitede servis sağlamayı amaçlarken tasarsız ağlar güç tüketimine odaklanırlar.

Düğümlerin kısıtlı gücünü en verimli kullanılacak şekilde protokoller geliştirilmeye çalışılmaktadır. Bu raporda da protokollerden Flooding, Gossiping, Spin, Teen ve Apteen güç tüketimi açısından incelenmiştir. Leach algoritmasının kümeleme mekanizması Teen ve Apteen algoritmaları için gerçekleştirilmiştir. Daha önceki yapılan çalışmalar incelendiğinde aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

Flooding algoritmasında düğümler aldıkları veya sezdikleri veriyi tüm düğümlere yollarlar. Bu algoritma var olan enerji kaynaklarını hesaplamadan çalışmaktadır. Gossiping algoritmasında ise alınan veya sezilen veri rast gele seçilen komşu düğüme gönderilir. Gossiping algoritması Flooding protokolündeki aynı veriyi alma problemini çözmeye çalışsa da enerji tüketimi bakımından Flooding algoritmasına göre bir ilerleme kaydedememiştir. Spin algoritmasında tüm veriyi göndermek yerine veri tanımlayıcısı gönderilerek enerji korunmaya çalışılır. Leach algoritmasında ise ağ kümelere bölünür ve her kümenin bir küme başı bulunur. Diğer küme elemanları belli periyotlarda küme başına veri gönderirler. Veri gönderme zamanı geldiğinde düğümlerin mutlaka gönderecek verilerinin olduğu varsayılır. Yeni verisi yoksa da en son sezdiği veriyi gönderir. Bu işlem gereksiz yere enerji tüketimine neden olur. Küme başı gelen verileri tek bir sinyale dönüştürüp baz istasyonuna gönderir. Küme başı belli periyotlarla değiştirilir. Leach

enerjiyi düğümler arasında dağıtarak Flooding ve Gossiping algoritmalarına göre enerjiyi daha iyi kullanmaktadır. Teen algoritması Leach algoritması üzerine kuruludur. Leach algoritmasının kümeleme mekanizmasını kullanır. Leach algoritmasına ek olarak düğümler sezdikleri verileri küme başına göndermek için iki eşik değeri kullanırlar. Sezdikleri veri ya belli bir değerin üzerinde olmalıdır ya da bir önceki sezdikleri veriden belli miktar farklı olmalıdır. Algılama veri gönderiminden daha az enerji harcadığı için bu davranış Teen algoritmasına enerji tüketimi açısından diğer algoritmalar karşısında avantaj sağlamaktadır. Apteen algoritması ise Teen algoritması üzerine kuruludur. Teen algoritmasına ek olarak eğer bir düğüm belli bir süre sezdiği veriyi göndermemişse eşik değerlerine bakmadan sezilen veriyi küme başına gönderir. Enerji tüketimi açısından incelendiğinde Teen ve Leach algoritmaları arasında yer alır.

Bu uygulamada Flooding, Gossiping, Spin, Teen ve Apteen uygulamalarını test eden java tabanlı bir benzetim programı yazılmıştır. Testlerin sonucunda, daha önceki çalışmalarda elde edilen sonuçlarla aynı sonuçlar elde edilmiştir. Enerjiyi en verimli kullanan algoritmalar sırasıyla; Teen, Apteen, Spin, Gossiping ve Flooding algoritmalarıdır.

Bir sonraki bölümde projenin tanımı ve ayrıntılı iş planı verilmiştir. Üçüncü bölümde tasarsız ağlar ve uygulamada kullanılan algoritmalar hakkında genel bilgi sunulmuştur. Dördüncü bölümde ise projenin analizine ve modellenmesine yer verilmiştir. Bu bölüm kullanım senaryolarını ve UML diyagramlarını içermektedir. Beşinci bölümde ise tasarımın nasıl yapıldığı etkileşim diyagramlarıyla anlatılmış ve sistemin nasıl test edildiğine değinilmiştir. Altıncı bölüm de benzetim sonuçları grafiklerle açıklanmış ve algoritmalar enerji tüketimi açısından incelenmiştir. Yedinci bölümde ise sonuçların olumlu ve olumsuz yönleri belirlenmiş ve öneriler sunulmuştur. Sekizinci bölümse bu çalışmada yararlanılan kaynaklar verilmiştir.

## 2 PROJENİN TANIMI VE PLANI

### 2.1 PROJENİN AMACI

Bu projede tasarsız ağlardaki yönlendirme teknikleri enerji tüketimine göre incelenecektir. Tasarsız ağlarda kullanılmakta olan yönlendirme tekniklerinden bazıları seçilerek ve Java programlama dili kullanılarak bir benzetim programı yapılacaktır. Kullanıcı değişen parametrelerle seçilen yönlendirme tekniklerinin sınyabilecek ve hangi uygulamalarda hangi yönlendirme tekniğinin daha efektif olduğuna karar verebilecektir. Elde edilen sonuçlar, günümüzde var olan sonuçlarla karşılaştırılarak benzetim programının başarımlı kıstasları sorgulanabilecektir. Benzetim programı JRE yüklü olan her bilgisayarda çalışabilecektir.

### 2.2 PROJENİN KAPSAMI

Benzetim programı yazılmaya başlanılmadan önce tasarsız ağların genel yapısı, problemleri, uygulama alanları ve kullanılmakta olan yönlendirme teknikleri incelenecektir. Seçilen yönlendirme tekniklerinin algoritmaları çıkarıldıktan sonra benzetim programı yazılmaya başlanılacaktır. Kodlama sürecinden sonra benzetim programının test süreci başlayacaktır. Test süreci boyunca elde edilen sonuçlar seçilen yönlendirme tekniklerinin performansı hakkında bilgi verecektir.

### 2.3 PROJEYE İLİŞKİN KESTİRİMLER

Projeye ilişkin kestirimler temel ve orta düzey CoCoMo Modeline göre hesaplanmıştır.

Temel CoCoMo modeline göre;

$$pm = a*(KLOC)^b \text{ çaba-effort-}$$

$$t_{dev} = c*(pm)^d \text{ geliştirme süreci}$$

**Tablo 1:** CoCoMo Modeli Sabit Değerleri

Project category	a	b	c	d
Organic	2.4	1.05	2.5	0.38
Semi-detached	3.0	1.12	2.5	0.35
Embedded	3.6	1.20	2.5	0.32

Proje semi-detached kategorisinde olduğu için hesaplamalarda  $a = 3.0$   $b = 1.12$   $c = 2.5$   $d = 0.35$  olarak kullanılmıştır.

$$pm = 3.0 * (5)^{1.12} = 18.2 \text{ pm}$$

$$t_{dev} = 2.5 * (18.2)^{0.35} = 6,9 \text{ ay}$$

$$\text{İnsan sayısı} = 18.2/6.9 = 2,6 \sim 3 \text{ insan}$$

Orta düzey CoCoMo modeline göre;

#### Ürün Nitelikleri

Gerekli güvenilirlik	0.75 – 1.40	.....1.30
Veritabanı büyüklüğü	0.94 – 1.16	.....0.94
Ürünün karmaşıklığı	0.70 – 1.65	.....1.40

#### Bilgisayar Nitelikleri

Yürütme Zamanı Kısıtlaması	1.00 – 1.66	.....1.20
Ana depo kısıtlaması	1.00 – 1.56	.....1.00
Sanal makine değişkenliği	0.87 – 1.30	.....0.87
Bilgisayar dönüş süresi	0.87 – 1.15	.....0.87

#### Kişisel Nitelikler

Analiz yeteneği	1.46 – 0.71	.....0.80
Programlama yeteneği	1.42 – 0.70	.....0.80
Uygulama deneyimi	1.29 – 0.82	.....0.90
Sanal makine deneyimi	1.21 – 0.90	.....1.00
Programlama dili deneyimi	1.14 – 0.95	.....1.00

#### Proje Nitelikleri

Modern programlama kullanımı	1.24 – 0.82	.....1.00
Yazılım araçlarının kullanımı	1.24 – 0.83	.....1.00
Gerekli geliştirme planı	1.23 – 1.10	.....1.20

x

---


$$EAF = 1.07$$

$$pm = a*(KLOC)^b * EAF = 19.5 \text{ pm}$$

## 2.4 RİSK YÖNETİMİ

### Genel Riskler:

- Geliştirme sürecinin kısa olması: İyi bir proje planı yapılarak bu risk azaltılmaya çalışılacaktır.

### Kişi Riski:

- Projenin geliştirilmesinde bir kişinin olması: Projeyi yapan kişinin Java programlama dilinde ve proje geliştirmede deneyiminin olması bu riski azaltacaktır.
- Projeyi yapan kişinin tasarsız ağlar konusunda deneyiminin olmaması: Tasarsız ağlar konusunda yayınlamış makaleler okunarak bu risk azaltılmaya çalışılacaktır.
- Projeyi yapan kişinin tam zamanlı çalışıyor olması: Zaman çizelgesi araçları ve kısa zamanlı hedeflerle bu risk azaltılacaktır.

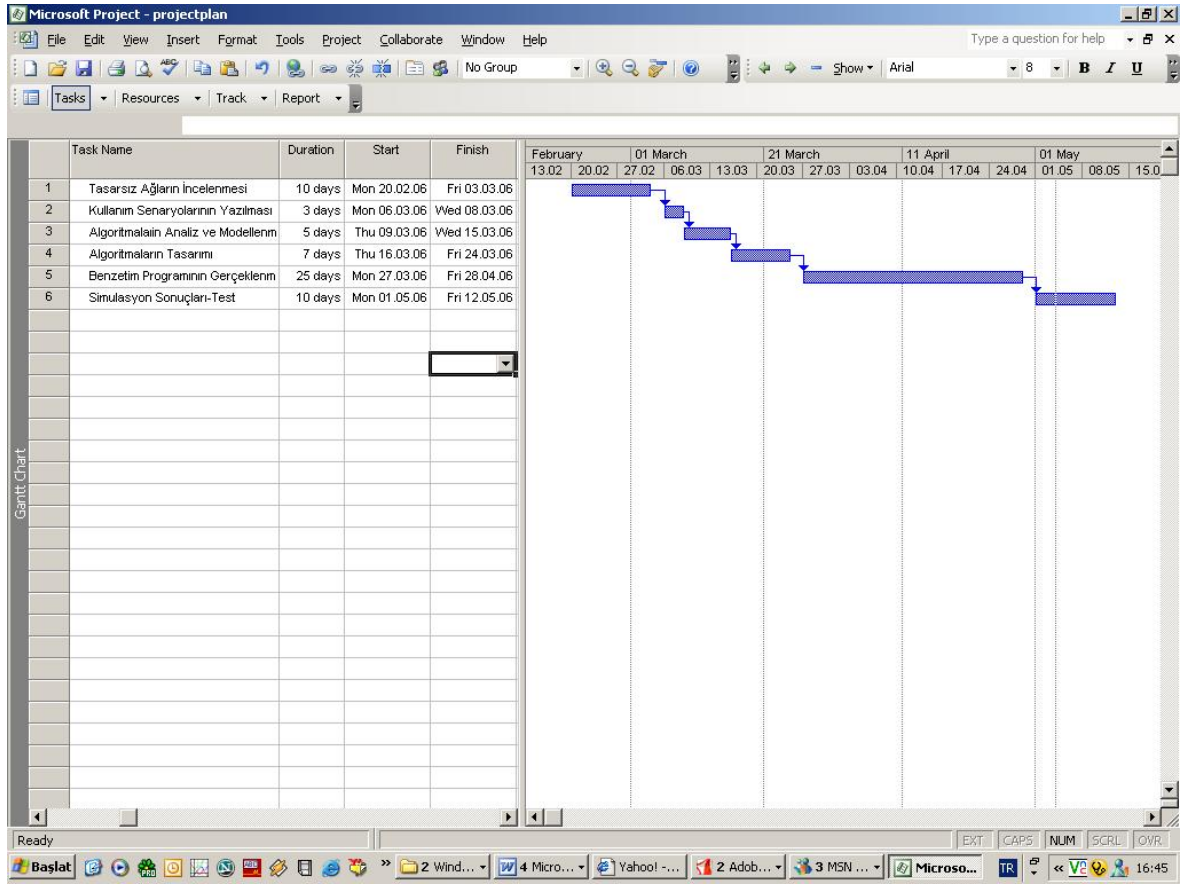
### Proje Riski:

- Proje belirlenen zamanda bitmeyebilir: Zamanlama konusunda yapılan plana uyularak bu risk azaltılacaktır.
- Proje bazı eksik bölümlerle bitebilir: Zamanlama konusunda yapılan plana uyularak bu risk azaltılacaktır.
- Projede bazı bölümler yanlış çalışabilir: Kodlama sırasında da test yapılarak bu risk azaltılacaktır.

### Ürün Riski:

- Ürünün test aşaması zaman alabilir: Test aşamasına gerekli zaman ayrılacaktır.

## 2.5 ZAMANLAMA



Şekil 1: GANTT Diyagramı

## 2.6 PROJE KAYNAKLARI

### 2.6.1 İNSAN KAYNAKLARI

Projede bir kişi çalışacaktır. Burcu SANDIK 1982 yılında Eskişehir’de doğmuştur. ITU Elektrik-Elektronik Fakültesi Elektronik ve Haberleşme Müh.’inden 2004 yılında mezun olmuştur. 2001 yılında Bilgisayar Müh. ile Çift Anadal Programına başlamış ve halen bu bölümde öğrencidir. Haziran 2004 yılından beri Java tabanlı multimedya sistemler üzerine Nortel Netaş’ta tam zamanlı olarak çalışmaktadır.

### 2.6.2 DONANIM VE YAZILIM KAYNAKLARI

Projede kullanılacak donanım

- Pentium 4, 2.8 GHz, 1,5GB RAM