**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

# KABLOSUZ ALGILAYICININ MODÜL TASARIMI

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Elektronik ve Haberleşme Müh. R. Mutlu BİÇER**

**Anabilim Dalı: Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği**

**Danışman: Doç. Dr. Adnan KAVAK**

**KOCAELİ, 2008**

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ * FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

# KABLOSUZ ALGILAYICININ MODÜL TASARIMI

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Elektronik ve Haberleşme Müh. R. Mutlu BİÇER**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 26 Mayıs 2008**
**Tezin Savunulduğu Tarih: 08 Temmuz 2008**

| Tez Danışmanı | Üye | Üye |
|---|---|---|
| Doç. Dr. Adnan KAVAK | Yrd. Doç. Dr. Ali TANGEL | Yrd. Doç. Dr. Mustafa TÜRKBOYLARI |
| (.....) | (.....) | (.....) |

**KOCAELİ, 2008**

## ÖNSÖZ

Kablosuz haberleşme,günümüzde hızla gelişip yayılmaktadır ve bu hızlı gelişim günlük yaşantımızı da çok yönlü bir şekilde etkilemektedir. Uygulama sahasının genişliği ile kablosuz haberleşme hayatımızı kolaylaştırmış ve birçok yeni uygulamanın da gelişmesini sağlamıştır.

Bu çalışmada hayatımızda giderek büyük bir önem kazanan kablosuz haberleşme sistemlerine giriş yapılmış, biri ZigBee ve diğeri GSM/GPRS temelli olmak üzere iki türde kablosuz algılayıcı modülleri tasarlanmış ve gerçeklenmiştir. Uygulamada tıbbi amaçlı algılayıcı birimleri geliştirilmiş ve bu birimlerden elde edilen veriler ZigBee ağı veya GSM/GPRS aracılığı ile bir merkezi veri toplama birimine aktarılmıştır.

Tez çalışması süresince beni bilgi ve deneyimleri ile destekleyen ve yardımlarını esirgemeyen tez danışmanlarım Yrd. Doç. Dr. Mehmet YAKUT ve Doç. Dr. Adnan KAVAK'a, yazılım ve donanım konusunda tüm kaynaklarını bana açan DEVNET Bilişim Teknolojileri Ltd. Şirketine, bu konu ile ilgili tüm bilgi ve becerilerini benimle paylaşan , bana her türlü desteği sağlayan Dr. Melikşah ERTUĞRUL (DEVNET) ve Sedat ÇAKIR'a (DEVNET) teşekkür ederim.

Ayrıca hayatım boyunca beni destekleyen ve bugünlere gelmemde yardımcı olan babam Sami BİÇER ve annem Nezahat BİÇER'e sevgilerimi sunarım.

## İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ ..... i
İÇİNDEKİLER ..... ii
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... iii
TABLOLAR DİZİNİ ..... iv
SEMBOLLER ..... v
ÖZET ..... vi
İNGİLİZCE ÖZET ..... vii
1 GİRİŞ ..... 1
2 KABLOSUZ HABERLEŞME TEKNOLOJİLERİ ..... 4
2.1 Radyo Frekans (RF) ..... 5
2.2 Bluetooth ..... 6
2.3 IRDA ..... 8
2.4 GSM (Global System for Mobile Communications) ..... 9
2.5 GPRS (General Packet Radio Service) ..... 11
2.5.1 GPRS sistem mimarisi ..... 12
2.5.1.1 Sunucu GPRS destek düğümü ..... 13
2.5.1.2 Geçit destek düğümü ..... 13
2.5.2 Sınırlamalar ..... 14
2.6 ZigBee ..... 15
3 KAN BASINCI ÖLÇÜMÜ ..... 21
4 GELİŞTİRİLEN SİSTEMİN DONANIM MİMARİSİ ..... 25
4.1 Sistem Donanım Bileşenleri ..... 26
4.1.1 Ana işlemci ..... 26
4.1.2 Kullanıcı ara yüzü ..... 28
4.1.3 Kan basıncı ölçme birimi ..... 28
4.1.4 Haberleşme ara yüzü ..... 32
4.1.5 GPS ..... 35
5 GELİŞTİRİLEN SİSTEMİN YAZILIM MİMARİSİ ..... 37
5.1 Ana İşlemci Yazılımı ..... 37
5.1.1 Geliştirme ortamı ..... 37
5.1.2 Yazılım bileşenleri ..... 38
5.2 RF Haberleşme Yazılımı ..... 50
5.2.1 Geliştirme ortamı ..... 50
5.2.2 Yazılım bileşenleri ..... 51
6 SİSTEMİN ÇALIŞMA PRENSİBİ ..... 52
6.1 Kan Basıncı Ölçme Birimi Çalışma Prensibi ..... 52
6.2 Sistemin Genel Çalışma Prensibi ..... 57
7 SONUÇ ..... 59
KAYNAKLAR ..... 61
ÖZGEÇMİŞ ..... 63

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 Lisanssız frekans bantları ..... 6
Şekil 2.2 GSM/GPRS Ağ Yapısı ..... 10
Şekil 2.3 Kablosuz standartları kullanım alanları ..... 15
Şekil 2.4 ZigBee katmanları ..... 16
Şekil 2.5 ZigBee'de kullanılan frekans bantları. ..... 18
Şekil 2.6 IEEE 802.15.4'te kullanılan ağ yapıları. ..... 19
Şekil 2.7 Örnek ZigBee ağı. ..... 20
Şekil 3.1 Tipik bir manşon ana basıncına karşın kalp atışına bağlı darbe salınımı grafiği. ..... 23
Şekil 3.2 Ortalama kan basıncından sabit oran yöntemi ile sistolik ve diyastolik basınçların elde edilmesi. ..... 24
Şekil 3.3 Manşon yavaş şişirilirken elde edilen basınç grafiği. ..... 24
Şekil 4.1 Sistem donanımı genel blok diyagramı. ..... 25
Şekil 4.2 MSP430 işlemcisi blok diyagramı. ..... 27
Şekil 4.3 Kan basıncı ölçme donanımı genel blok diyagramı. ..... 29
Şekil 4.4 Basınç algılayıcısının üstten ve alttan görünümü. ..... 29
Şekil 4.5 Kan basıncı ölçme birimi donanımı. ..... 30
Şekil 4.6 CC2431 genel blok diyagramı. ..... 33
Şekil 4.7 CC2431 RF haberleşme devresi. ..... 34
Şekil 4.8 CC243X programlama ve geliştirme devresi. ..... 34
Şekil 4.9 SIM300D GSM/GPRS modülü. ..... 35
Şekil 4.10 u-blox TIM-LEA-4S GPS modülü ..... 36
Şekil 4.11 u-blox TIM-LEA-4S blok diyagramı. ..... 36
Şekil 5.1 IAR Embedded Workbench for MSP430 yazılım geliştirme ortamı genel görünümü. ..... 37
Şekil 5.2 Çalışmada geliştirilen yazılım bileşenleri. ..... 39
Şekil 5.3 *gsm* yazılımı alt birimleri. ..... 42
Şekil 5.4 *gsm* yazılımı ana durum diyagramı. ..... 44
Şekil 5.5 *gps* yazılımında veri ayrıştırma işleminin akış diyagramı. ..... 47
Şekil 5.6 RF haberleşme yazılımı geliştirme ortamı ..... 50
Şekil 5.7 RF haberleşme yazılımı bileşenleri ..... 51
Şekil 6.1 Kan basıncı ölçme birimi blok diyagramı. ..... 52
Şekil 6.2 Basınç algılama bileşenleri. ..... 53
Şekil 6.3 Kan basıncı ölçme yazılımı akış diyagramı. ..... 54
Şekil 6.4 Kalp atışına bağlı darbe salınımları (mavi) ve bu salınımlardan elde edilmiş genlik değerleri (sarı). ..... 56
Şekil 6.5 Kalp atışına bağlı darbe genlikleri (mavi), bu genliklerden elde edilmiş zarf işareti (sarı), darbe kabul ve ret zamanları (pembe). ..... 57
Şekil 6.6 Kablosuz algılayıcı sisteminin ana durum diyagramı. ..... 58

## TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 2.1 Bluetooth güç sınıfları ..... 7
Tablo 2.2 ZigBee genel karakteristikleri. ..... 18
Tablo 2.3 ZigBee frekans bantları ve kanalları. ..... 18

## SEMBOLLER

| | |
|---|---|
| GHz | : Gigahertz |
| Kbps | : Kilo bits per second |
| kHz | : Kilohertz (103 Hertz) |
| Mbps | : Megabit (106 Bit) per second |
| MHz | : Megahertz (106 Hertz) |

### Kısaltmalar

| | |
|---|---|
| CCK | : Complementary Code Keying |
| BSC | : Base Station Controller |
| BSS | : Base Station System |
| BTS | : Base Tranceiver Station |
| DES | : Data Encryption Standard |
| FHSS | : Frenquency Hopping Spread Spectrum |
| GPRS | : General Packet Radio Service |
| GSM | : Global System for Mobile |
| HLR | : Home Location Register |
| IEEE | : The Institute of Electrical and Electronic Engineers |
| IrDA | : İnfrared Data Association |
| ISM | : Industrial, Scientific and Medical |
| LAN | : Local Area Network, |
| MS | : Mobile Station |
| MSC | : Mobile Switching Center |
| NSS | : Network Switching System |
| OFDM | : Orthogonal Frequency Division Multiplexing |
| OMS | : Operation and Maintenance System |
| PDP | : Packet Data Protocol |
| QoS | : Quality of Service |
| RF | : Radio Frequency |
| SIM | : Subscriber Idendity Module |
| TCP | : Transmission Control Protocol |
| WLAN | : Wireless Local Area Network |
| VLR | : Visitor Location Register |
| GPS | : Global Positioning System |

**KABLOSUZ ALGILAYICININ MODÜL TASARIMI**

**Regaip Mutlu BİÇER**

**Anahtar Kelimeler:** Kablosuz Haberleşme, Kablosuz Algılayıcı Ağları, Telemetri, RF, ZigBee, IEEE 802.15.4, GSM, GPRS.

**Özet:** Kablosuz iletişimdeki güncel yenilikler, kablolu sistemlere göre daha ekonomik, esnek ve kullanışlı algılayıcı ağların gerçeklenmesine imkân tanımıştır. Bu yönü ile askeri, endüstri, ev ve işyeri otomasyon ve güvenliği gibi hemen her alanda tercih sebebi olmaktadır. Bu çalışmada hızla gelişmekte olan bu konu ele alınarak tıbbi alanda bir ihtiyacı karşılamayı amaçlayan bir uygulamanın tasarımı ve geliştirilmesi doğrultusunda ilk adım atılmıştır. Hasta üzerinde sürekli olarak taşınabilen kablosuz bir algılayıcı modül aracılığı ile hastanın kan basıncı parametrelerinin elde edilerek kablosuz olarak bir merkeze aktarılabilmesi amaçlanmıştır. Bu doğrultuda, el müdahalesi olmadan mikroişlemci ve üzerinde koşan yazılım denetimi ile otomatik olarak ölçüm yapabilen ve osilometrik yöntem kullanarak çalışan bir algılayıcı birim için gerekli donanım ve yazılım geliştirilmiştir. Osilometrik yöntemde sistolik ve diyastolik kan basınçlarının tahmini için sistolik ve diyastolik oran sabitleri deneysel olarak elde edilmiştir.

Kablosuz algılayıcı sistemi için iki farklı kullanım alanı hedeflenmiş ve bu alanların ihtiyaçları doğrultusunda iki farklı haberleşme çözümü üretilmiştir. Bu alanlardan birincisi, çok sayıda hastanın bulunduğu tıbbi kliniklerdir. Böyle alanlarda hastaların anlık ölçülen parametrelerinin bir merkezden canlı olarak izlenebilmesi ihtiyacı ele alınmıştır. Bu ihtiyaç için gerekli kablosuz haberleşme ihtiyacını karşılayacak ZigBee tabanlı bir kablosuz ağ çözümü üretilmiştir. Kablosuz haberleşme ara yüzü olarak üzerinde açık kaynak kodlu ZigBee yığını(stack) ve geliştirilen uygulama yazılımı koşan CC243X serisi ZigBee uyumlu alıcı-verici donanımlar kullanılmıştır. Böylece bir kablosuz ağ kurulmuş ve verilerin bu ağ üzerinden merkezi bir bilgisayara aktarılması sağlanmıştır.

Kablosuz algılayıcı sistemi için hedeflenen ikinci bir kullanım alanı ise hastaların daha geniş dolaşma alanına sahip olduğu durumlardır. Bu kullanım şeklinde, belirli periyotlar boyunca kaydedilen parametrelerin bir merkeze aktarılabilmesi ve acil durumlarda otomatik olarak yardım çağrısı ihtiyaçları ele alınmıştır. Bu ihtiyaçlar doğrultusunda GSM/GPRS tabanlı bir haberleşme çözümü üretilmiştir. Bu çözümde elde edilen ölçüm değerlerinin GPRS üzerinden TCP/IP protokolü ile bir merkezi sunucuya aktarılmasını sağlayan donanım ve yazılımlar geliştirilmiştir. Acil durumlar için ise GSM üzerinden sesli arama özelliği eklenmiştir. Acil durumlarda pozisyon bilgisinin elde edilebilmesi için GPS modülü kullanılmış ve gerekli sürücü yazılımı geliştirilmiştir.

**DESIGN OF A WIRELESS SENSOR MODULE**

**Regaip Mutlu BİÇER**

**Keywords:** Wireless Communication, Wireless Sensor Network, Telemetry, RF, ZigBee, IEEE 802.15.4., GSM, GPRS.

**Abstract:** New improvements in wireless communication systems enable development of more economic, flexible and useful wireless sensor networks. For these reasons, they have many application fields in military, industry, home and office security, automation and in many other areas. In this study, this rapidly improving topic is handled and priority is given to design and to develop a specific application which aims to meet a need in medical area. A prototype wireless sensor module, which can be carried by a patient constantly and acquiring blood pressure parameters and transferring those to a center in a wireless manner is aimed. In this direction, the necessary hardware and software have been developed for a sensor unit, which can accomplish measurements without person intervention, but with the control of a microprocessor and the software running on it. It operates by using oscillometric method. In oscillometric method, the systolic and diastolic ratio constants for estimating systolic and diastolic blood pressures are experimentally determined.

Two different usage domains have been aimed for the wireless sensor system, and based on the requirements for these domains, two different wireless communication solutions have been proposed. The first domain is medical clinics where there are a great number of patients. In these domains, the requirement of live monitoring of measured parameters momentary in a center has been handled. A ZigBee based wireless network solution has been produced for this requirement. As a wireless communication interface, CC243X series ZigBee compatible transceiver hardware module, which has open-source ZigBee stack and developed application software running on it, has been used. As a result, a wireless network has been set up and transferring of data over this network has been ensured.

A second usage domain for wireless sensor system is the condition which patients are mobile in a wider area. In this form of usage, transferring of parameters which are stored with a defined time interval to a center, and automatic urgent call in emergency situations are dealt with. Depending on these requirements, a GSM/GPRS based communication solution has been produced. In this solution, hardware and software, which make sending the measured values over TCP/IP protocol to back office server, have been developed. For emergency conditions, voice call function through GSM has been added to the system. Also a GPS module has been added in order to get position information for emergency situations, and the required driver software has been developed for it.

# 1 GİRİŞ

Kablosuz algılayıcı ağları, algılayıcılar vasıtasıyla topladıkları verileri kablosuz olarak ileten ve düşük enerji gerektiren sistemlerdir. Kablosuz algılayıcı ağları, kablosuz haberleşme sistemlerindeki gelişmeler ile birlikte 1990'lı yıllarda önemli bir araştırma alanı haline gelmeye başlamıştır. Donanım maliyetlerinin düşük olması, kablolama gerektirmediği için kurulumlarının kolay ve ucuz olması, esnek kullanım imkanı sunması ve hızla gelişen algılayıcı teknolojisi nedeniyle kullanım alanları giderek artmaya başlamıştır(Askeri uygulamalar, sağlık uygulamaları ve çevresel gözleme uygulamaları vb..) [1]

Bu çalışmada hızla gelişmekte olan bu konu ele alınarak tıbbi alanda ihtiyaç karşılamayı amaçlayan bir uygulamanın tasarımı ve geliştirilmesi doğrultusunda ilk adım atılmıştır. Hasta üzerinde sürekli olarak taşınabilen kablosuz bir algılayıcı modül ile hastanın ilgi duyulan sağlık parametrelerinin kablosuz olarak bir merkeze aktarılabilmesi amaçlanmıştır.

Tasarım aşamasında hastaya ait sıcaklık, terleme, darbe ve kan basıncı gibi birden fazla parametrenin ölçülmesine ihtiyaç olabileceği düşünülerek ileriye dönük olarak esnek bir tasarım hedeflenmiştir. Ancak çalışma kapsamında sadece kan basıncı parametrelerinin ölçülmesini sağlayacak algılayıcı birimi gerçeklenmiştir.

Kan basıncı ölçme işleminde doğruluk açısından en ideal yöntem damar içerisine bir sonda ile girilerek kanın basınç değerinin doğrudan ölçülmesidir. Bu tür yöntemler cerrahi müdahale gerektirdiğinden pratikte kullanımı yaygın değildir. Tıbbi kliniklerde araştırma ve deneysel çalışmalarda tercih edilmektedir. Cerrahi müdahale olmaksızın uygulanan yöntemler dolaylı yöntemler olarak anılırlar. Bu yöntemler hasta konforu ve güvenliği açısından daha iyi bir çözüm sunarken doğruluk değerinden ödün vermektedirler. Dolaylı yöntemler içerisinde doğruluk açısından en ideal olanı oskültatuar yöntemdir. Bu yöntemde bir sfigmomanometre ve bir

steteskop kullanılır. Ölçüm için kola kalp seviyesinde olacak şekilde bir manşon sarılır ve arterdeki kan akışı tamamen duruncaya kadar şişirilir. Ardından manşon basıncı yavaşça düşürülür. Basınç düşerken kanın arter içerisinde yeniden akmaya başladığı anda steteskopta kanın damardan geçiş sesi duyulur. Sesin ilk duyulduğu anki manşon basıncı sistolik kan basıncıdır. Manşon basıncı düşmeye devam ederken ses yeniden kesilir. Bu anki basınç değeri ise diyastolik kan basıncıdır. Bu yöntemde merkür manometresinin kullanılması doğruluğu artırmaktadır çünkü bu manometre kalibrasyon gerektirmemektedir. Ancak manometrenin taşınabilir olmaması nedeni ile yalnızca tıbbi kliniklerde kritik hastalarda kullanılırlar.

Oskültatuar yöntem ev kullanımı veya kişisel kullanım için çok pratik bir çözüm değildir. Kullanım kolaylığı açısından daha iyi bir yöntem osilometrik yöntemdir. Bu yöntemde sfigmomanometre ve steteskop yerine elektronik bir basınç algılayıcısı kullanılır. Kanın arter içerisinde akarken çıkardığı ses yerine basınç algılayıcısı çıkışında kalp atışına bağlı olarak oluşan darbe salınımları analiz edilir. Darbe genliklerine bakılarak ortalama kan basıncı yüksek doğrulukla elde edilebilirken sistolik ve diyastolik kan basınçları elde edilemez. Bu parametreler tahmin yöntemleri ile belirlenir. Elektronik ölçüm cihazlarında her üretici kendi geliştirdiği algoritmalar, deneysel olarak bulduğu katsayılar veya veritabanı kullanarak en iyi doğruluk değerine ulaşmaya çalışır. Bu çalışmada ortalama kan basıncı değeri darbe genlikleri analiz edilerek elde edilmiş, sistolik ve diyastolik basınç değerlerinin tahmini için gerekli sabitler deneysel olarak bulunmuştur.

Hastalar genelde kan basıncı ölçümü için tıbbi kliniklere gittiklerinde “beyaz önlük etkisi” nedeni ile ölçüm anındaki kan basıncı değerleri normalden farklı olabilmektedir. Ayrıca uzun periyotlarda yapılan ölçüm işlemi ile ölçüm yapılmayan zamanlar için kestirimde bulunmak yanıltıcı olabilmektedir. Çalışmada bu problemler göz önünde bulundurularak ihtiyaca göre ayarlanabilir periyotlarda otomatik başlayan veya isteğe bağlı anlarda el ile başlatılan kan basıncı ölçümü işlemi yapan bir algılayıcı modül donanımı tasarlanmış ve gerekli gömülü yazılımları geliştirilmiştir.

Sistemin tasarımı aşamasında kullanım alanı açısından iki farklı ihtiyaç üzerinde durulmuştur. Bunlardan birincisi sınırlı bir alanda çok sayıda hastanın bulunduğu ortamlarda hasta parametrelerinin gerçek zamanlı olarak bir merkezden izlenmesi ihtiyacıdır. Bu ihtiyaç doğrultusunda ZigBee tabanlı haberleşme ara yüzüne sahip bir çözüm üretilmiştir. ZigBee, düşük güçlü, kısa mesafeli, düşük hızlı ve küçük paket boylu olan uzaktan izleme ve kontrol sistemlerini hedefleyen bir kablosuz haberleşme standardıdır. Bu nedenle bu çalışmada tercih sebebi olmuştur. İkinci ihtiyaç ise hastanın dolaşma alanının sınırlı olmadığı durumlarda, ölçülen parametrelerin otomatik olarak bir merkeze kablosuz aktarılması ve acil durumlarda otomatik yardım çağrısında bulunulabilmesidir. Bu ihtiyacı karşılamak üzere GSM/GPRS tabanlı bir çözüm üretilmiştir. Ölçüm verileri TCP/IP üzerinden merkezi bir sunucuya aktarılması sağlanmıştır. Bu çözümde acil yardım çağrısı yapılacağı durumlarda pozisyon bilgisine de ihtiyaç vardır. Bu ihtiyacı karşılamak üzere GPS ile pozisyon bilgisinin elde edilmesi sağlanmıştır.

Tezin geri kalan bölümü şu şekilde organize edilmiştir. İkinci bölümde kablosuz haberleşme teknolojileri ile ilgili genel bilgiler verilerek bu teknolojiler tanıtılmıştır. Üçüncü bölümde kan basıncı ölçümü yöntemleri hakkında temel bilgiler verilmiş ve bu çalışmada kullanılan yöntem geniş olarak ele alınmıştır. Dördüncü bölümde geliştirilen sistemin donanım mimarisi tanıtılmıştır. Beşinci bölümde geliştirilen sistemin yazılım mimarisi tanıtılmış ve çalışma prensipleri anlatılmıştır. Altıncı bölümde geliştirilen sistemin genel çalışma prensibi açıklanmıştır. Son olarak yedinci bölümde ise geliştirilen sistemin avantajları, olumsuz yönleri ve sistemin geliştirilmesi için yapılabilecek ileri çalışmalar ele alınarak tartışılmıştır.

# 2 KABLOSUZ HABERLEŞME TEKNOLOJİLERİ

Bu bölümde proje kapsamında araştırılan ve projede kullanılan kablosuz haberleşme teknolojilerinden kısaca bahsedilecektir.

Kablosuz haberleşme; özetle, ses ve veri iletişimi için kablo yerine radyo dalgalarının kullanılması olarak açıklanabilir. Kablosuz haberleşme teknolojileri, sağladıkları esneklik, hareketlilik, düşük montaj ücretleri, hızlı, kolay kurulum, ulaştıkları iletişim hızları ve en az kablolu haberleşme kadar performansının yüksekliği ile hayatımızda daha çok yer almaya başlamıştır. Önümüzdeki yıllarda da pek çok alanda kablo kullanımına neredeyse gerek duyulmayacak oranda kullanımlarının artacağı düşünülmektedir.

Doksanlı yıllardan itibaren internet sonucu gelişen arz-talep ilişkisinin getirisiyle pek çok alanda uygulama imkanı bulan kablosuz haberleşme en son gelişimini cep telefonlarının icadı ile gösterdi. Başlangıçta askeri amaca daha fazla hizmet eden kablosuz haberleşme artık sivil toplumun da ilgi odağı haline gelmekte ve farklı uygulama alanlarına da kayarak gün geçtikçe gelişimine devam etmektedir.

Ses iletişiminde, cep telefonu abone sayısı, sabit telefon abone sayısını geçmiştir. Veri iletişiminde günümüzde dial-up abone sayısı, GPRS üzerinden veri iletişimi yapanların sayısından şimdilik azdır ama bu rakam GPRS lehine gelişmektedir Özellikle EDGE teknolojisine geçilmesiyle, GPRS veri iletişim hızı, klasik dial-up bağlantıdan çok daha hızlı hale gelmiştir.

Kampüs veya şirket içi iletişimde WiFi (IEEE 802.11a/b/g) kullanımı, giderek Ethernet kullanımının yerine geçmektedir. IEEE 802.11g süper G modunda 108 Mbps hızına ulaşmıştır. Cep telefonları ve çevre aksesuarları arasında Bluetooth kullanımı giderek standart hale gelmektedir. Endüstriyel cihazlar arası haberleşmede, RF veya Optik haberleşme kullanımı, giderek kablolu seri haberleşme (RS485 ve RS232) yerine kullanılmaya başlanmıştır.

## 2.1 Radyo Frekans (RF)

Radyo frekans (RF) haberleşmesi, elektromanyetik dalgaların iletilmesi esasına dayanılarak gerçekleştirilmektedir. RF haberleşmenin akıllı ev (aydınlatma, bahçe sulama, garaj kapısı, güvenlik vb.), telemetri, fabrika otomasyonu gibi giderek artan birçok uygulama alanı mevcuttur.

Haberleşme yapılan frekans bandı, telekomünikasyon kurumunun belirlediği frekans tahsis aralığından seçilir. Herkesin kafasına göre bir frekansta, RF haberleşme işlemini yapması doğru değildir. Telekomünikasyon kurumu tarafından yayınlanan "kısa mesafe erişimli telsiz cihazlarının kurma ve kullanma esasları" hakkındaki yönetmelikte, kurumun kabul ettiği standart ve teknik özelliklere uygun olmak kaydıyla hangi frekans bantlarında ruhsatsız ve izinsiz olarak yayın yapılabileceği belirtilmiştir.

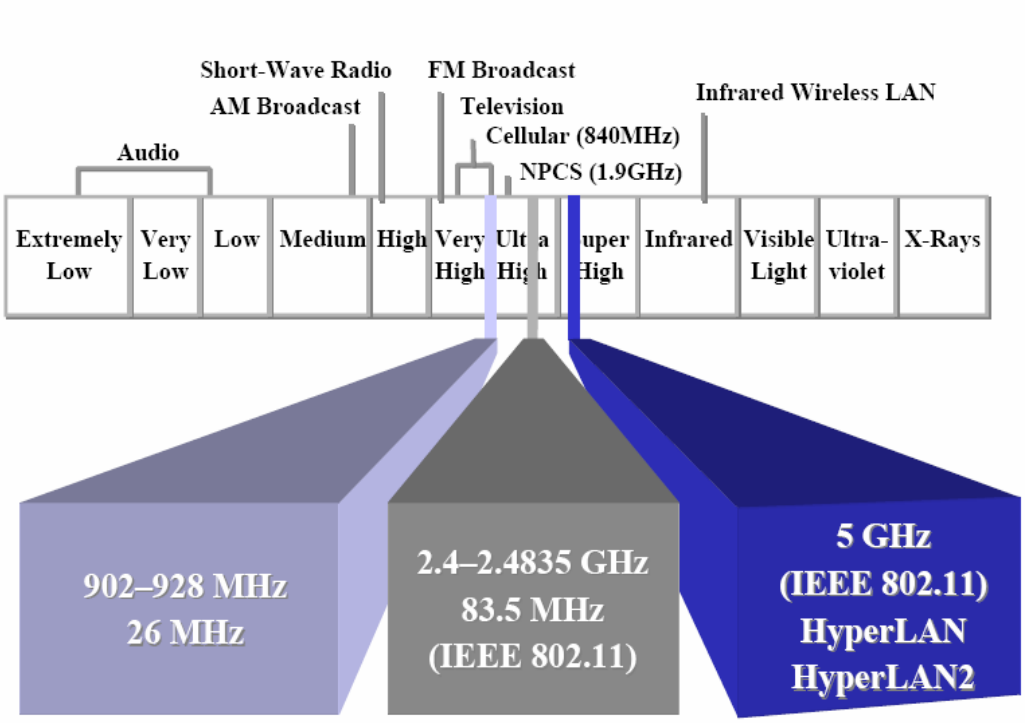
RF haberleşme sistemlerinde gönderilen veri, hem aynı frekans bandını kullanan diğer alıcı sistemleriyle karışmadan, hem de güvenlik nedeni ile şifrelenerek ortama iletilir. Şifreleme işlemi, özel kodlayıcı(encoder)-kod çözücü(decoder) entegreler ile donanımsal olarak yapılabileceği gibi, mikro-kontrolör üzerinde yazılımsal olarak da yapılabilir.

RF haberleşmede kullanılacak modül seçimi ihtiyaca yönelik düşünülmelidir. Mesela FSK modülasyon yönteminin, özellikle gürültülü ortamlarda ASK modülasyonuna göre daha iyi performans gösterdiği bilinmektedir, bu yüzden FSK modülasyonun kullanımı özellikle çift yönlü veri iletimi gerektiren durumlarda daha çok kullanıla gelmektedir. Çok kanallı alıcı-vericiler, ortamda aynı kanalı kullanan başka bir sistem bulunması durumunda kanal değiştirme imkanı sunduğundan birden fazla sistemin aynı ortamda çalışmasına imkan tanımaktadır.

## 2.2 Bluetooth

Bluetooth ilk olarak Ericsson Mobile Com. tarafından 1994 yılında geliştirilen, bilgisayar ve çevre birimleri arasında kablonun yerini alan bir kablosuz haberleşme teknolojisidir.

Bluetooth cihazları 2.4GHz serbest bandı (ISM) kullanmaktadır (Bkz Şekil 2.1). Bluetooth, temel olarak IEEE 802.11 standardı üzerinde kurulmuştur ve seyyar (Ad-hoc) tip ağ yapısını kullanır. Yani, bir sunucu ya da erişim noktası olmaksızın, kapsama alanı limitli olan ve birçok istasyon arasında bağlantının kurulduğu basit ağlardır.




Şekil 2.1 Lisanssız frekans bantları

Bluetooth bağlantıyı kararlı tutabilmek için 2.402 ile 2.480 GHz arasında 1 MHz aralıklarla frekans atlaması yapar. Bu sürekli değişim, veri paketlerinin gönderilmesinden veya alınmasından sonra yapılır. Frekansları daha hızlı ve daha küçük paketlerle yollayabildiğinden dolayı bu teknolojinin kararlılığı diğer teknolojilere kıyasla oldukça yüksektir [2].

Bluetooth'da üç farklı güç sınıfı bulunmaktadır. Bunlar Tablo 2-1 de listelenmiştir. 0 dBM için için 10m, 20 dBm için 100m iletim mesafesi söz konusudur. Yaygın kullanılan güç sınıfı 0 dBm'dir. Bu güç değeri çoğu uygulamada yeterli olmakla birlikte çeşitli avantajları da bulunmaktadır. Örneğin, etki alanının çok büyük olmaması, uzak mesafelerdeki Bluetooth cihazlarının birbirlerinden etkilenmemesini ve dolayısıyla veri kanallarının da yeterli sayıda kalmasını sağlar.

Tablo 2.1 Bluetooth güç sınıfları

| **Güç Sınıfı** | **Maksimum Çıkış Gücü (Pmax)** | **Nominal Güç** | **Minimum Çıkış Gücü (Pmin)** | **Güç Kontrolü** |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 100 mW (20 dBm) | - | 1 mW (0 dBm) | Pmin<+4 dBm'den Pmax'a<br>Pmin'den Pmax'a |
| 2 | 2.5 mW (4 dBm) | 1 mW (0 dBm) | 0.25 mW (-6 dBm) | Pmin'den Pmax'a |
| 3 | 1 mW (0 dBm) | - | - | Pmin'den Pmax'a |

Bluetooth ağları biri master yedisi slave olmak üzere sekiz cihaza kadar birlikte bir ağ oluşturabilirler. Bu ağa "Pikonet" (Piconet) denilmektedir. Slave cihazların master cihaza bağlanması ile birlikte kablosuz bir ağ zinciri oluşturulur. Ağ kontrolü master cihazın görevidir. Pikonetde tüm cihazlar aynı frekans kanalını ve aynı frekans atlama sırasını (frequency hopping sequence) kullanırlar. Kapsama alanı genişletmek maksadıyla Pikonet'ler birbirine bağlanabilirler. Pikonetlerin birbiri ile bağlanmasıyla "Scatternet" oluşturulabilir. Bu durumda her Pikonet farklı bir atlama kanalı kullanılır.

Konuşma seslerinin iletimi için Bluetooth SCO (Synchronous Connection Oriented) yöntemini, veri iletimi için de ACL (Asynchronous Connectionless) yöntemini kullanır. Asimetrik bağlantılarda bir yöne doğru azami aktarım hızı 721 Kbs, tersi yöne doğru ise 57,6 Kbs olarak gerçekleşir. Simetrik olarak 432,6 Kbs veri aktarım hızıyla bağlantı kurulur[4] [5].

## 2.3 IRDA

Bir kızılötesi iletişim standardı olan IrDA (Infrared Data Association) gayet yaygın olarak kullanılmakta olan kablosuz bir teknolojidir. Kızılötesi teknolojisi haberleşmede elektromanyetik spektrumda gözle görülebilen ışığın altındaki frekansları (3x1014kHz / 850-950 nm) kullanan bir teknolojidir. Alıcı ile verici cihaz arasında birbirini direk gördüğü ortamlarda ve kısa mesafeler için çok uygundur.

1993 yılında, aralarında Hewlett Packard ve IBM'in de bulunduğu yaklaşık 30 firma, kızılötesi ışınlarla veri aktarımını standartlaştırmak için bir araya geldi. İlk standart kızılötesi arabirimi (SIR), 115,2 Kbps' lik aktarım hızına sahipti, daha sonra Fast Infrared Standard (FIR) geliştirildi. FIR ile 4 Mbs aktarım hızına ulaşıldı. Very Fast Infrared standardı (VFIR) ile de 16 Mbs hızlarla veri aktarımı mümkün olabilmektedir.

IrDA Bluetooth'a göre daha hızlıdır ancak sadece noktadan-noktaya bağlantılar için kullanılabilir. İletişim kurulacak cihazlar üzerinde bulunan kızılötesi portların birbirlerini açık bir şekilde fiziksel olarak görebiliyor olması gerekmektedir. Bu nedenle kalabalık ortamlarda bir işlem yapılmak istendiğinde, IRDA daha güvenli bir çözüm sunabiliyor. Buna karşın iki cihaz arasındaki uzaklık arttıkça IRDA teknolojisinde veri transfer hızı düşüyor.

Alıcının menzili, teorik olarak bir metre. Ancak kızılötesi ışınlar, normal ışık ve yansıtıcı cisimler gibi etkenlerden kolayca etkilenirler. Bu nedenle pratikte durum farklıdır; parlak güneş ışığı altında menzilleri çok kısa, evlerde kullanılan yapay ışık altında ise menzilleri daha uzundur. Bağlantı herhangi bir cihaz üzerinden kurulabilir. Aktif halde olduklarını belirtmek için IrDA arabirimleri, her iki saniyede bir, bir ışık demeti yayınlarlar. Eğer civarda başka bir IrDA cihazı bulunuyorsa, bu sinyalleri, algılar ve böylece bağlantı kurulur, ilk aşamada cihazlar birbirlerine kendi özelliklerini bildiren verileri gönderirler [4].

## 2.4 GSM (Global System for Mobile Communications)

GSM, “mobil iletişim için küresel sistem” anlamına gelen cep telefonu haberleşme protokolüdür. Başlangıçta "Groupe Spéciale Mobile" (Mobil İletişim Özel Grubu) ismini taşıyan GSM daha sonraları sistemin tüm dünyada yaygınlaşması ile birlikte yeni adıyla anılmaya başlandı.

GSM standartları, hücresel ağ kullanır ve dolaşım sırasında bile hücreler arası geçiş yapma kabiliyetine sahiptirler. Bu geçiş GMSK modülasyonuyla (Gaussian Minimum Shift Keying) sağlanır.

GSM telefonları 1900 MHz, 1800 MHz ve 900 MHz frekans aralığında çalışmaktadır. 900 MHz bantta gönderme (uplink) frekans bandı 890 – 915 MHz, alma (downlink) frekans bandı ise 935 MHz – 960 MHz dir. Bu 25 MHz’lik alanı FDMA 200 kHz’lik alanlarda toplam 124 taşıyıcı frekansı ile kullanır.

GSM 1800 ve 1900’ün taşıma kapasitesi daha yüksek olmasından dolayı genellikle nüfusun yoğun olduğu bölgelerde kullanılır. GSM 1900 ise sadece Amerikan Birleşik Devletleri'nde kullanılmaktadır.

GSM ağlarında veriler standart olarak 9.6 Kbit/s, HSCSD ile 14.4 kbit/s (kanal birleşimi olmaksızın) ve GPRS ile de 171 kbit/s hızına kadar iletilebilir.

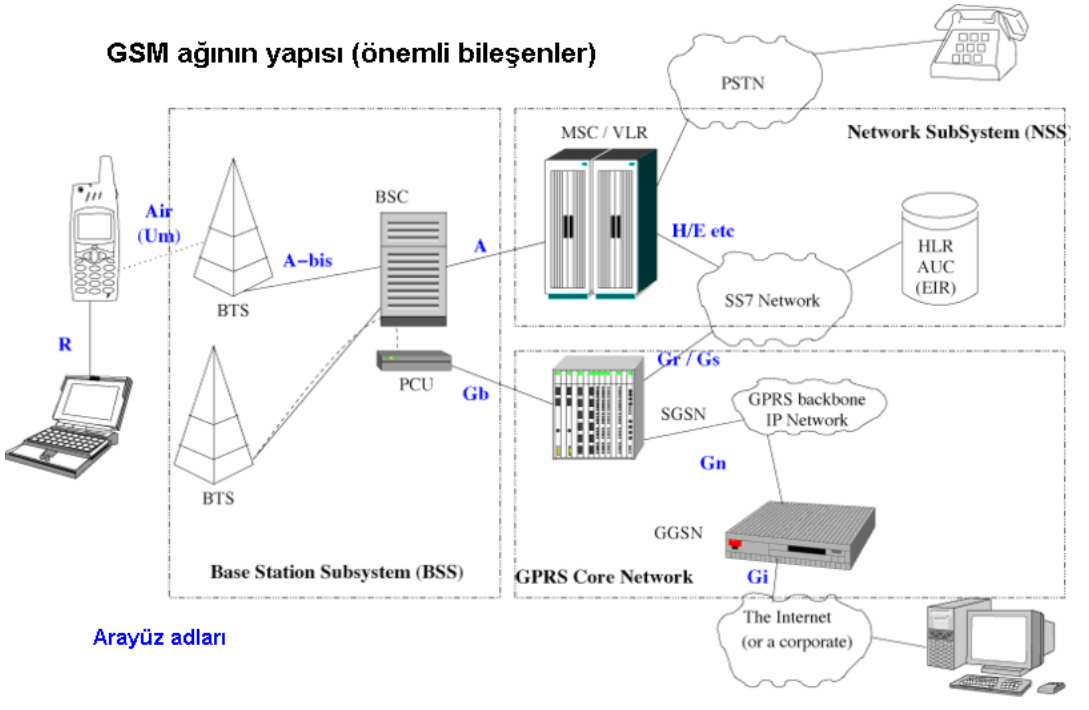
GSM sistemi temel olarak 4 ana bileşenden oluşmaktadır (Bkz Şekil 2.2). Bu bileşenler kendi içlerinde birden fazla donanımdan oluşmaktadır. Bu ekipmanlar ve standartları açık olarak tanımlanmıştır ve bu sayede farklı firmaların ürettiği cihazlar birbirleriyle uyumlu olarak çalışabilmektedir. GSM ağ bileşenleri aşağıda madde halinde sıralanmıştır:

1. Mobil İstasyon (MS: Mobile Station)
2. Baz İstasyonu Sistemi (BSS: Base Station System)
3. Ağ Anahtarlama Sistemi (NSS:Network Switching System)
4. İşletim ve Bakım Sistemi ( OMS: Operation and Maintenance System)’dir.

GSM sisteminde birçok BTS baz istasyon kontrol birimi BSC tarafından kontrol edilir. BTS ve BSC birlikte baz istasyon alt sistemini (BSS) oluşturular. Bu sistem içersinde GSM'in sesli aramaları MSC'ye yönlendirilir ve bu sistemde bulunan GPRS kullanıcı bilgileri BSS den SGSN'ye gönderilir.

Mobil istasyonlarda haberleşme trafiği mobil anahtarlama merkezi (MSC) tarafından kontrol edilir. Sabit şebekelerle olan bağlantı ağ geçidi aracılığı ile sağlanır. GSM in hiyerarşik bir yapısı vardır ve şebekede bir MSC ye bağlı en az bir yönetim bölgesi vardır. Her yönetim bölgesi en az bir yerleşik alandan, her yerleşik alan pek çok hücre grubundan oluşmuştur ve hücre grubları da bir BSC ye bağlanmıştır.

Şebeke yönetimi ve çağrı kontrolü için, esas yerleşim kaydedicisi (HLR - Home Location Register), ziyaret edilen yer kaydedicisi (VLR - Visitor Location Register), cihaz kimlik kaydedicisi (EIR), doğrulama merkezi gibi birçok veri tabanı kullanılır.




Şekil 2.2 GSM/GPRS Ağ Yapısı

MSC'deki HLR (Home Location Register) bölümünde belirli ağ sistemindeki kayıtlı kullanıcıların veritabanı bilgileri tutulur (sabit abone bilgileri, geçici abone yer bilgileri vb..). Bu nedenle abonenin aranması durumunda ilk önce HLR sorgulanır. HLR, belli ağ operatörlerinin her abonesi için SIM (Subscriber Idendity Module) içerir. Kullanıcının bir sistemden başka bir sisteme geçmesi VLR'yi (Visitor Location Register) ilgilendirir. VLR'de bütün kullanıcılar için geçici bir veritabanı tutulur. VLR, HLR'ye ilgili kullanıcının geçici olarak bir bölgede bulunduğunu ve bu kullanıcıya ait tüm isteklerin VLR tarafından yönetileceğini belirtir. Mantıksal olarak her GSM ağında HLR'lar bulunur ve ancak çok fazla bölgeye dağıtılmış da olabilirler. Ayrıca VLR, HLR üzerinden kullanıcı için seçilmiş bilgilerini ve tüm çağrılarının kontrollerini de üzerine alabilir.

Kullanılan bir diğer donanım kontrolün artırılmasına yönelik olan AuC (Authentication Center) ve EIR'dır (Equipment Inventory Register). AuC'nin görevi güvenlik ile ilgili bilgileri oluşturur ve saklar (bu bilgilerin içinde şifre de olabilir), kullanıcılara ait belirli bilgilerin doğrulanmasını kontrol eder. EIR ise abone bilgilerinden ziyade cihaz bilgilerini (IMEI vb..) tutar [4] [7].

## 2.5 GPRS (General Packet Radio Service)

General Packet Radio Service (GPRS) mevcut GSM şebekeleri üzerinden veri iletilebilmesine imkân veren, cep telefonu ve mobil cihaz kullanıcılarına kesintisiz İnternet bağlantısı sunan paket tabanlı (packet-based) bir mobil iletişim servisidir.

GPRS ile birlikte veri iletişimi daha da hızlanmış ve mobil internete bağlantı yaygınlaşmıştır. Bu sayede internet erişimi için bir PC, kablolu telefon ya da özel hatta ihtiyaç duymadan dünyanın her yerinden, her an internete girilebilmektedir. Bu teknoloji ile telefonlar veri iletişimine daima bağlı ve hazırdır. Bir veri iletişimi yapılmak istendiğinde, zaten bağlı olduğundan anında iletişime başlayabilmektedir. Ayrıca ücretlendirme de kablolu sistemlerde olduğu gibi hatta kaldığı süre için değil, transfer ettiği veri miktarına göre yapılmaktadır ve böylelikle "sürekli bağlantıda, sürekli gerçek zamanda" (always connected/always online) anlayışını sunmaktadır.

Teoride GPRS sekiz radyo kanalını da ayni anda kullanması durumunda data transfer hızı 171.2 kbps ye kadar çıkabilir. Bu hız şu an mevcut olan sabit telefon hatlarındaki data transfer hızının 3 katı,GSM data transfer hızının ise 10 katıdır. Fakat gerek GSM operatörlerinin alt yapısından gerekse doğal koşullardan dolayı bu hıza ulaşmak pek mümkün olmamaktadır.

GPRS teknolojisini kullanabilmek için mobil şebeke ve servis sağlayıcı altyapısına GPRS donanım ve yazılımları entegre etmek ve GPRS uyumlu mobil telefonlar gereklidir.

Telefon ağı gibi devre anahtarlamalı şebekeler sadece bir kanalı kullanıma açar. Eğer kullanıcı biri ile telefon görüşmesi yapıyorsa, işgal edebileceği kapasite önceden belirlidir ve konuşma aralarında dahi bu kanal kullanılmaya devam edilir. Bu nedenle başka kullanıcılar, o an için bu kanalı kullanamazlar ve söz konusu kullanıcılar bağlantı için belli bir ücret ödemek zorundadırlar.

Paket anahtarlamalı hizmetlerde ise iki kullanıcı arasında belirli bir bağlantı kurulur. Bu hat üzerinden hem veriler hem de gönderen ve alıcı arasında konuşma paketleri de akar. Örneğin kullanıcıların bir dosya transferi sonrasında veri transferi sona erdiğinde, ağ içersindeki diğer kullanıcılar da artık boşa çıkan hattan faydalanabilirler. Böylece kullanıcılar gönderdikleri veri paketleri için ücret öderler, hattı meşgul ettikleri süre için değil.

GPRS sisteminde bilgiler yollanmadan önce küçük parçalara bölünürler; karşı taraf bu paketleri alınca birleştirir ve anlamlı hale getirir. Devre anahtarlamalı sistemler ise datanın hızlı aktarılması gereken ve bilginin gönderiliş sırasının önem arz ettiği sistemler için daha etkilidir [7], [8].

### 2.5.1 GPRS sistem mimarisi

GPRS'i mevcut GSM şebekesine entegre edebilmek ve paket bağdaşma fonksiyonunu kullanabilmek için GPRS destek düğümleri olarak tanımlanan (GSN - GPRS Support Node) yeni şebeke bileşenlerinin GSM alt yapısına eklenmesi gerekmektedir. Ana yönlendirme fonksiyonu bu destek düğümleri tarafından gerçekleştirilmektedir.

#### 2.5.1.1 Sunucu GPRS destek düğümü

Sunucu GPRS destek düğümü (SGSN - Serving GPRS Support Node), kendi servis alanındaki mobil telefonlara data paketlerinin ulaştırılması ve mobil telefonlardan gelen data paketlerinin sabit data ağlarına iletilmesinde görevlidir. Şifrelemeyi sağlar, GPRS oturumunu yönetir. SGSN'ler HLR'ı kullanarak GPRS kullanıcılarının profili hakkında bilgi alırlar. SGSN'nin kapsama alanına yeni bir GPRS kullanıcısı girdiğinde bu kullanıcının SGSN'ye kaydı yapılır ve bu kullanıcıya ait konum bilgisi yenilenir.

#### 2.5.1.2 Geçit destek düğümü

Geçit destek düğümü (GGSN - Gateway GPRS Support Node) dış IP paket ağı ile GPRS ağı arasında bir ara yüzdür. GPRS oturumunun yönetimini yapar. GPRS paketlerini ileteceği ağa uygun paket veri formatına getirir ve iletir. Tersi durumda ise; dış IP paket ağından gelen data paketleri SGSN ye gönderilir. Bunu yapabilmesi için kullanıcının geçerli SGSN adresini ve kullanıcının profilini kendi yerel yazmaçlarında tutar. SGSN data paketlerini farklı GGSN'ler üzerinden farklı IP paket ağlarına gönderebilir. Ayrıca trafik istatistiklerini ve ücretlendirme bilgilerini tutar.

GPRS çalışmaya başladığı anda; kendini bulunduğu ağa tanıtır. Kapsama alanında bulunduğu SGSN'ye "GPRS attach" isteğinde bulunur. Bağlantı kurulduktan sonra GPRS ağını sabit ve mobil bölümlerine ulaşabilir.“GPRS attach” isteği geldikten sonra, kullanıcıyı onaylamak için birçok yönetim işlemi yapılmak zorundadır. Kullanıcıya önce bir ID verilir (P-TMSI "Packet Temporary Mobile Subscriber Identity") ve HLR bilgileri kullanıcının bağlı olduğu SGSN'ye aktarılır. İstekte bulunan GPRS mobil istasyonunun geçerliliği ve alabileceği servisler onaylanır. GPRS attach işlemi başarılı olarak gerçekleştirildikten sonra; mobil istasyonun diğer PDN'ler (Packet Data Network ) ile data alışverişi yapabilmesi için bir yada daha fazla PDN adresi isteğinde bulunur. Bu istekten sonra bu mobil telefona bir PDP (Packet Data Protocol) adresi verilir. Böylece bir oturum başlatılmış olur [7], [8].

GPRS data transferi şu şekilde gerçekleştirilir: GPRS ağının bir IP tabanlı sabit ağa bağlı olduğunu kabul edersek, bu PLMN de bulunan mobil telefon IP ağa bağlı bir hosta bir IP data paketi göndersin. Bu MS'nin bağlı olduğu SGSN gelen data paketlerini kapsar (encapsulate) ve görevli GGSN ye yönlendirir. Paketleri alan GGSN bu paketleri ayıklar ve PDN'ye gönderir. PDN kendi içinde bilgiyi alıcıya ulaştırır.

Tersi yönde ise: Dış PDN'lerden gönderilen bilgiler GGSN'ye gelir. Burada PDP adresleri, GSM adresine çevrilir. Yeni adreslenmiş paketler SGSN'ye gönderilir. Bu işlemin yapılabilmesi için GGSN kendi yazmaçlarına bakar ve kullanıcının bağlı olduğu SGSN adresini öğrenir. SGSN aldığı paketleri ayıklar ve MS'ye gönderir.

### 2.5.2 Sınırlamalar

GPRS getirdiği yeni özelliklerle kablosuz haberleşme servislerinde yeni bir dönem başlatmıştır. Fakat GPRS için teoride mümkün olabilecek birçok şey pratikte gerçekleşememektedir . GPRS için bazı sınırlamalar vardır; bu sınırlamalar aşağıda belirtilmektedir.

**Sınırlı hücre kapasitesi:**

Bir hücre içersindeki GPRS ve GSM kullanıcıları aynı ağ kaynaklarını kullanırlar. Mesela radyo kanallarının sayısı sınırlı olduğundan ve de GSM ağında sesin önceliği olduğundan sistem hiç bir zaman GPRS kullanıcılarının 8 kanalı (timeslot) aynı anda kullanmasına izin vermeyecektir. Mevcut sistemlerde GPRS zaman içinde veri ve ses iletimine bağlı olarak değişken bir hıza sahiptir. Bu yüzden kanalların kullanımı dinamik olarak yapılmaktadır.

**Düşük hız:**

Düşük hız: Teorik olarak GPRS eğer aynı anda 8 kanalı birden kullanırsa 171.2 Kbps hızına ulaşabilmektedir. Fakat mevcut altyapı buna izin vermemekle beraber veri iletişimi sırasında yapılan hata kontrol uygulamaları ile de transfer hızı daha da düşmektedir.

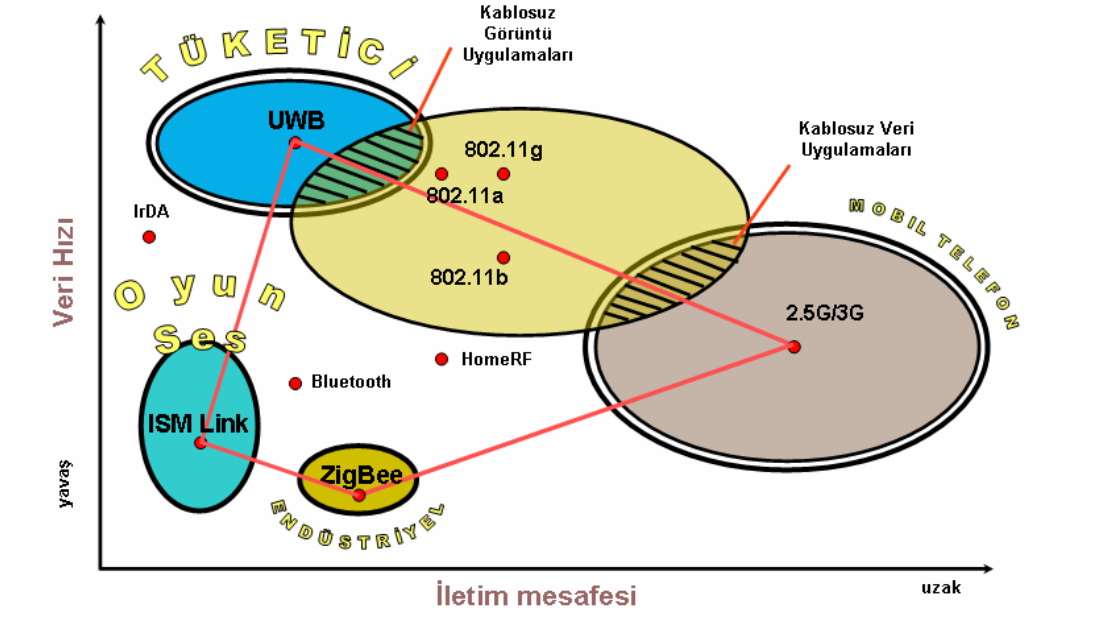
**Haberleşmedeki gecikmeler:**

GPRS paketleri alıcılara gönderilirken farklı farklı yollarda gidebilirler. Bu da bazen paketlerin yolda kaybolmasına yada geç gitmesine neden olabilir.

## 2.6 ZigBee

ZigBee, düşük güçlü ve kısa mesafeli bir kablosuz haberleşme standardıdır. WPAN larda kullanılan IEE 802.15.4 standardı üzerine kuruludur. Yukarıda bahsedilen diğer WPAN çözümlerine (Bluetooth gibi) göre daha basit ve ucuz bir teknolojiye sahiptir.

ZigBee, kullanım alanı olarak; sık veri aktarma ihtiyacı olmayan, düşük hızlı ve küçük paket boyutuna sahip kontrol ve uzaktan izleme sistemlerini hedeflemektedir. Bu özelliği ile Şekil 2.3 'te görüldüğü gibi diğer WLAN çözümlerinin kapsamadığı ve özellikle endüstride ihtiyaç duyulan bir alandaki ihtiyacı karşılamaktadır.

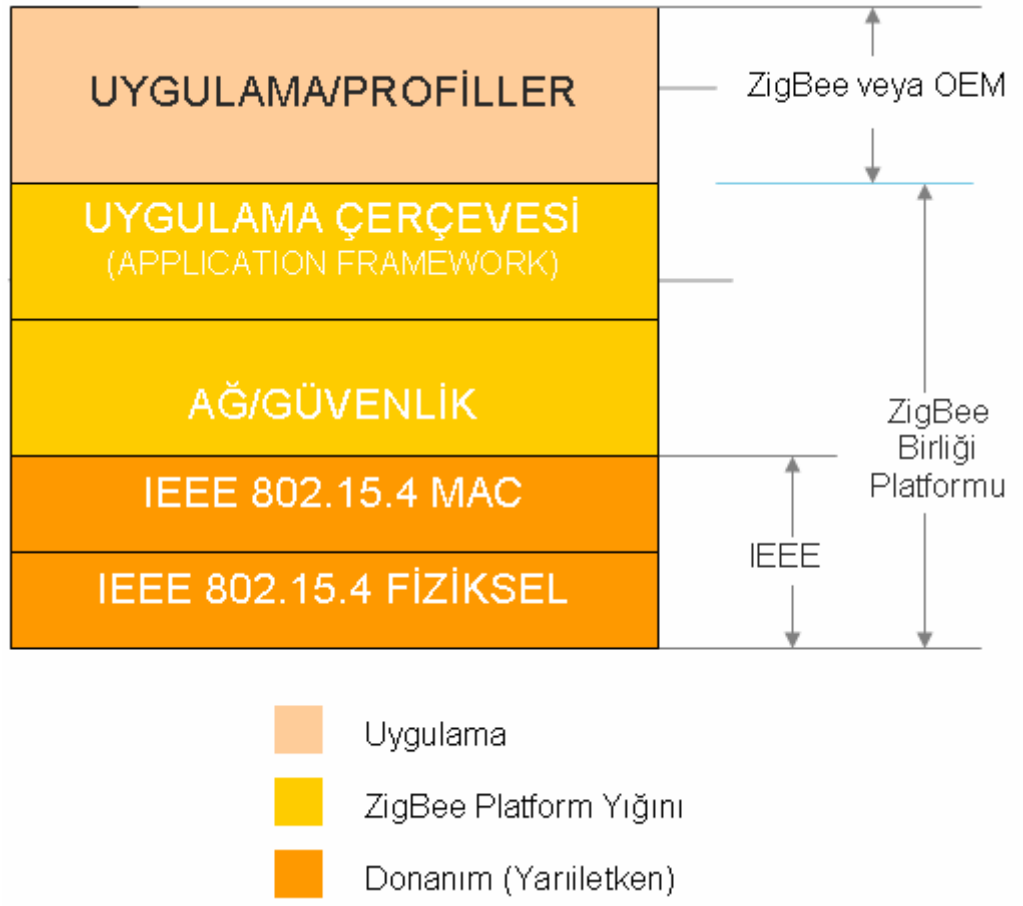



Şekil 2.3 Kablosuz standartları kullanım alanları

ZigBee, düşük güç ve düşük maliyet ilkesi üzerine tasarlanmıştır. Pahalı olmayan alkali piller ile beş yıla kadar çalışma ömrüne sahip tasarımlar mümkündür. Hem açık arazi gibi hazır elektrik besleme hattının bulunmadığı durumlarda, hem de iş

yeri, ev veya fabrika gibi alanlarda esnek, ucuz ve kurulumu kolay bir çözüm olmaktadır.

ZigBee, IEEE 802.15.4 global standardın Physical (PHY) and Medium Access Control (MAC) katmanları üzerine uygulama profilleri, güvenlik ve ağ katmanlarının eklenmiş halidir (Bkz Şekil 2.4). IEEE 802.15.4 standardının özelliğini kullanarak güvenilir, düşük güçlü izleme ve kontrol ürünlerinin kablosuz iletişimini sağlamaktadır.




Şekil 2.4 ZigBee katmanları

802.15.4 Standardının belirgin özellikleri;

1. CSMA(Carrier Sense Multiple Access ) ile kanal erişimi, çarpışma önleme ve opsiyonel zaman dilimleme.
2. Mesaj alındı bilgilendirilmesi (transfer güvenliği için el sıkışmalı protokol) ve

opsiyonel yol bulma(en optimum yolu bulabilme) algoritması

3. Çok seviyeli güvenlik.
4. Optimize edilmiş:

4.1. Uzun pil ömrü, denetleyiciler için seçilebilir gecikme, sensörler, uzak görüntüleme ve taşınabilir elektronik cihazlar.

4.2. İzleme ve kontrol uygulamaları.

5. Maksimum pil ömrü için kurulmuş, çoğu pilin raf ömrü kadar çalışabilme.
6. İki yönlü haberleşme – half duplex.
7. IEEE 802.15.4 D18 protokol üzerine kurulu.
8. Yıldız veya noktadan noktaya (peer-to-peer) çalışma.
9. Düşük gecikmeli cihazları destekleme.
10. AES-128 kullanan simetrik anahtarlı güvenlik.

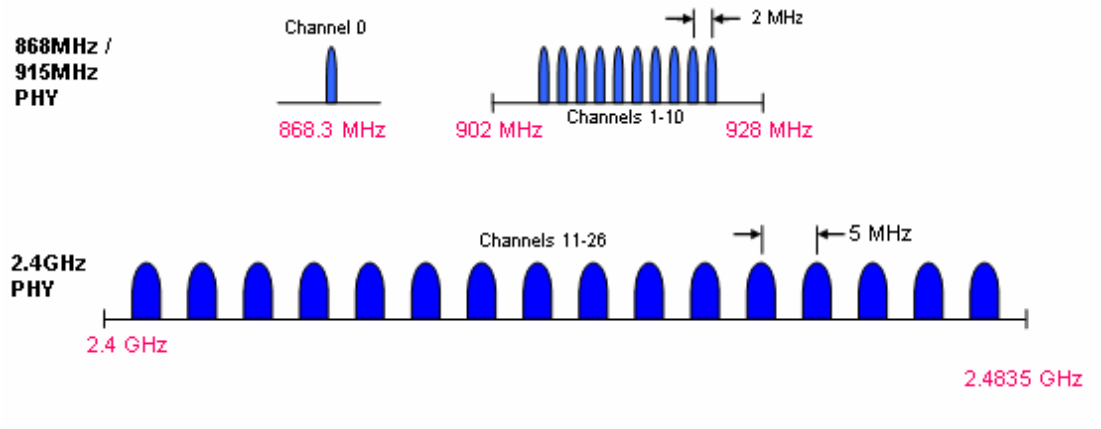
Hemen hemen dünyanın her yerinde lisansız olarak kullanılabilen 2.4 GHz ISM(Endüstri, Bilim ve Tıp) bandının dışında Avrupa'da 868 MHz'lik band ve ABD'de 915 MHz'lik band bu standart için ayrılmıştır. 2.4 GHz'lik band 250kb/s'lik data hızı sağlarken 868 MHz'lik band 20 kb/s ve 915 MHz'lik band 40 kb/s'lik data hızı sağlamaktadır. Bu üç frekans bandında toplam 27 frekans kanalı kullanılabilmektedir. 868 MHz için 868.0 ve 868.6 MHz arasında tek bir kanal sağlamakta, 915 MHz için ise 902.0 ve 928.0 MHz'leri arasında 10 kanala imkan vermektedir. 2.4 GHz'lik band 2.4 GHz ve 2.4835 GHz arasında her biri 5 MHz'lik genişliğe sahip 16 kanala bölünmüştür. Bu standartta tek bir paket yapısı kullanılmaktadır [19, 20]. Her bir paket bir senkronizasyon başlığı, paket uzunluğunu gösteren bir başlık ve payload (asıl bilgi) kısımlarından oluşmaktadır. Tablo 2-2'te ZigBee nin belirgin karakteristikleri listelenmektedir. Tablo 2-3 ve Şekil 2-6'te ise kullanılan frekans bantları belirtilmektedir.

Tablo 2.2 ZigBee genel karakteristikleri.

| **Özellik** | **Aralık** |
|---|---|
| Data Hızı | 868 MHz-20kb/s, 915 MHz-40kb/s, 2.4 GHz-250kb/s |
| Ünite Sayısı/Ağ | 255 |
| Mesafe | 10 - 75 m |
| Karmaşıklık | Mevcut standartlardan daha az karmaşık |
| Batarya Ömrü | 6 Ay – 5 Yıl |
| Kanal Sayısı | 868, 915 MHz – 11 Kanal, 2.4 GHz – 16 Kanal |
| Adres | 8 bit veya 64 bit |
| Sıcaklık | -40 … 85 °C |

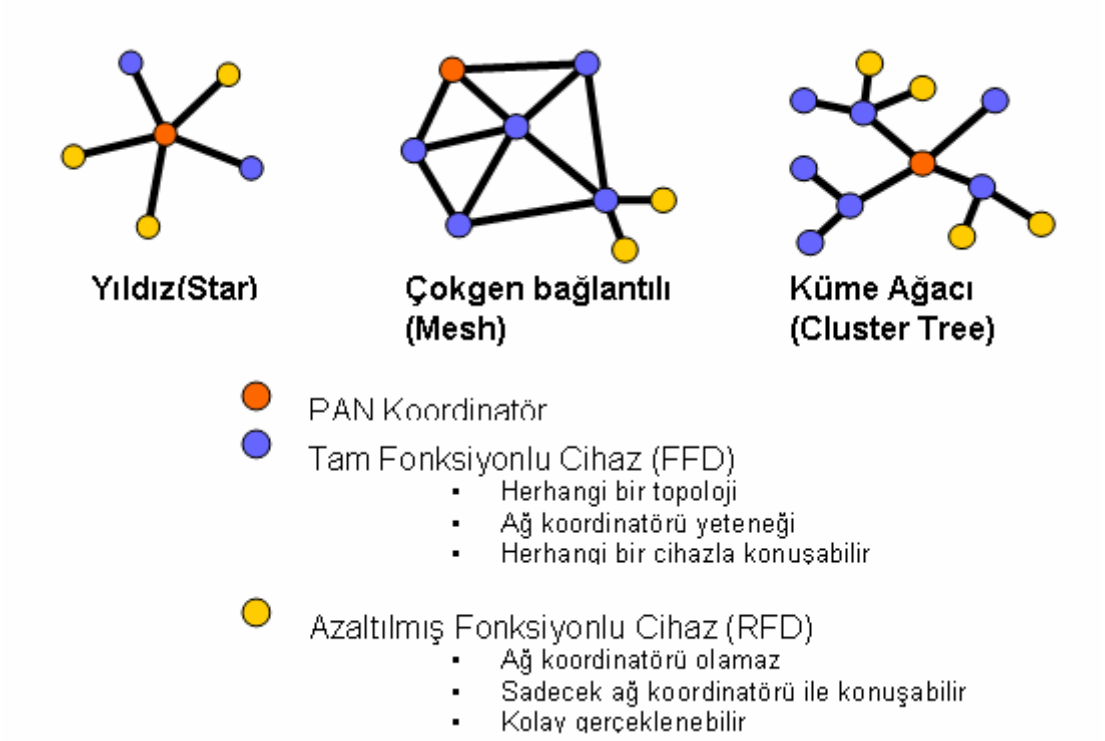
Tablo 2.3 ZigBee frekans bantları ve kanalları.

| **Frekans** | **Band** | **Kapsam** | **Veri Oranı** | **Kanal Sayısı** |
|---|---|---|---|---|
| 2.4 GHz | ISM | Dünya çapında | 250 kbps | 16 |
| 868 MHz | ISM | Avrupa | 20 kbps | 1 |
| 915 MHz | ISM | Amerika | 40 kbps | 10 |




Şekil 2.5 ZigBee'de kullanılan frekans bantları.

IEEE 802.15.4 standardı çoklu ağ topolojisine sahiptir. Bu ağ topolojileri yıldız, noktadan noktaya, çokgen ve küme ağacı şekillerini içermektedir. Şekil 2.6'da bağlantı şekilleri görsel olarak ifade edilmektedir.



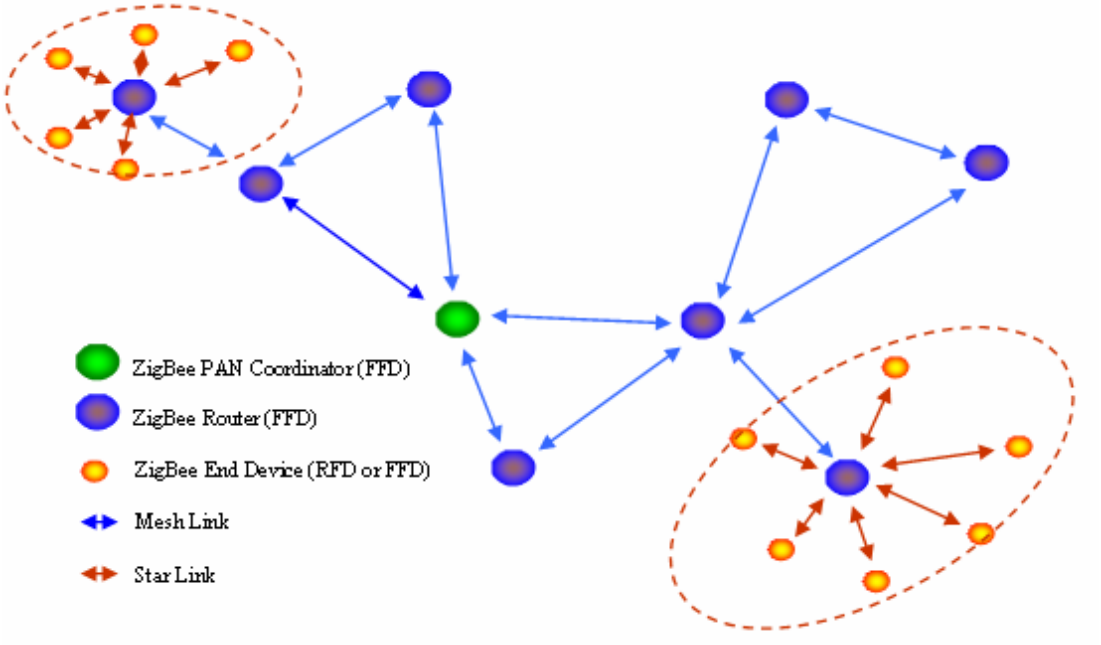

Şekil 2.6 IEEE 802.15.4'te kullanılan ağ yapıları.

IEEE 802.15.4 standardında üç farklı tipte cihaz mevcuttur. Bunlar Ağ Koordinatörü (Network Coordinator), Tam Fonksiyonlu Cihaz (Full Function Device) ve Azaltılmış Fonksiyonlu Cihaz (Reduced Function Device)'dır. Cihaz tiplerinin ağ içerisinde alabildiği roller örnek bir ağ yapısında şekil 2.7'de gösterilmiştir. Tüm bu cihaz tiplerini gerçeklemek için gerekli donanım, alıcı-verici donanımdan daha karmaşık değildir. Basit bir sekiz bitlik işlemci ve bir çift AAA pil yeterlidir.

Genel olarak Ağ Koordinatörü, tüm ağın bilgisini tutmaktadır. En çok bellek ihtiyacı olan ve en çok güç tüketimine sahip olan cihaz türüdür. Tam fonksiyonlu cihaz 802.15.4 te tanımlanan özelliklerin çoğunu taşımaktadır. Ek bellek ve işlem gücü ile bir ağ yönelticisi(router) rolünü üstlenebilir (Bkz Şekil 2.7). Azaltılmış fonksiyonlu cihaz ise maliyet ve karmaşıklığı kontrol etmek amacı ile standartta belirtilen kadar özellik barındırmaktadır.

ZigBee'de kullanılan cihazlar üç farklı tipte sınıflandırılabilir. Bunlar; Uygulama Cihaz Tipi, ZigBee Mantıksal Cihaz Tipi ve ZigBee Fiziksel Cihaz Tipi'dir. Uygulama Cihaz Tipi, son kullanıcı bakış açısından görülen cihazı belirler. Örnek

olarak bir ışık algılayıcısı, ışık denetleyicisi verilebilir. Mantıksal Cihaz Tipi, belirli bir ZigBee ağında kullanılan fiziksel cihaz tiplerini belirler. Örnek olarak ZigBee Koordinatör, ZigBee Yönelticisi verilebilir. Fiziksel Cihaz Tipi ise 802.15.4 teki FFD ve RFD tanımlarına dayalı ZigBee donanımının tipini belirler.




Şekil 2.7 Örnek ZigBee ağı.

ZigBee ile buraya kadar anlatılanlardan kimin ne zaman Zigbee'ye ihtiyaç duyacağını belirlemek için şu kriterler sorgulanabilir;

- Standard
- Basit protokol, 2.4GHz evrensel kullanım
- Düşük güç tüketimi (6 ay ile 5 yıla kadar)
- Düşük maliyet
- Ağ başına yüksek uçbirim yoğunluğu
- Veri hızı gereksinimleri (250kbps 'a kadar yeterli)

# 3 KAN BASINCI ÖLÇÜMÜ

Kan basıncı iki sayısal değer ile ölçülür. Bu değerler örneğin 120/60 şeklinde belirtilir ve mmHg cinsinden ölçülür. Burada ilk değer sistolik (systolic) kan basıncını belirtmektedir. Bu basınç değeri kan kalpten dışarı doğru pompalanırken damar yüzeyindeki basınçtır. İkinci sayısal değer ise diyastolik (diastolic) kan basıncını ifade etmektedir. Bu basınç değeri de kan kalbe doğru akarkenki basınç değeridir. Bu yüzden ilk değer diğerinden daima büyük olmaktadır.

Kan basıncı ölçüm yöntemleri temelde dolaylı ve dolaysız tür olmak üzere ikiye ayrılır. Dolaysız ölçüm yönteminde damara bir sonda yerleştirilir. Bu sonda basıncı aktarabilir özelliktedir ve sondanın dışarıda kalan ucunda basınç algılayıcısı bulunur. Bu algılayıcı aracılığı ile kanın anlık basıncı sürekli olarak izlenebilir. Kan basınç değerleri(sistolik, diyastolik ve ortalama) her kalp atışında elde edilebilir. Çok yüksek doğruluk sunmasına rağmen cerrahi müdahale söz konusu olduğundan pratikte kullanımı yaygın bir yöntem değildir. Genelde kliniklerde deneysel çalışmalarda yaygın olarak tercih edilmektedir.

Dolaylı kan basıncı ölçüm yöntemleri hasta konforu ve güvenliği açısından daha iyi bir çözüm olmakla birlikte doğruluk açısından dolaysız yöntemi daha geriden takip etmektedir. Bununla birlikte teknolojideki gelişmelerle birlikte taşınabilir cihazların işlem gücünün artması ile dolaylı ve dolaysız ölçüm yöntemleri arasındaki doğruluk farkı giderek azalmaktadır.

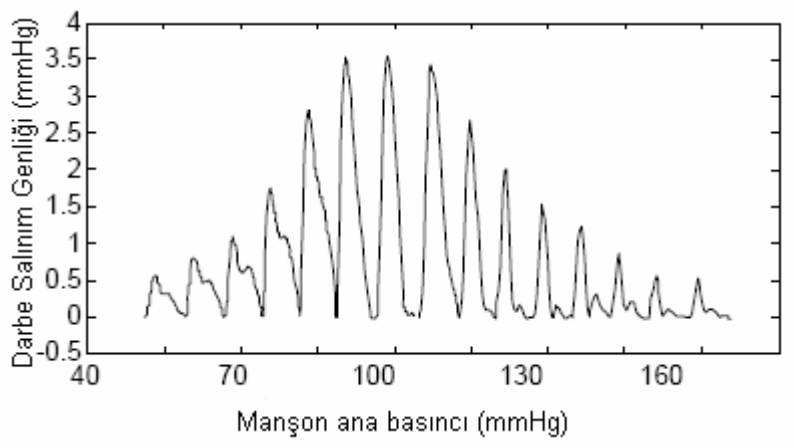
Dolaylı kan basıncı ölçüm yöntemlerinden en yaygın olarak kullanılanı sfigmomanometre ve steteskop ile yapılan ve oskültatuar olarak adlandırılan yöntemdir. Bu yöntemde bir manşon kalp ile aynı yükseklik seviyesinde olacak şekilde kol etrafına sarılır ve kanın damardan geçişini tamamen engelleyecek derecede şişirilir. Manşondaki basıncın bu aşamaya geldiği stetoskopta hiç ses duyulmamasından anlaşılabilir. Bu aşamadan sonra manşonun boşaltma vanası

gevşetilerek içerisindeki havanın yavaşça boşaltılması veya başka bir ifade ile basıncının düşürülmesi sağlanır. Kan yeniden damar içerisinde akmaya başladığı zaman stetoskopta ses duyulmaya başlar. Bu anda sfigmomanometrede gözlenen basınç değeri sistolik kan basıncı olarak değerlendirilir. Stetoskoptaki ses yeniden kesilinceye kadar manşon içerisindeki basınç düşürülmeye devam edilir. Sesin kesildiği anki sfigmomanometrede okunan basınç değeri ise diyastolik kan basıncı olarak değerlendirilir.

**Osilometrik kan basıncı ölçme prensibi:**

Elektronik kan basıncı ölçme sistemlerinde de oskültatuar yöntemine benzer bir yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntem osilometrik yöntem olarak adlandırılmaktadır. Bu yöntemde sfigmomanometre yerine elektronik bir basınç algılayıcısı kullanılmaktadır. Kanın damardan geçerken çıkardığı ses yerine basınç algılayıcısı ile elde edilen kalp atışına bağlı salınımlar analiz edilir.

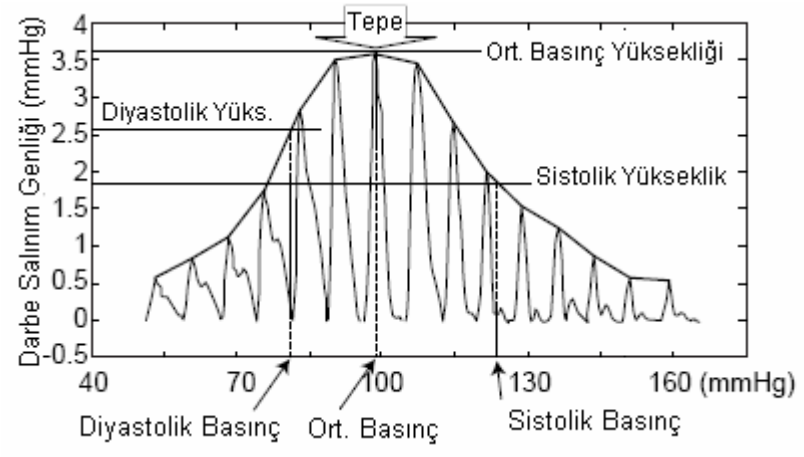
Osilometrik yöntem ile ölçme işlemi için önce manşon sistolik kan basıncı seviyesi üzerine kadar veya bir başka ifade ile kanın akışı duracak seviyeye gelinceye kadar şişirilir ve sonra yavaşça basıncın düşmesi sağlanır. Basınç düşerken oskültatuar yöntemi ile yapılan ölçme işleminde steteskopta duyulan ses genliklerinin önce artması sonra azalmasına benzer olarak, basınç algılayıcısı çıkışındaki kalp atışından kaynaklanan salınım genlikleri önce artar ve sonra azalmaya başlar. Şekil 3.1'de örnek bir ölçüm işlemine ait manşon ana basıncına karşın kalp atışına bağlı darbe salınım grafiğinde bu durum görülmektedir. Genlik değerinin maksimum olduğu anki manşon basıncı ortalama kan basıncı değeri olarak değerlendirilir. Bu değerlendirmenin gerçeğe yakın ve güvenilir sonuç verdiği klinik ve teorik çalışmalar ile desteklenmiştir. Sistolik ve diyastolik kan basıncı değerleri için ise aynı durum söz konusu değildir. Bu değerler doğrudan salınım işaretlerinden elde edilemeyip tahmin yöntemi ile belirlenmektedir. Bunun için her üretici kendine özgü algoritmalar, deneysel olarak elde ettiği katsayılar ve veritabanı kullanarak oskültatuar metodundakine en yakın sonucu tahmin edecek şekilde sistemini optimize eder.




Şekil 3.1 Tipik bir manşon ana basıncına karşın kalp atışına bağlı darbe salınımı grafiği.

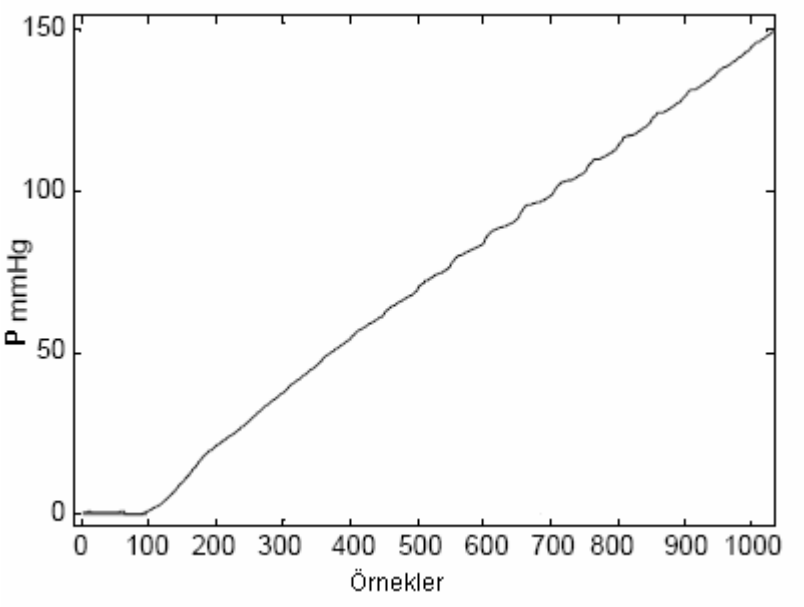
En basit tahmin yöntemi, darbe salınım genliklerinin arttığı ve azaldığı durumlar için birer eşik seviyesi belirlemek ve darbe salınım genliklerinin bu eşik seviyelerine eşit olduğu anlardaki manşon basınçlarını sistolik ve diyastolik kan basıncı değerleri olarak kabul etmektir. Burada eşik seviyelerinin belirlenmesi deneysel yöntemlerle yapılmaktadır. Tek bir hasta için bu tahmin yönteminin doğruluk değeri oskültatuar yöntemininkine yaklaşabilmektedir. Ancak her hastanın deri ve yağ kalınlığının ve damar sertliğinin farklı olabildiğinden damardan manşona ve dolayısıyla basınç algılayıcısına aktarılan basınç farklı olabilmektedir. Bu nedenle tahmin etme işleminde maksimum darbe salınım genliğini de hesaba katarak tahmin yürütmek ölçüm yönteminin doğruluğunu artırmaktadır.

Yaygın bir tahmin yöntemi şöyle işlemektedir. Önce kalp vuruşuna bağlı darbe salınım genliklerinin maksimumu belirlenir. Bu değere karşılık gelen manşon ana basınç değeri ortalama kan basıncı olarak değerlendirilir. Ardından darbe salınım genliklerinin zarfı kestirilir. Sonra ortalama kan basıncına karşılık gelen salınım genliği değeri önceden deneysel olarak belirlenmiş sistolik oranı ile çarpılarak sistolik yükseklik belirlenir. Bu değere karşılık gelen manşon ana basıncı sistolik kan basıncı olarak değerlendirilir. Diyastolik kan basıncı da deneysel olarak önceden belirlenmiş diyastolik oranı kullanılarak aynı yöntem ile tahmin edilir. Şekil 3.2'de bu durum görsel olarak ifade edilmektedir.




Şekil 3.2 Ortalama kan basıncından sabit oran yöntemi ile sistolik ve diyastolik basınçların elde edilmesi.

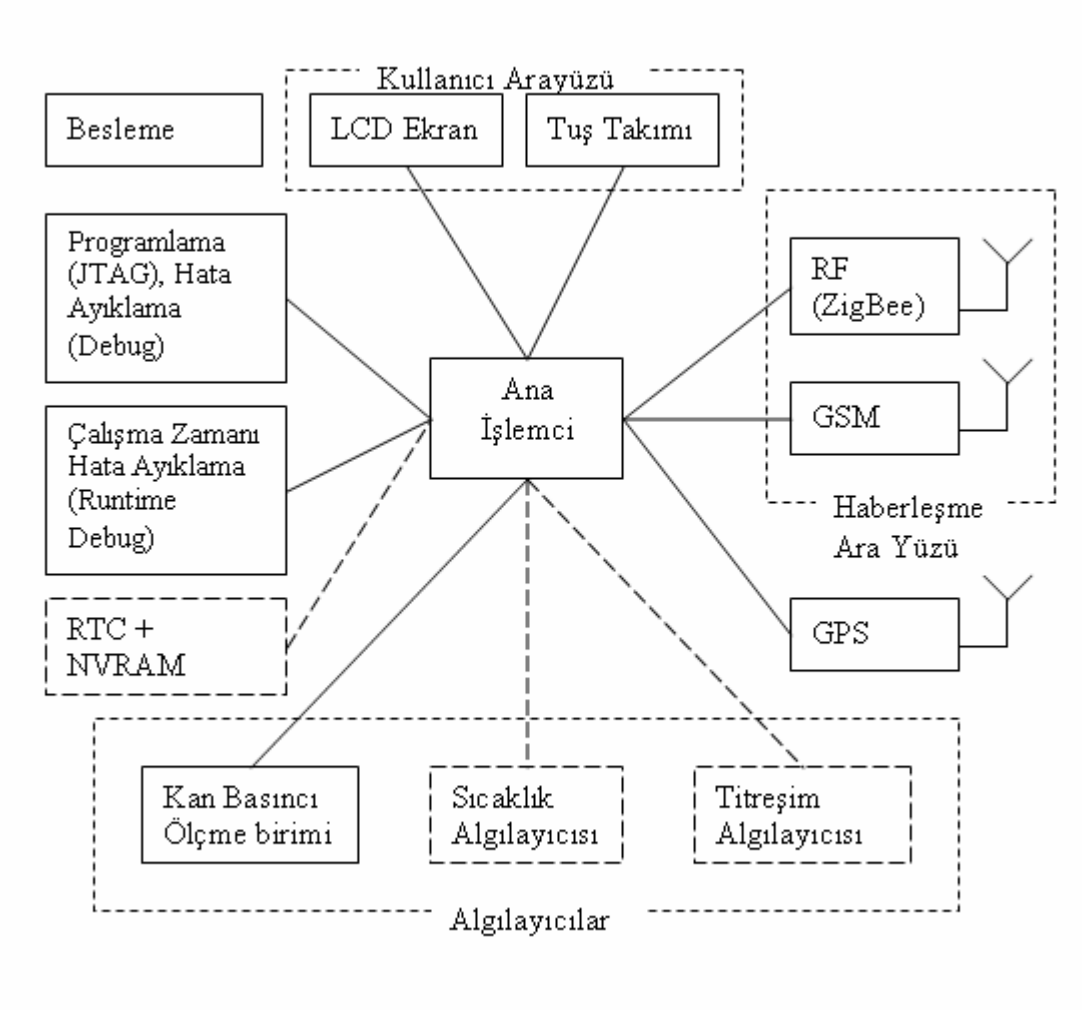
Bu çalışmada kullanılan yöntem yukarıda anlatılan osilometrik yöntemin biraz daha optimize edilmiş halidir. Farklı olarak kan basıncının ölçülmesi işlemi manşon basıncı düşürülürken değil, yükseltilirken yapılmaktadır. Yani önce şişirme ve sonra yavaş boşaltarak ölçme işlemi yerine, yavaş şişirerek ölçme ve ölçüm tamamlandığında ani boşaltma işlemi yapılmaktadır. Böylece zamandan ve enerjiden tasarruf sağlanarak daha etkin bir yöntem kullanılmış olmaktadır. Bu işlemde gözlenecek manşon toplam basınç değeri veya başka bir ifade ile basınç algılayıcısı çıkışındaki işaret şekil 3.3'teki gibi olmaktadır.




Şekil 3.3 Manşon yavaş şişirilirken elde edilen basınç grafiği.

# 4 GELİŞTİRİLEN SİSTEMİN DONANIM MİMARİSİ

Sistemin genel donanım blok diyagramı şekil 4.1'de gösterilmekte ve aşağıda listelenen temel birimlerden oluşmaktadır. Şemada kesikli çizgi ile belirtilen birimler bu tez çalışması kapsamında göz önüne alınmamıştır, ancak sonradan ilave edilebilir özellikte esnek bir tasarım hedeflenmiştir.




Şekil 4.1 Sistem donanımı genel blok diyagramı.

1. Ana işlemci
2. Kullanıcı ara yüzü

2.1. LCD ekran

2.2. Tuş takımı

3. Haberleşme ara yüzü

3.1. RF (ZigBee)

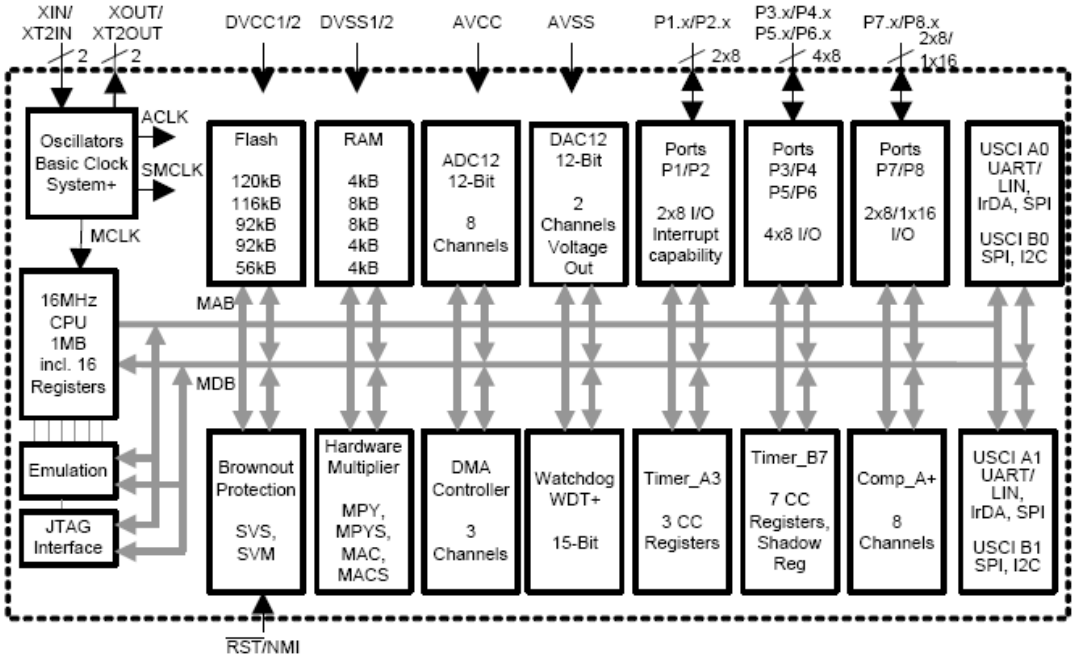
3.2. GSM-GPRS

4. GPS
5. Besleme
6. Programlama ara yüzü
7. Kan basıncı ölçme birimi
8. Gerçek zaman saati ve kalıcı bellek
9. GPS

## 4.1 Sistem Donanım Bileşenleri

### 4.1.1 Ana işlemci

Sistemde kullanılan işlemci, MSP430 ailesindendir. Bu işlemci ailesi özellikle düşük güç tüketimi gerektiren uygulamalar için geliştirilmiştir. 16 bitlik RISC mimarisine sahiptir. Blok diyagramı şekil 4.2'de verilmiştir. Belirgin özellikleri aşağıda listelenmektedir.




Şekil 4.2 MSP430 işlemcisi blok diyagramı.

İşlemcinin belirgin özellikleri;

1. Pil ömrünü uzatan düşük güç tüketimi
1.1. µA RAM koruma
1.2. 0.8 µA gerçek zaman saati modunda
1.3. 250 µA / MIPS aktif mod
2. Bekleme modundan 1 µs den daha kısa sürede uyanma
3. 16bit RISC mimarisi
4. 3 kanal DMA
5. 12 bit ADC
6. 12 bit DAC
7. 16 bit TimerA (3 adet CCP)
8. 16 bit TimerB (7 adet CCP)
9. 4 adet evrensel seri haberleşme arayüzü
9.1. USCI_A0 ve USCI_A1
9.1.1. UART (otomatik baud rate desteği)
9.1.2. IrDA (kodlayıcı ve kod çözücü)
9.1.3. Senkron SPI

9.2. USCI_B0 ve USCI_B1

9.2.1. $I^2C$

9.2.2. Senkron SPI

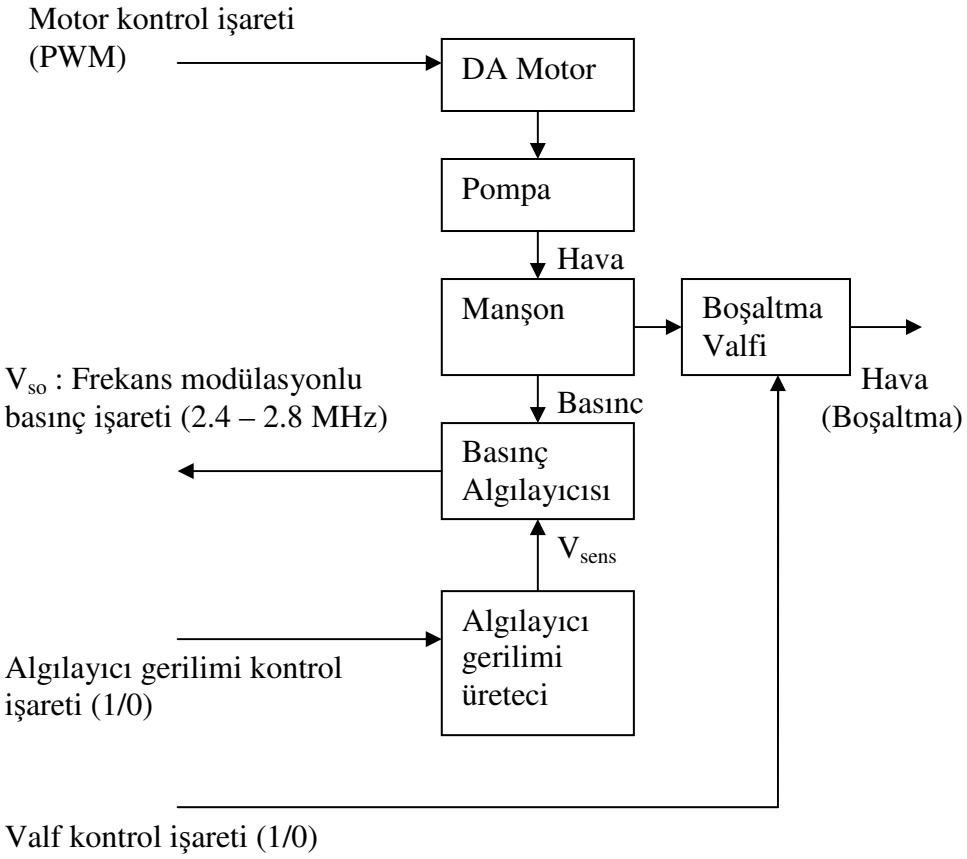
### 4.1.2 Kullanıcı ara yüzü

Sistemin kullanıcı arayüzü bir grafik LCD ekran ve bir matris tipi tuş takımından oluşmaktadır. LCD ekran dahili denetleyiciye sahiptir. 4MHz de çalışabilen SPI veri yolu üzerinden sürülmektedir. Düşük güç tüketimi gerektiren uygulamaları desteklemek amacı ile düşük güç modlarına sahiptir. Tuş takımı ise matris şeklinde dizilmiş butonlardan oluşmaktadır. Dördü satır ve dördü sütun olmak üzere toplam sekiz kanallı paralel veri yoluna sahiptir.

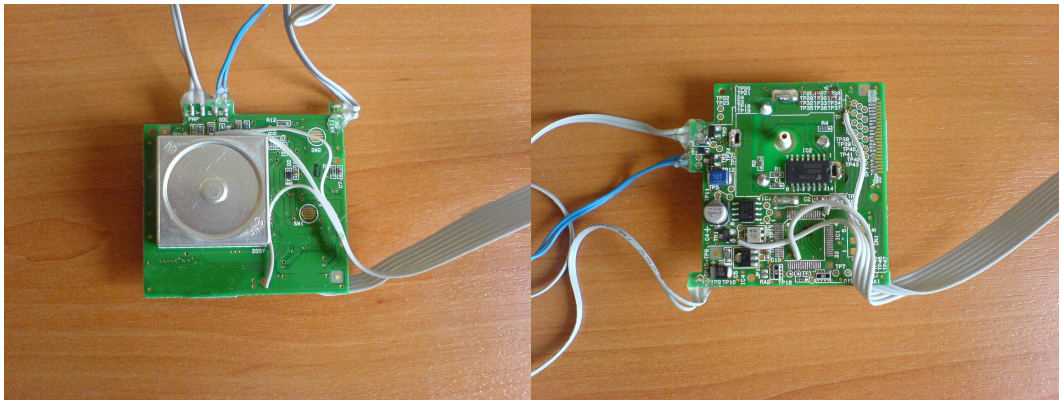
### 4.1.3 Kan basıncı ölçme birimi

Kan basıncı ölçme birimi aşağıda listelenen bileşenlerden oluşmaktadır ve blok diyagramı Şekil 4.3'te belirtilmektedir. Şekil 4.4'te basınç algılayıcısı ve şekil 4.5'te ise tüm birim görülmektedir.

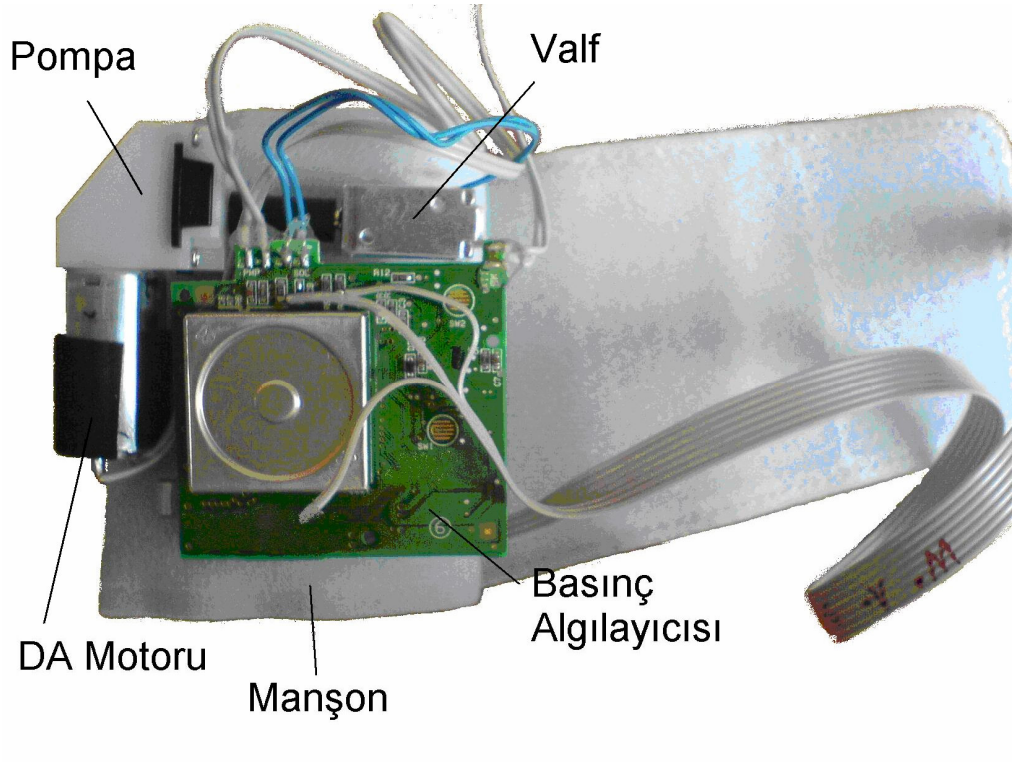
- Doğru akım motoru
- Hava pompası
- Manşon
- Basınç algılayıcısı
- Boşaltma valfi
- Algılayıcı besleme gerilimi üreteci




Şekil 4.3 Kan basıncı ölçme donanımı genel blok diyagramı.



Şekil 4.4 Basınç algılayıcısının üstten ve alttan görünümü.




Şekil 4.5 Kan basıncı ölçme birimi donanımı.

**Pompa:**

Sistemde kullanılan pompa iki valfe sahip bir emme-basma pompadır. Emme aşamasında dışarıdan içerisine hava alır. Bu aşamada emme valfi açık, basma valfi kapalıdır. Basma aşamasında ise pompanın içerisindeki hava manşon ağzından içeriye gönderilir. Bu aşamada emme valfi kapalı, basma valfi açıktır.

Kan basıncı ölçme işleminde, manşon basıncına karşın zaman grafiğinde pompa gürültüsü istenmeyen bir işarettir. Basınç-zaman eğrisinin mümkün olduğunca gürültüsüz doğrusal olabilmesi için pompanın bir çevrimde bastığı hava miktarının minimum olması gerekmektedir. Kullanılan pompa bu amaç için özel olarak tasarlanmış ve üretilmiş bir pompadır.

**DA motor:**

Sistemde manşonu şişirmek üzere kullanılan pompa bir DA motor ile çalıştırılmaktadır. Tansiyon ölçme işi manşon şişirilirken yapıldığından pompanın

çalışma hızı, dolayısı ile motorun dönme hızının kontrol edilebilir olması gerekmektedir. Öyle ki manşonun şişirilmesinden kaynaklanan basınç işareti bileşeninin frekans bandı, kalp atışından kaynaklanan işaretinkinden ayırt edilebilir olmalıdır. Ayrıca manşonun şişirilme aralığında yeterli sayıda kalp darbesi algılanabilmelidir. Bu ihtiyaçlar motorun yavaş çalıştırılmasını gerektirmektedir. Bununla birlikte pompanın basınç işareti üzerinde oluşturduğu gürültü işareti frekans bandının da kalp atışından kaynaklanan işaretinkinden ayırt edilebilir olması gerekmektedir. Bunun için de motor hızının yüksek olması istenmektedir. Sonuçta bu ihtiyaçları karşılayacak en optimum motor hızı deneme yanılma yöntemi ile belirlenmiş ve motorun bu hıza ayarlanması PWM yöntemi ile sağlanmıştır.

**Basınç algılayıcısı:**

Sistemde kullanılan basınç algılayıcısının görevi, manşondaki hava basıncının ölçülebilir elektriksel bir işarete dönüştürülmesini sağlamaktır. Basınç algılayıcısının en önemli bileşeni basınç ile değeri değişen bir kondansatördür. Bu kondansatör aktif bir osilatör devresi içerisinde yer almaktadır. Kondansatörün değerinin değişmesi osilatörün çıkış frekansını değiştirmektedir. Dolayısı ile basınç algılayıcısı, basınç değerine bağlı olarak osilatör çıkışındaki kare dalganın frekansını modüle etmektedir. 0-150mmHg aralığına basınç girişine karşı 2.8-2.4MHz aralığında çıkış frekansına sahip kare dalga gerilim işareti üretmektedir.

**Algılayıcı besleme gerilimi üreteci:**

Basınç algılayıcısının kararlı çalışabilmesi için besleme geriliminin sabit olması gerekmektedir. Pille çalışan bir cihazın besleme gerilimi piller kullanıldıkça düşecektir. Ayrıca sistemdeki motor ve valf gibi anlık yüksek akım çeken bileşenlerin bulunması besleme geriliminde gürültüye neden olmaktadır. Bu nedenle basınç algılayıcısının besleme gerilimini sabit tutmak amacı ile sadece algılayıcıyı besleyen anahtarlamalı mod bir güç kaynağı kullanılmaktadır. Bu güç kaynağı işlemci tarafından açılır/kapanır niteliktedir. Böylece ihtiyaç duyulmayan durumlarda güç tüketimini düşürmek amacı ile algılayıcı kapatılabilmektedir.

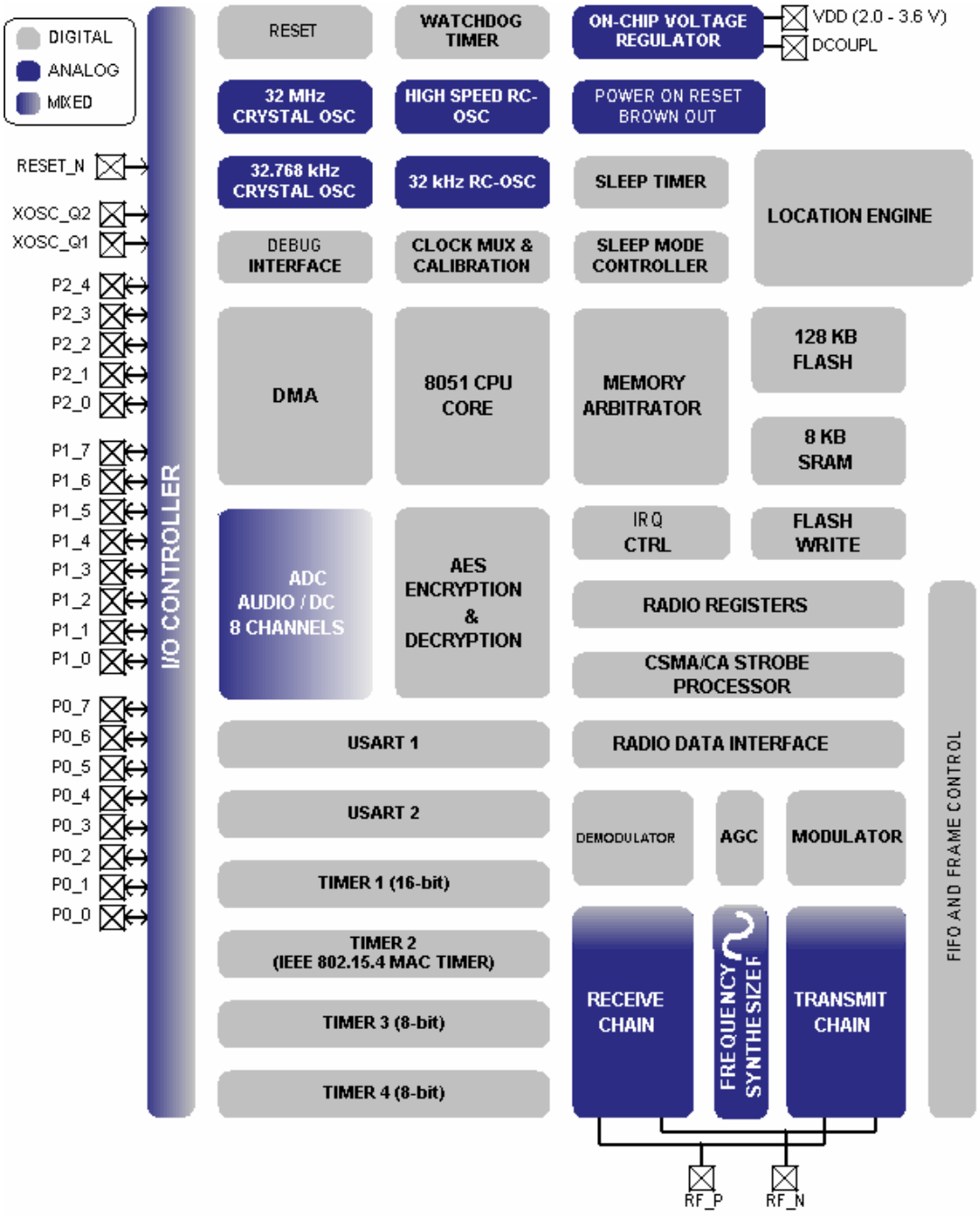
**Boşaltma valfi:**

Boşaltma valfinin görevi, kan basıncının ölçülmesi aşamasında manşon şişirilirken, manşonun boşalma ağzını kapamaktır. Boşaltma valfi elektrik kontrollü elektromekanik bir sistemdir. Normalde açık ve hava akışına izin verir konumdadır. Ölçüm sırasında valfe uygulanan gerilim ile valf kapatılmaktadır. Ölçüm işlemi tamamlandıktan sonra da bu valf serbest bırakılarak manşonun boşalma ağzı açılmakta ve havanın dışarı çıkması sağlanmaktadır.

### 4.1.4 Haberleşme ara yüzü

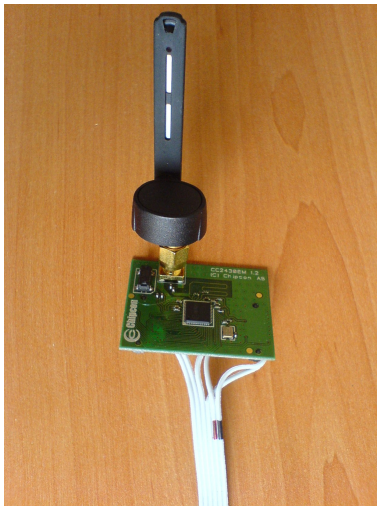
**RF (ZigBee):**

RF haberleşme için, Texas Instruments firmasının ZigBee uyumlu alıcı-verici donanımı bulunan CC2431 çipi kullanılmaktadır. Bu çip üzerinde şekil 4.6'da görüldüğü gibi bir endüstri standardı olan 8051 işlemci çekirdeğinin geliştirilmiş versiyonu ve IEEE 802.15.4 uyumlu bir radyo alıcı-verici donanımı bulunmaktadır.

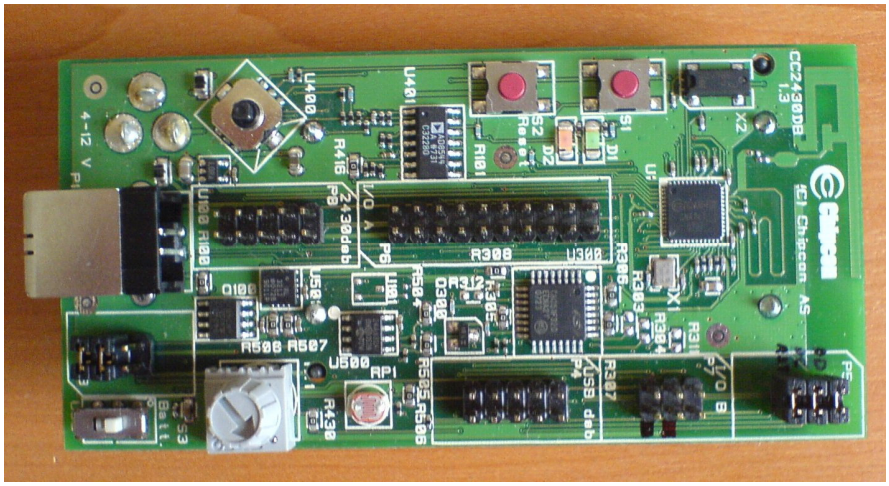



Şekil 4.6 CC2431 genel blok diyagramı.

Çalışmada geliştirme sürecinde yine Texas Instruments firmasının üretmiş olduğu ZigBee uygulama geliştirme kitleri kullanılmıştır. Şekil 4.7'de görülen devre kablosuz algılayıcı modül üzerinde kısa mesafe kablosuz haberleşme ara yüzü olarak görev yapan ve CC2431ZDK_EM üretici kodlu geliştirme kartıdır. Şekil 4.8'deki devre ise CC2431ZDK_EM kartının işlemcisini programlama ve hata ayıklama amacı ile kullanılmıştır.



Şekil 4.7 CC2431 RF haberleşme devresi.



Şekil 4.8 CC243X programlama ve geliştirme devresi.

**GSM / GPRS:**

Sistemde GSM/GPRS üzerinden haberleşmeyi sağlamak için SIM Technology firmasının SIM300D modülü kullanılmaktadır (Bkz Şekil 4.9). SIM300D, üç bant destekleyen bir GSM/GPRS çözümüdür. Standart bir GSM/GPRS modülünde bulunan sesli arama, kısa mesaj, veri ve faks özelliklerinin yanında dahili PPP, TCP, UDP, IP yığını bulunması ve montaj ara yüzünün SMT olması nedeni ile geliştirilen uygulamalara kolay ve düşük maliyetle entegre edilebilir niteliktedir.




Şekil 4.9 SIM300D GSM/GPRS modülü.

Genel özellikleri;

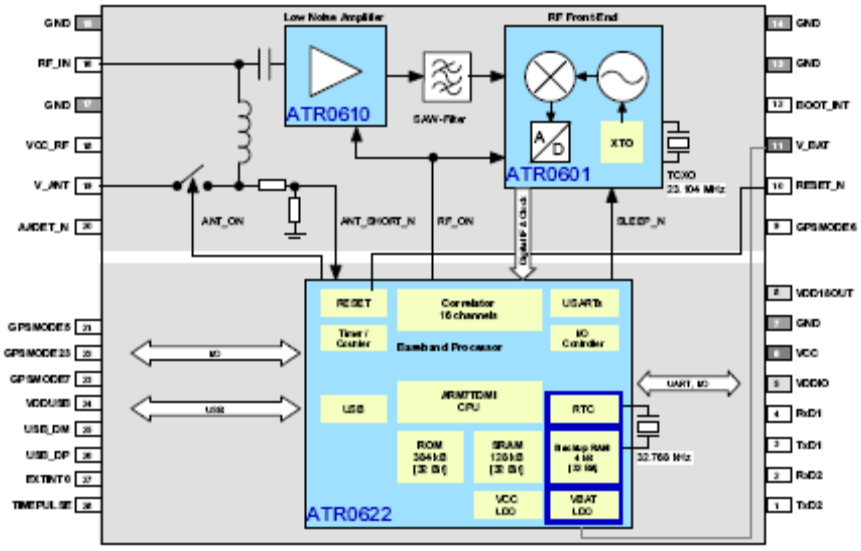
- Üç-band GSM/GPRS 900/1800/1900MHz
- GPRS çoklu slot sınıfı 10/8 (85.6 kbps aşağı yönlü aktarım hızı)
- GPRS gezgin istasyon sınıfı B
- GSM 07.07, 07.05 ve SIMCOM özel AT komutları ile kontrol edilebilme
- PPP yığını
- TCP, UDP / IP yığını
- CSD (14.4kbps)
- Seri ve SPI haberleşme ara yüzü

### 4.1.5 GPS

Geliştirilen sistemin GSM/GPRS üzerinden uzak mesafeli iletişim yapabilen versiyonunda hastanın dolaşma sahasının bir sınırı yoktur. Böyle hastalar için ilk yardım gerektiren acil durumlar söz konusu olduğunda hastanın pozisyonunun da bilinmesine ihtiyaç vardır. Bu amaçla geliştirilen sistemde GPS modülü kullanılmaktadır. Tercih edilen GPS modülü u-blox firmasının Antaris 4 yongasına sahip TIM-LEA-4S modelidir. Şekil 4.10'da modülün fotoğrafı ve şekil 4.11'de de blok diyagramı gösterilmektedir.



Şekil 4.10 u-blox TIM-LEA-4S GPS modülü.




Şekil 4.11 u-blox TIM-LEA-4S blok diyagramı.

Genel özellikleri;

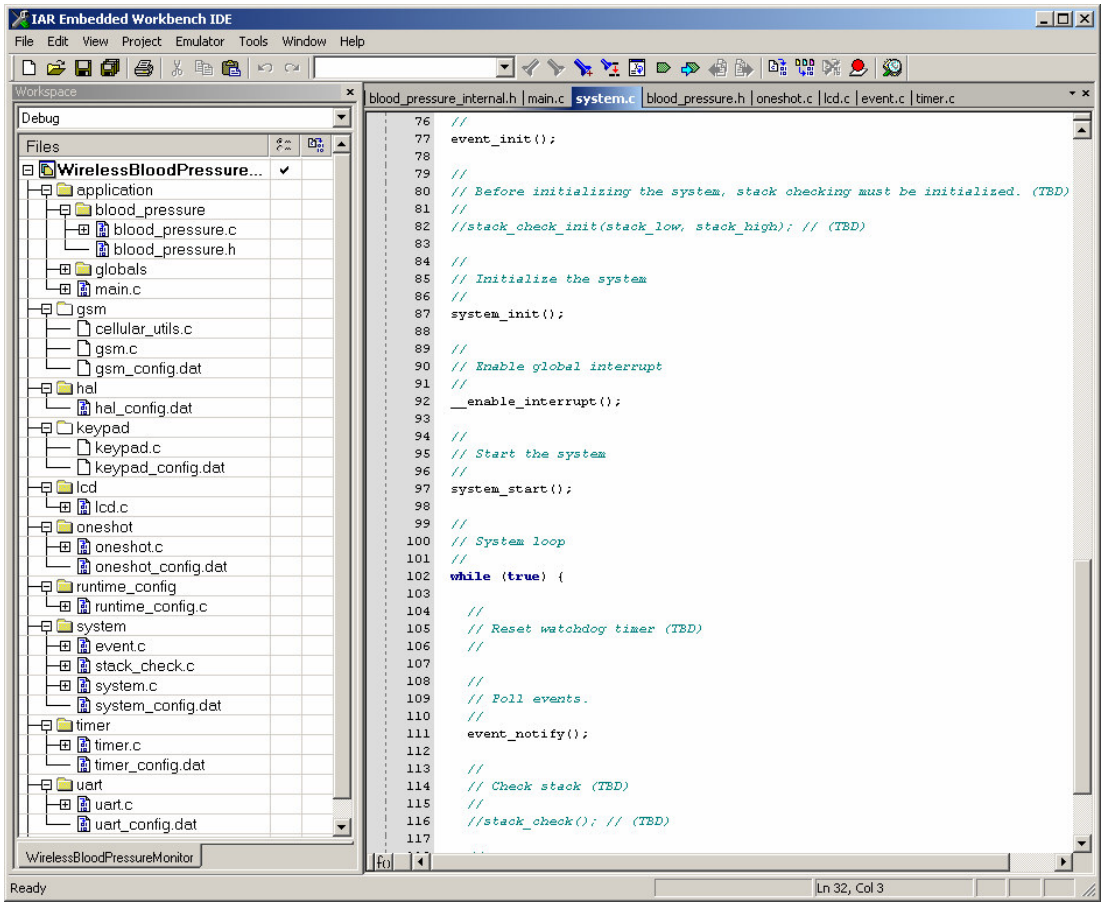
- Ultra düşük güç tüketimi (tipik: 35mA)
- 4Hz pozisyon güncelleme oranı
- 16 kanal Antaris 4 pozisyon belirleme yongası
- Güç tasarruf modları
- 5uA yedekleme akımı
- Çalışma sıcaklık aralığı: -30 ile +70 ºC
- Aktif ve pasif anten desteği
- Pozisyon doğruluğu: 2.5m CEP, 5m SEP
- Başlama süreleri; soğuk: 34sn, ılık: 33sn, sıcak: <3.5sn
- Hassasiyet: -150dBm
- Boyutlar: 22.4 x 17 x 3 mm

# 5 GELİŞTİRİLEN SİSTEMİN YAZILIM MİMARİSİ

## 5.1 Ana İşlemci Yazılımı

### 5.1.1 Geliştirme ortamı

Ana işlemci yazılımını geliştirmek için IAR Embedded Workbench for MSP430 kullanılmıştır (Bkz Şekil 5.1). Bu geliştirme ortamı MSP430 için gelişmiş desteğe sahiptir ve oldukça etkin kod üretebilmektedir. Assembler, C ve C++ dillerini desteklemektedir ve bunları kullanarak kod üretmek ve hata ayıklamak mümkündür. Dahilinde proje yöneticisi, düzenleyici, hata ayıklayıcı, oluşturma araçları mevcuttur.



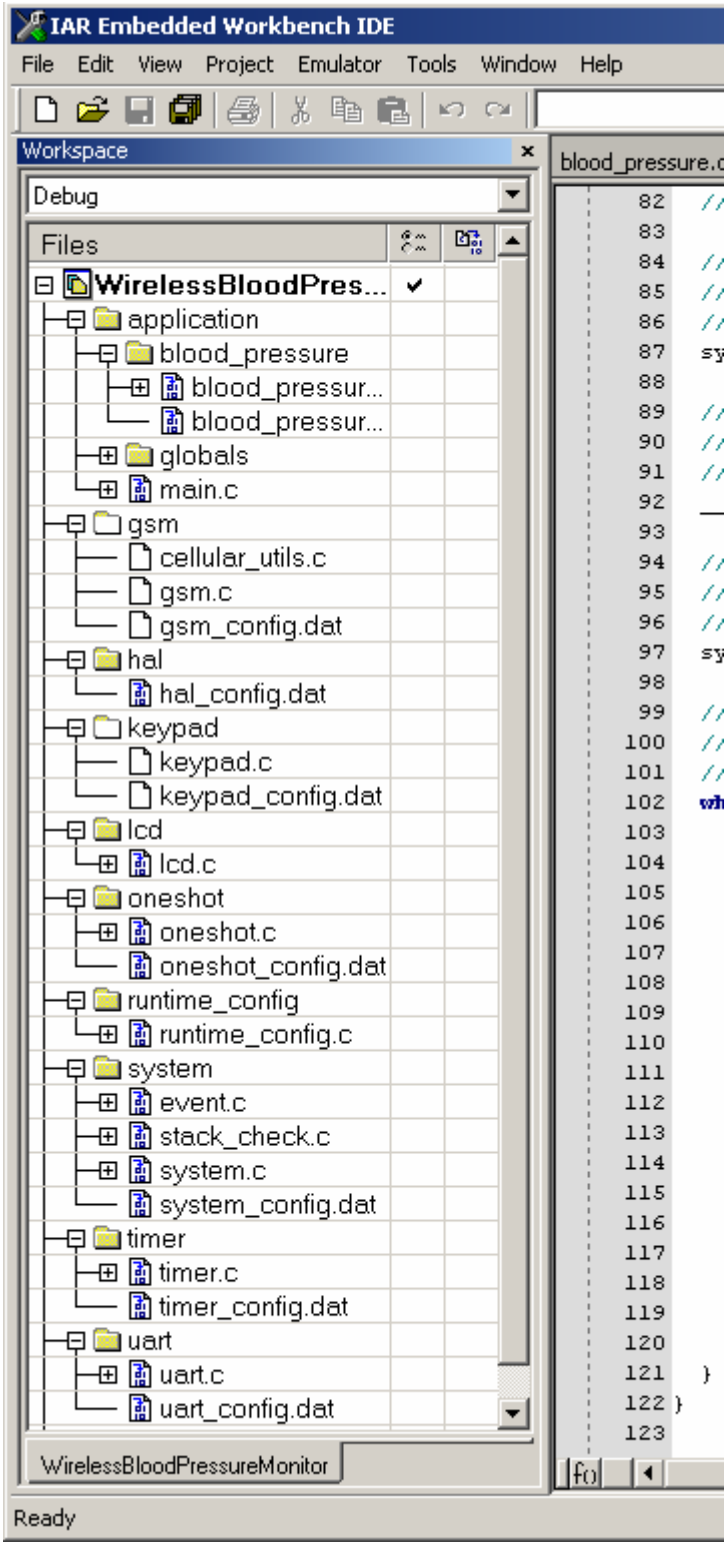

Şekil 5.1 IAR Embedded Workbench for MSP430 yazılım geliştirme ortamı genel görünümü.

### 5.1.2 Yazılım bileşenleri

Ana işlemci, tüm donanım birimlerinin kontrolünden sorumludur. Tüm çevre birimlerin sürücü yazılımlarını ve uygulama yazılımlarını işletmektedir. Bu nedenle en önemli yazılım paketi ana işlemci yazılımıdır.

Ana işlemci yazılımı geliştirilirken öne sürülen kriterler; sistemin verimli bir şekilde çalışabilmesi, hızlı ve kolay yazılım geliştirebilmek ve sonradan çıkabilecek ihtiyaçlar için esnek bir alt yapı oluşturmaktır. Bu bağlamda ihtiyaç duyulan tüm işlevler parçalara bölünerek her bir parça için birbirinden bağımsız çalışan, sistemin geri kalanını etkilemeyen ve sistemin geri kalanından etkilenmeyen modüler yazılım bileşenleri geliştirilmeye çalışılmıştır. Oluşturulan kütüphane bileşenleri aşağıda maddeler halinde belirtilmekte ve şekil 5.2'de de uygulama geliştirme ortamı üzerinde görülmektedir.

- system (işletim sistemi)
- oneshot
- timer
- runtime config
- uart
- gsm
- hal
- keypad
- lcd
- gps
- debug




Şekil 5.2 Çalışmada geliştirilen yazılım bileşenleri.

***system*:**

Sistemde kullanıcı ara yüzü, haberleşme ara yüzü, algılayıcı birimleri gibi birbirinden bağımsız çalışması gereken çok sayıda birim bulunmaktadır. Bu birimlerin her birine ait yazılımın aynı işlemci üzerinde birbirinden bağımsız çalışabilmesi ve sonradan geliştirmeye ve yeni yazılım modülleri eklemeye elverişli olabilmesi için ana işlemci üzerinde bir işletim sistemi bulunmasına ihtiyaç duyulmuştur.

Geliştirilen işletim sisteminde "Sonuna kadar çalış" (Run to end) modeli esas alınmıştır. Bu modelde her bir iş parçası sonuna kadar çalıştırılmakta ve ondan sonra yeni iş parçaları çalıştırılmaya devam etmektedir. Sistem kendisine çalışma zamanında kaydedilen olayları (event) sıra ile ve sürekli olarak yoklar. Her bir olay sonuna kadar çalıştırılır ve ardından sonraki olay yoklanır.

***timer*:**

*timer* yazılım bileşeni sistemde zaman bilgisi tutma işlevini yerine getirmektedir. Bileşen, modüler bir yazılım olarak tasarlanmıştır ve isteğe bağlı olarak sisteme dahil edilebilir niteliktedir. Dahil edildiğinde gerçek zamanlı işlemlerin yürütülebilmesine imkan tanımaktadır.

Bu yazılım bileşeni doğrudan işlemcinin donanımsal zamanlayıcı(timer)larını kullanmaktadır. İlk çalışma sırasında donanımsal zamanlayıcı birimi varsayılan olarak her 1ms de bir kesme üretecek şekilde ayarlanmaktadır. Her bir kesme hizmet programı içerisinde ise global olarak tanımlanmış bir zaman sayacının değeri bir artırılmaktadır. Dolayısı ile bu sayaç, sistem çalışmaya başladığından itibaren geçen zamanı milisaniye cinsinden tutmaktadır.

***oneshot*:**

*oneshot* yazılım bileşeni gerçek zamanlı yazılım parçalarında sıkça ihtiyaç duyulan zaman aşımı olaylarının yürütülmesine imkan tanımaktadır. Örneğin bir yazılım modülünde periyodik veya bir defaya mahsus olmak üzere belirli bir süre sonra

yapılması gereken bir iş varsa, gerekli zamanın geçip geçmediğini belirlemek için bu bileşen kullanılabilir. Bunun için yapılması gereken, ilgili *oneshot* nesnesinin zaman aşımı değerinin ayarlanması ve saymaya başlatılması gerekir. Belirtilen süre geçtiğinde bu yazılım otomatik olarak zaman aşımına ihtiyaç duyan bileşene haber vermektedir. Bu bileşenin *timer* bileşeninden farkı, kesme kullanmaması ve diğer yazılımı/uygulama yazılımı birimlerine hizmet vermesidir. Eğer böyle bir yazılım bileşeni geliştirilmemiş olsaydı, zamanlamaya ihtiyaç duyacak her bir yazılım birimi içerisinde benzer kodların çalışıyor olması gerekecek ve sistem karmaşıklığı artacaktı.

***uart*:**

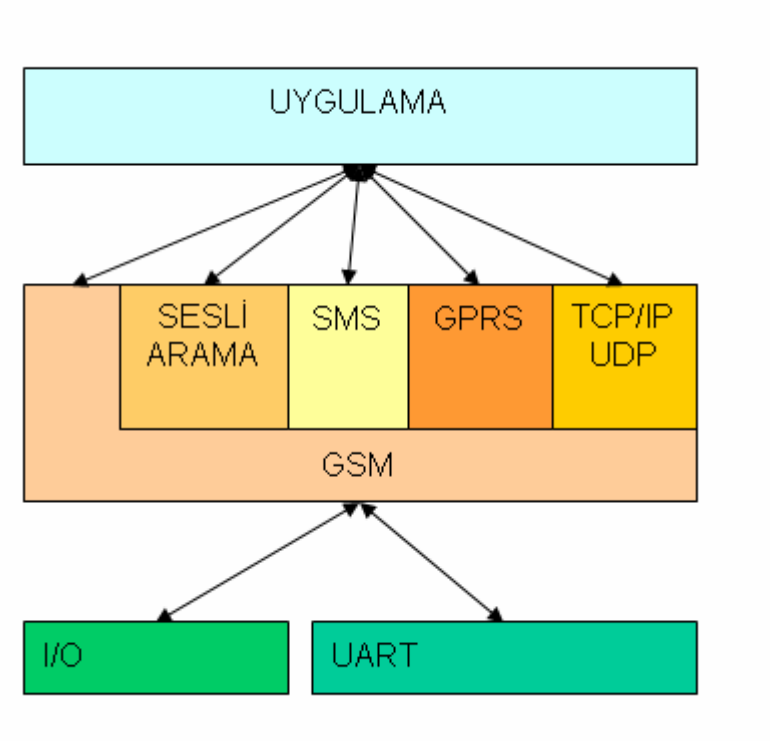
*uart* yazılım bileşeni, donanımsal UART modülünün sürücü yazılımıdır. Üst seviyeye kullanım kolaylığı sunmak amacı ile uzunluğu değiştirilebilen dahili ilk giren ilk çıkar (FIFO) mantığında çalışan tampon belleğe sahiptir. Veri alma ve gönderme sırasında üst seviyeye olay (rx event, tx event) bildirimi yapabilmektedir.

***runtime config*:**

*runtime config* yazılım bileşeni çalışma zamanında kullanıcı parametrelerinin ayarlanması ve kalıcı bellekte saklanması amacı ile üst seviye yazılımlara hizmet vermektedir. Kullanıcı parametrelerinin ayarlanması atomik bir işlemdir. Yazma sırasında elektrik kesintisi gibi bir durum söz konusu olur ve yazma başarısız olursa bu durum algılanabilmekte ve fabrika ayarlarının otomatik olarak tekrar yüklenmesini sağlamaktadır.

***gsm*:**

*gsm* yazılım bileşeni, sistemde kullanılan GSM modülünün sürücü yazılımıdır. Temelde uygulama seviyesini AT komut seti karmaşasından yalıtmayı amaçlamaktadır. Şekil 5.3'te alt bileşenleri ve katmanları gösterilmektedir.




Şekil 5.3 *gsm* yazılımı alt birimleri.

Desteklediği özellikler;

1 Güç yönetimi
1.1 Açma
1.2 Kapama
1.3 Yeniden başlatma
1.4 Güç durumu sorgulama
2 GSM
2.1 Şebeke kayıt durumu sorgulama
2.2 SIM işlemleri
2.3 Modülü kişiselleştirme, sorgulama (Ör: eko özelliğini açma, kapama veya sorgulama)
3 Sesli arama
3.1 Arama başlatma
3.2 Arama sonlandırma
3.3 Gelen aramayı cevaplama
4 Kısa mesaj (SMS)

4.1 Mesaj formatı seçme ve sorgulama

4.2 Mesaj merkezi numarasını ayarlama ve sorgulama

4.3 Mesaj gönderme

4.4 Mesaj okuma

4.5 Mesaj silme

4.6 Yeni mesaj alındığında üst seviyeye bildirme

5 GPRS

5.1 GPRS ağına bağlanma ve bağlantı durumu sorgulama

5.2 GPRS ağ bağlantısını koparma

5.3 PDP kontekst tanımlama

5.4 PDP kontekst aktif etme

5.5 PDP kontekst durdurma

6 PPP, TCP/IP, UDP

6.1 GGSN'e bağlanma

6.2 IP adresi sorgulama

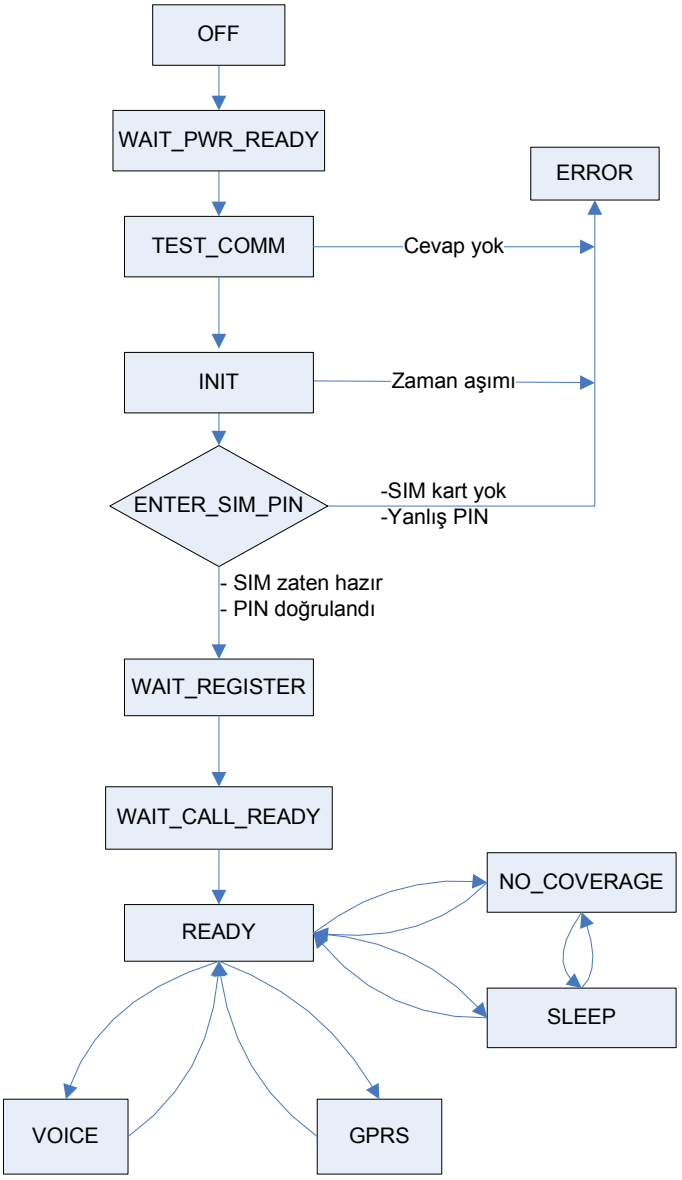
6.3 TCP bağlantısı kurma/sonlandırma

6.4 TCP verisi gönderme/alma

6.5 UDP verisi gönderme alma

6.6 Yerel/hedef port numarası ayarlama/sorgulama

6.7 Bağlantı durumu sorgulama




Şekil 5.4 *gsm* yazılımı ana durum diyagramı.

Şekil 5.4'te *gsm* yazılımının ana durum diyagramı gösterilmektedir. Uygulama seviyesinden GSM modülünü açma isteği geldiğinde *gsm* yazılımı önce modülü açar ve ardından otomatik olarak uygulamanın kullanabilmesi için hazırlar. Modül açıldıktan sonraki ilk durum TEST_COMM durumudur. Bu durumda *gsm* yazılımı modül ile haberleşebilmeyi test eder. Modüle bir komut gönderir ve cevap bekler. Eğer cevap alabiliyorsa bağlantıda sorun olmadığına karar verir ve bir sonraki durum olan INIT durumuna geçer. Bu durumda modülün varsayılan olarak açık olan eko özelliğini kapatır. Bu gönderilen komutların modül tarafından eko edilmesini önler. Bundan sonraki durum SIM kartın hazırlanmasını sağlayan ENTER_SIM_PIN

durumudur. Eğer SIM kartın PIN sorgulaması kapalı ise bir işlem yapmadan bir sonraki duruma geçer. SIM kart PIN kodu gerektiriyorsa kodu girer ve doğrulanmasını bekler. Doğrulanırsa sonraki durum olan WAIT_REGISTER durumuna geçer. Bu durumda modülün şebeke bulmasını ve kaydolmasını bekler. Kaydolduktan sonra modülün aramaya hazır olduğunu belirten cevabın bekleneceği WAIT_CALL_READY durumuna geçer. Modülden aramaya hazır olduğuna dair cevap aldığında READY duruma geçer. Bu durumdan itibaren artık modül kullanıma hazırdır ve *gsm* yazılımı da bu doğrultuda uygulama seviyesine hizmet verebilir.

Bu aşamadan sonra modül kapsama alanı dışında olduğu sürece *gsm* yazılımı NO_COVERAGE durumundadır ve uygulama bu durumda GSM veya GPRS ile ilgili hizmetlerden yararlanamaz. SLEEP durumuna uygulama seviyesinin isteği üzerine girilir ve yine uygulamanın isteği ile bu durumdan çıkılır. Bu durumda da uygulama GSM veya GPRS ile ilgili bir hizmetten yararlanamaz. Ancak modül arama veya kısa mesaj alabilir durumdadır. Uygulamanın arama isteği veya gelen arama ile birlikte *gsm* yazılımı VOICE durumuna geçer. Bu durumdan yine uygulamanın sonlandırma isteği veya karşıdan sonlandırılma sonucu çıkar. Uygulama TCP/IP hizmeti isteğinde bulunması ile *gsm* yazılımı GPRS durumuna geçer. Bu durumda modülün dahili PPP, TCP/IP yığını kullanıldığından GSM ile ilgili hizmetler kullanılabilir durumdadır.

***gps*:**

*gps* yazılım bileşeni, GPS modülünün sürücü yazılımıdır. GPS modülünden alınan verilerin ayrıştırılmasını ve uygulamaya yalnızca ihtiyaç duyulan verilerin aktarılmasını sağlar. NMEA protokolünü desteklemektedir ve bu protokolde gelen verilerden enlem, boylam, tarih, saat ve hız bilgilerini ayrıştırma özelliğine sahiptir. Enlem, boylam, tarih ve saat verilerini RMC cümlesinden ayrıştırmaktadır. Hız bilgisini ise eğer knot cinsinden isteniyorsa RMC, km/saat cinsinden isteniyorsa VTG cümlesinden ayrıştırmaktadır. RMC ve VTG cümlelerinin formatları aşağıda belirtilmektedir.

RMC cümlesi formatı:

$GPRMC,hhmmss,status,latitude,N,longitude,E,spd,cog,ddmmyy,mv,mvE,mode*cs<CR><LF>

Örnek RMC cümlesi:

$GPRMC,083559.00,A,4717.11437,N,00833.91522,E,0.004,77.52,091202,,,A*57

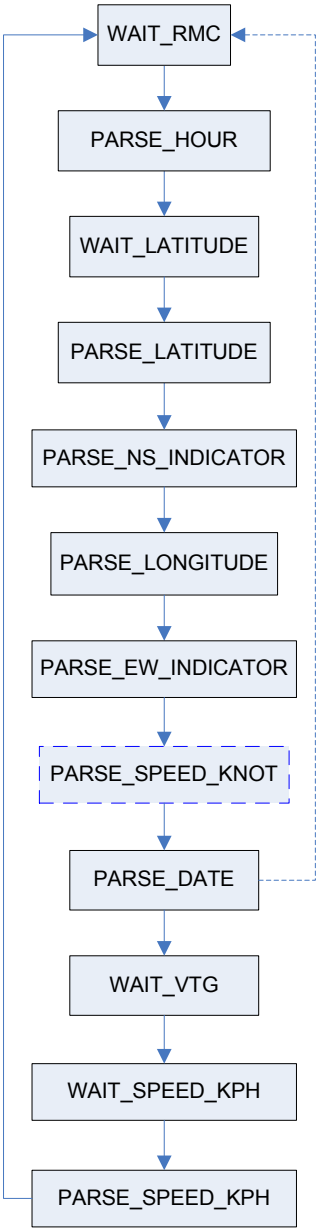
VTG cümlesi formatı:

$GPVTG,cogt,T,cogm,M,sog,N,kph,K,mode*cs<CR><LF>

Örnek VTG cümlesi:

$GPVTG,77.52,T,,M,0.004,N,0.008,K,A*06

*gps* yazılımı ayrıştırma işlemini veriyi alırken yapar. Böylece veriyi önce depolayıp sonra uzun miktardaki veri ayrıştırmak için gerekli olan bellek miktarı ve zamandan tasarruf sağlanmış olur. *gsp* yazılımının veri ayrıştırma işleminin ana akış diyagramı şekil 5.5'te belirtilmiştir.




Şekil 5.5 *gps* yazılımında veri ayrıştırma işleminin akış diyagramı.

***debug*:**

*debug* yazılım birimi, sisteme çalışma zamanında günlük verisi aktarmayı sağlayan basit bir ara yüz sunmaktadır. Günlük mesajları kullanıcı tarafından derleme zamanında girilen sabit metinler veya çalışma zamanında elde edilip formatlı olarak yazdırılan parametrelerden oluşabilmektedir.

Çalışma zamanı hata ayıklama mesajları dört seviyeden oluşmaktadır:

- *Error*: Kritik ve düzeltme imkanı olmayan sistem hatalarını ifade eder.
- *Warning*: Normalde beklenmeyen fakat düzeltilmiş hataları belirtir. Genelde bu mesajlar sistem kaynağında yer açmada problem oluşması gibi durumlarda yazılım geliştiriciyi bilgilendirmek için kullanılır. Bu tip problemler geliştirme aşamasında karşılaşılan ve normal çalışma sırasında beklenmeyen problemlerdir
- *Informational*: Normal çalışma sırasında yazılım geliştiricinin ilgisini çekebilecek olayları bildirir. Böyle bir duruma örnek olarak bir protokol el sıkışmasının başarılı veya başarısız sonuçlanması verilebilir.
- *Trace*: Kod akışını göstermek için kullanılır. Bu seviyeli mesajların çok kullanılması, hata ayıklama günlüğünün okunmasını zorlaştırdığından genelde yazılım geliştirme sürecinde eklenir ve daha sonradan kaldırılır.

*debug* yazılımı makro fonksiyonlar aracılığı ile kullanılmaktadır. Her makro fonksiyon içerisinde RUNTIME_DEBUG tanımının yapılıp yapılmadığı test edilir. Dolayısı ile eğer bir dosya içerisinde RUNTIME_DEBUG tanımı yapılmış ise o dosyadaki çalışma zamanı günlük aktarımı işi aktif olmuş olur. Makro fonksiyon içerisinde önce makro fonksiyona argüman olarak girilen sabit karakter dizilerinin kalıcı bellek bölgesinde tanımlama işlemi yapılır. Ayrıca ilgili karakter dizileri günlük ekranına basılırken öncesinde mesajın girildiği dosya adı ve mesaj seviyesi de bastırılır. Mesajın girildiği dosya adının belirlenebilmesi için *debug* yazılımı içerisinde tanımlanmış THIS_FILE() makrosu her dosya içerisinde bir defa kullanılmalıdır.

Sabit karakter dizisi basan fonksiyonlar;

- DEBUG_ERROR()
- DEBUG_WARN()
- DEBUG_INFO()
- DEBUG_TRACE()
- DEBUG_ASSERT()

Formatlı değişken karakter dizisi basan fonksiyonlar;

- DEBUG_ERRORF()
- DEBUG_WARNF()
- DEBUG_INFOF()
- DEBUG_TRACEF()
- DEBUG_ASSERTF()

Örnek:

```
THIS_FILE("gsm")
…

DEBUG_INFOF("GGSN status: %hhu", ggsn_status);
```

Bu fonksiyonun günlük ekranındaki karşılığı şu şekilde olur:

```
Info: gsm[123]: GGSN status: 2
```

***hal*:**

*hal* yazılım bileşeni, donanıma(işlemci) özgü bazı tanımlamalar ve makro fonksiyonlar içermektedir. İşletim sisteminin bir ölçüde altındaki donanım platformundan bağımsız çalışabilmesi amacı ile yazılmasına ihtiyaç duyulmuştur.

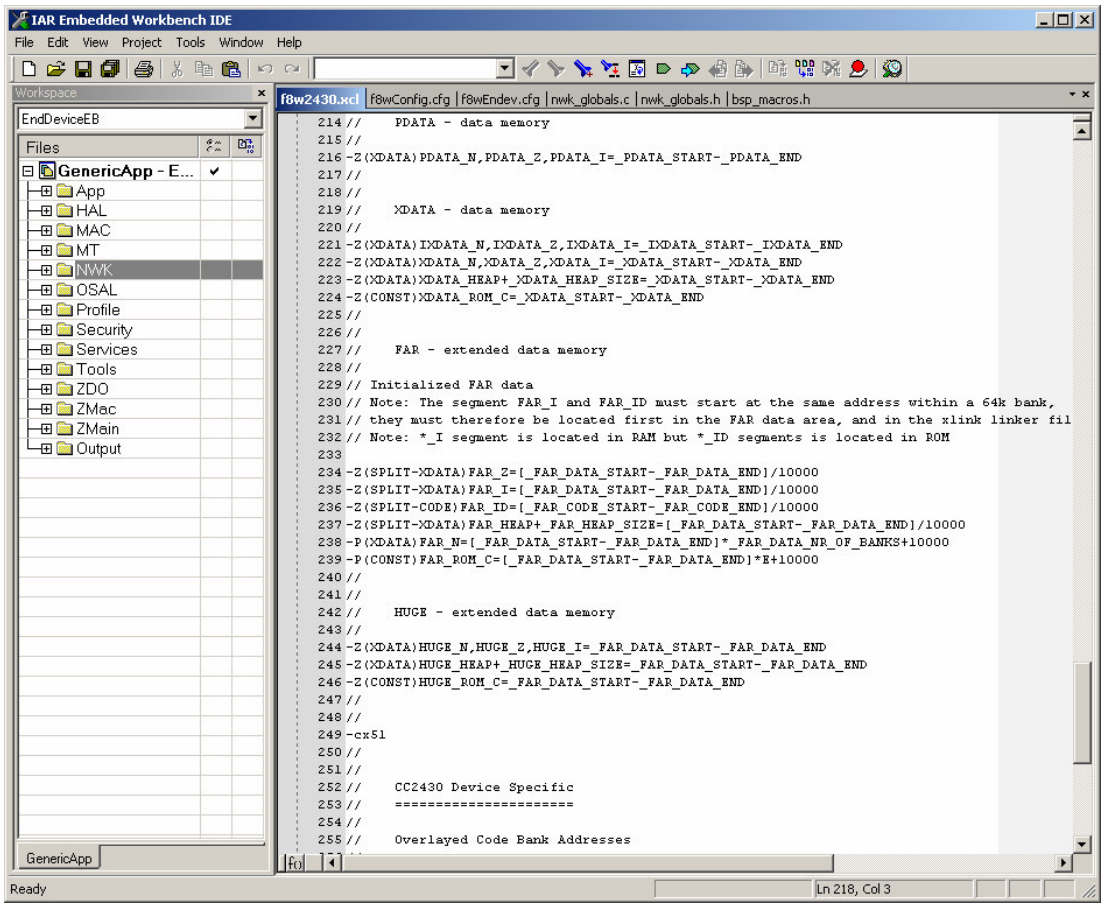
***keypad*:**

*keypad* yazılım bileşeni, genel amaçlı matris tipi tuş takımı sürücü yazılımıdır. Port seviye değişimi kesmesi ile tetiklenerek çalışır. Dahili gürültü önleme özelliğine sahiptir. Ayrıca isteğe bağlı olarak kullanılabilen, ilk giren ilk çıkar mantığı ile çalışan bir tampon belleğe sahiptir.

## 5.2 RF Haberleşme Yazılımı

### 5.2.1 Geliştirme ortamı

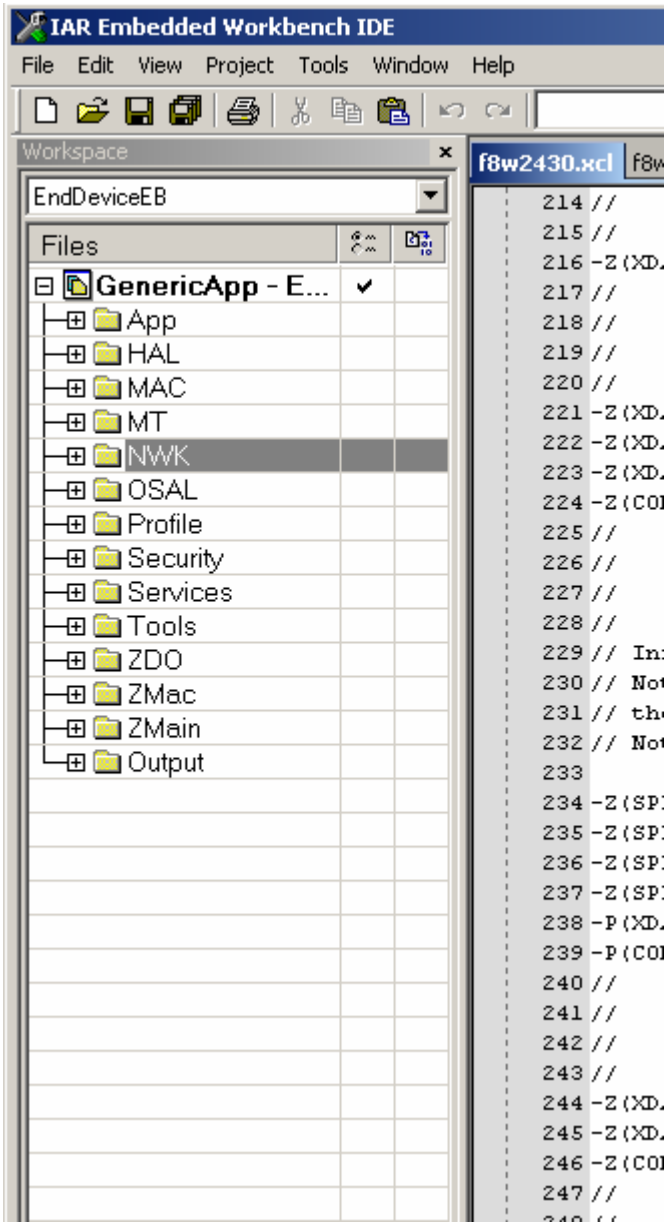
RF haberleşme ara yüzü için, ZigBee uyumlu alıcı-verici donanımı bulunan bir işlemci kullanılmaktadır. RF haberleşmeye ilişkin gerekli tüm yazılım da bu işlemci üzerinde koşturulmaktadır. Bu yazılımı geliştirmek için *IAR Embedded Workbench for 8051* kullanılmıştır. Bu geliştirme ortamı 8051 çekirdeği için gelişmiş desteğe sahiptir ve oldukça etkin kod üretebilmektedir. Assembler, C ve C++ dillerini desteklemektedir ve bunları kullanarak kod üretmek ve hata ayıklamak mümkündür. Dahilinde proje yöneticisi, düzenleyici, hata ayıklayıcı, oluşturma araçları mevcuttur.




Şekil 5.6 RF haberleşme yazılımı geliştirme ortamı

### 5.2.2 Yazılım bileşenleri

RF haberleşme ara yüzü yazılımı, RF haberleşme işlemcisi üzerinde çalışmaktadır. Kullanılan haberleşme standardı ZigBee ve yazılımı ise açık kaynak kodlu ZigBee yığınıdır. İşlemci üreticisi bu yığını ücretsiz olarak vermektedir. Bu çalışma kapsamında ihtiyaç duyulan, bu yazılımın uygulama katmanlarını özelleştirmektir.

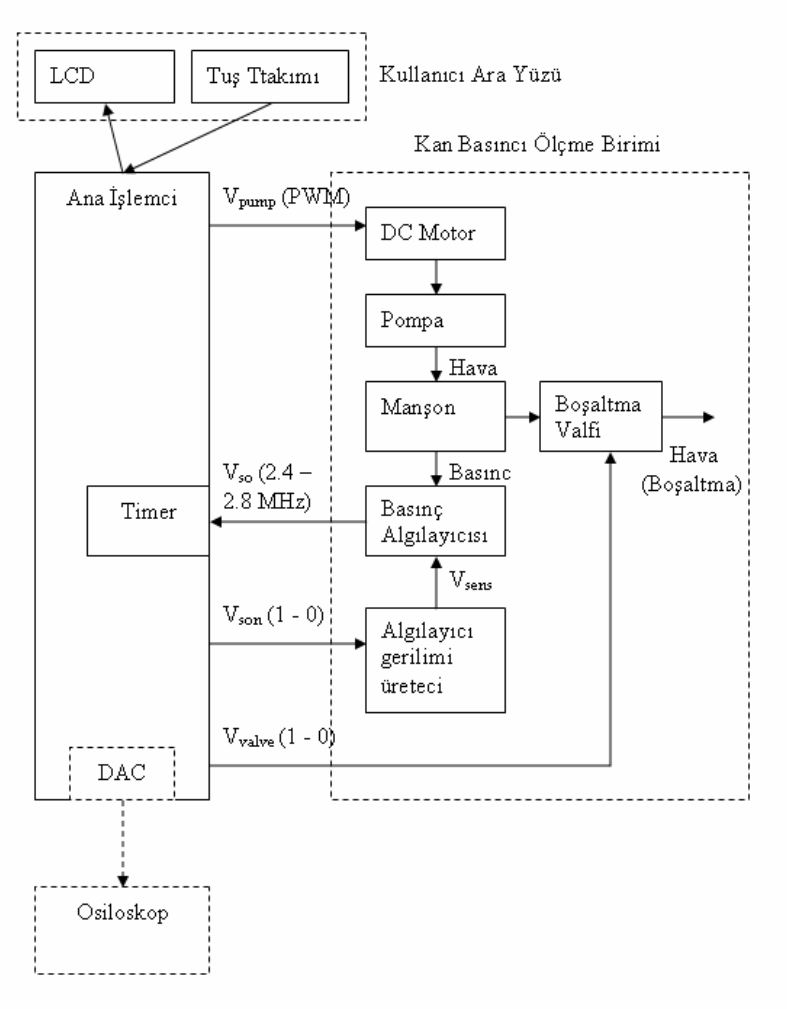



Şekil 5.7 RF haberleşme yazılımı bileşenleri

# 6 SİSTEMİN ÇALIŞMA PRENSİBİ

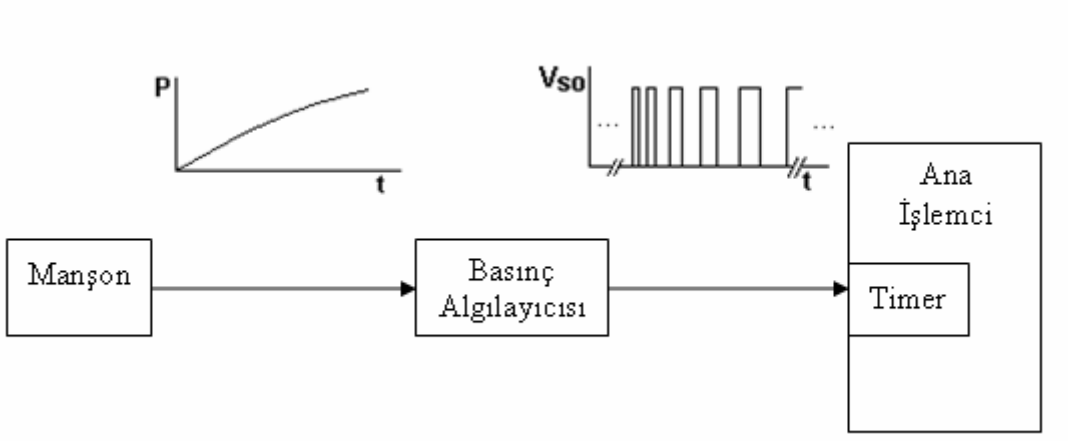
## 6.1 Kan Basıncı Ölçme Birimi Çalışma Prensibi

Şekil 6.1'de sistemin kan basıncı ölçme işleminde görev alan bileşenler görülmektedir. Bu bileşenler kullanıcı ara yüzü, kan basıncı ölçme birimi ve ana işlemciden oluşmaktadır. Tüm bileşenlerin kontrolü, ölçüm ile ilgili gerekli işaret işleme, hesaplama ve tahmin etme gibi görevler ana işlemci üzerinde çalışan kan basıncı ölçme yazılımı tarafından yapılmaktadır. Bu yazılımın akış diyagramı şekil 6.3'te görülmektedir.




Şekil 6.1 Kan basıncı ölçme birimi blok diyagramı.

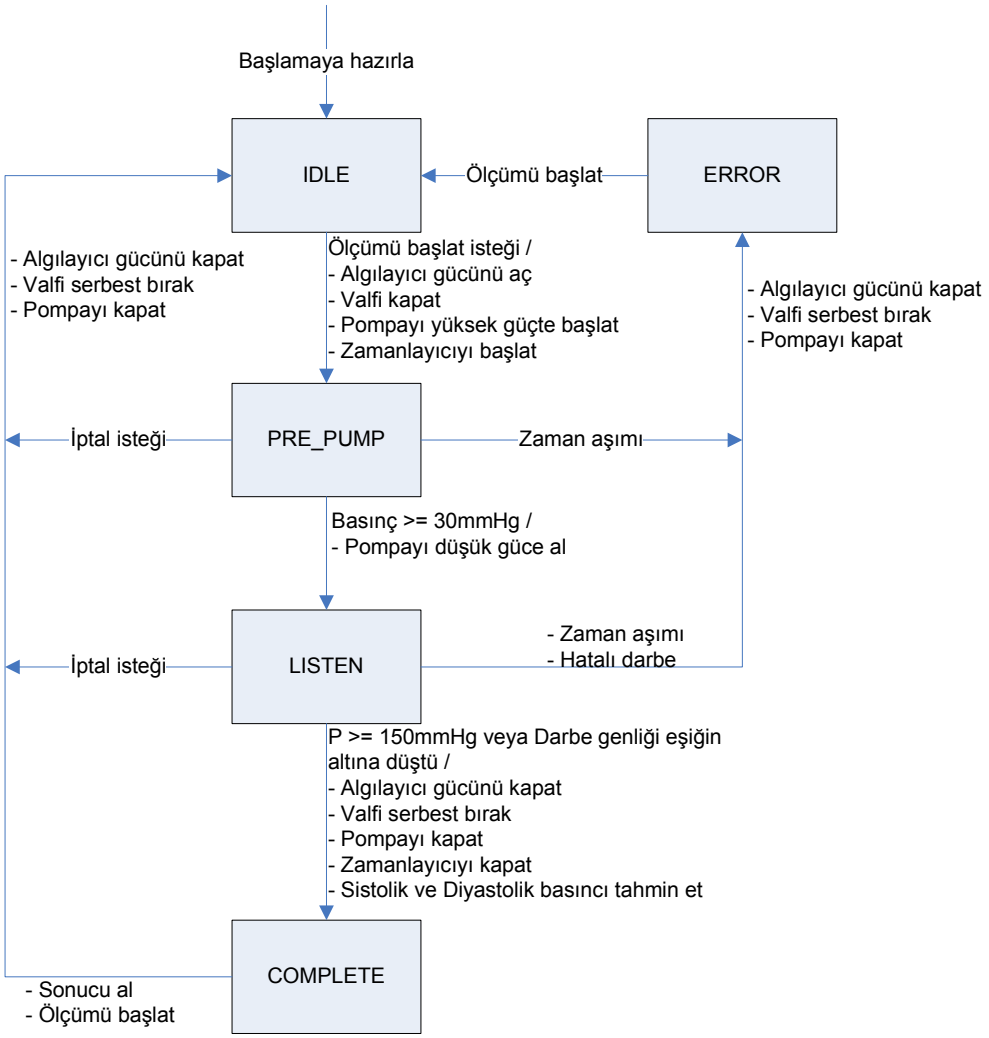
Şekil 6.2‘de basınç algılama ile ilgili görev alan bileşenler görülmektedir. Manşon, damardaki basınç değişiminin basınç algılayıcısına aktarılmasını sağlamaktadır. Basınç algılayıcısı ise basınç değerini elektriksel işarete dönüştürmektedir. Sistemde kullanılan basınç algılayıcısı basınç değerine bağlı olarak bir kare dalganın frekansını 2.4 – 2.8 MHz aralığında modüle etmektedir. Bu modülasyonlu işaretin ($V_{so}$) demodülasyonu ana işlemci içerisinde bulunan zamanlayıcı birimi yardımı ile yapılmaktadır. $V_{so}$ işareti zamanlayıcının saat işareti olarak kullanılmaktadır. Zamanlayıcı sürekli yukarı sayma modunda çalıştırılmaktadır. Böylece herhangi bir zaman aralığında zamanlayıcının saymış olduğu değer, o zaman aralığındaki ortalama basınç değerine eşit olmaktadır.




Şekil 6.2 Basınç algılama bileşenleri.

Sistem ilk çalışmaya başladığında kan basıncı ölçme uygulama yazılımına donanımı başlamaya hazırlama isteği gönderilir. Bu istek ile pompa, valf, kan basıncı algılayıcı kontrol işaretleri başlangıç değerlerine alınarak ilgili donanımların kontrolsüz bir şekilde çalışması önlenmiş olur. Başlangıç değeri olarak bu donanımlar kapalı durumdadır. Ardından ana işlemci içerisinde kan basıncı algılayıcısının frekans modülasyonlu işaretini ($V_{so}$) demodüle etmek için kullanılan zamanlayıcı(timer) modülü başlamaya hazırlanır. Zamanlayıcının saat girişi için kullanılan işlemci pini giriş moduna alınır ve saat kaynağı olarak harici saat girişi seçilir. Sayma modu olarak ta sürekli yukarıya doğru sayma modu seçilir. Böylece herhangi bir zaman aralığında zamanlayıcının saydığı değer, o zaman aralığındaki ortalama basınç değeri

ile doğru orantılı olur. Bu işlemlerden sonra kan basıncı ölçme birimi şekil 6.3 'te belirtilen IDLE durumdadır ve ölçmeye başlama isteği gelene kadar bu durumda kalmaya devam eder.




Şekil 6.3 Kan basıncı ölçme yazılımı akış diyagramı.

Kullanıcı girişimi veya önceden tanımlanmış otomatik ölçüm periyodunun dolması sonucu kan basıncı ölçme isteği geldiğinde önce algılayıcı besleme gerilimi açılarak algılayıcının çalışması sağlanır. Ardından boşaltma valfi kapatılarak manşondan dışarıya hava çıkışı engellenir. Bundan sonra pompa yüksek hızda çalıştırılarak bir ön şişirme işlemi gerçekleştirilir. Bu hızlı şişirme işleminin amacı manşon ile kol arasındaki boşluk alınıncaya kadar zamandan tasarruf sağlamaktır. Manşon

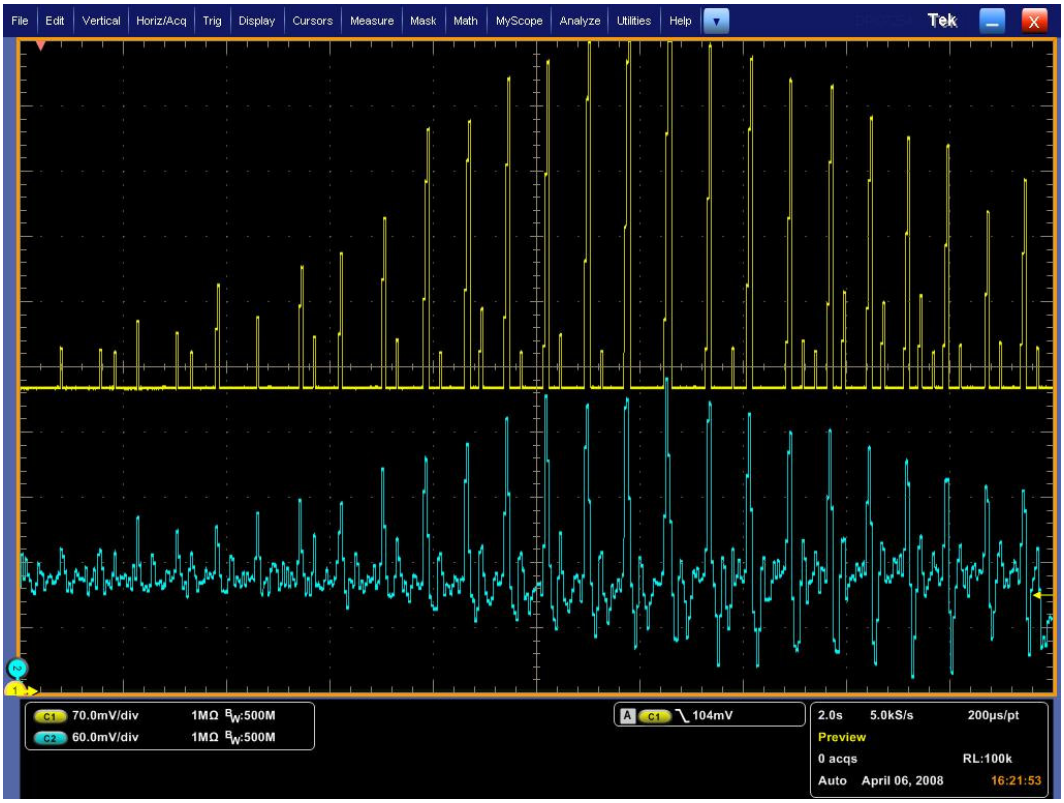
basıncının çok düşük olduğu bu aşamada kalp darbesi bileşenleri hissedilebilir genliğe sahip değildir. Bu aşama şekil 3.3'te belirtilen PRE_PUMP durumudur. Sistem bu durumdan üç farklı olay sonucu çıkabilir. Bunlardan birincisi ölçme işleminin kullanıcı tarafından iptal edilmesi isteğidir. Bu istek sonucunda valf serbest bırakılır ve manşondaki havanın boşalması sağlanır, pompa durdurulur ve basınç algılayıcısının gücü kesilir. Bundan sonra sistem tekrar IDLE durumuna geçer. İkinci yol, pompa çalışmasına rağmen basınç değerinin yükselmediğinin algılanması durumudur. Bu durumda sistem yukarıda bahsedilen aynı eylemleri gerçekleştirir ve farklı olarak ERROR durumuna geçer. Üst yazılım seviyesi hata durumunu görünceye kadar bu durumda kalmaya devam eder. Üçüncü yol ise basınç değerinin 30mmHg değerine ulaşmasıdır. Normal çalışma sırasında beklenen olay budur. Bu olay sonucunda kalp atışına bağlı salınımların ölçüleceği durum olan LISTEN durumuna geçer.

Sistem LISTEN durumuna geçtiği andan itibaren kalp darbeleri dinlenmeye başlanmıştır. Darbe genlikleri tekrar algılanamayacak kadar düşene veya ölçüm aralığının üst sınırı olan 150mmHg değerine ulaşıncaya kadar sistem bu durumda kalmaya devam eder. Ölçüm süresince yeteri kadar darbe algılanabilmesi için manşonun yavaş bir şekilde şişirilmesi gerekir. Bu nedenle LISTEN durumuna geçilirken pompa düşük güç moduna alınır.

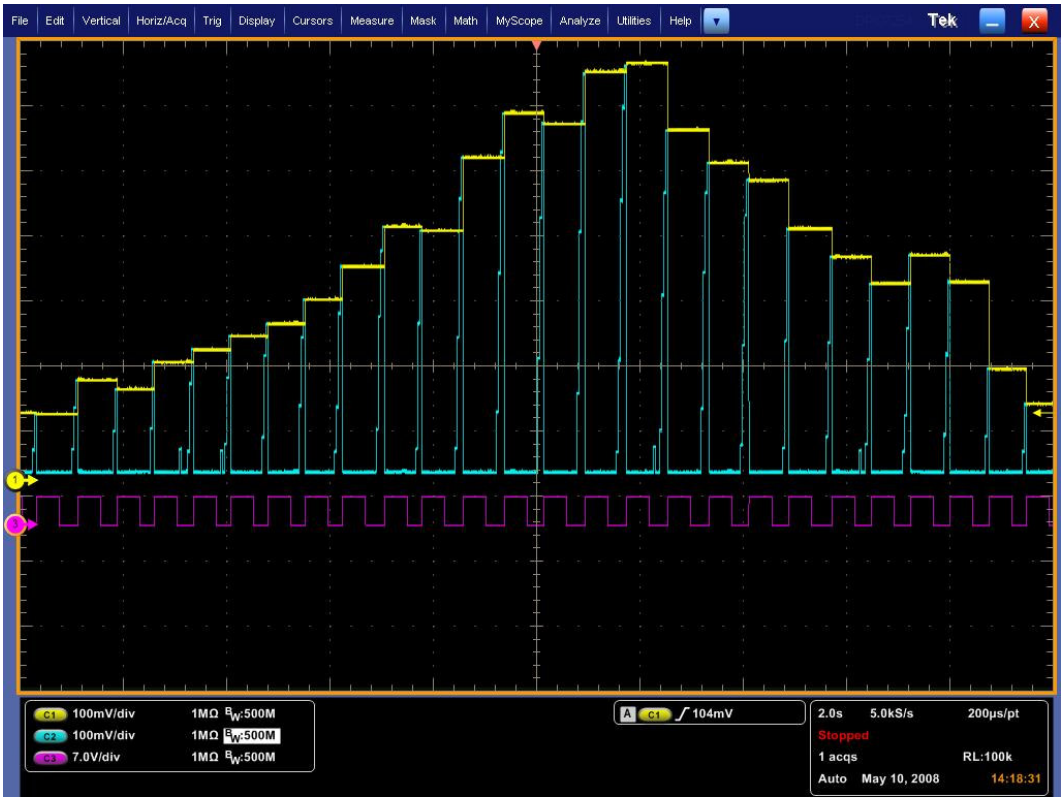
LISTEN durumunda algılanan her darbe genliği ve bu genliklerin algılandığı manşon ana basınç değerleri kaydedilir. Darbe genliği değerlerinden maksimum olanı bulunup buna karşılık gelen manşon ana basıncı ortalama kan basınç değeri olarak atanır. LISTEN durumu hatasız olarak son bulduğunda sistolik ve diyastolik kan basıncı değerlerinin tahmin edilmesi gerekir. Bunun için önce ortalama kan basıncı salınım genliği deneysel olarak elde edilmiş sistolik ve diyastolik oranları ile çarpılarak sırası ile sistolik ve diyastolik yükseklikler belirlenir. Bu çalışma süresince yapılan denemelerde sistolik ve diyastolik oranlar için en uygun değerler sırasıyla 0.35 ve 0.40 olarak bulunmuştur. Daha sonra LISTEN durumu süresince kaydedilmiş olan darbe genlikleri ve bu genliklere ait manşon ana basınç değerlerinden yararlanılarak sistolik ve diyastolik yüksekliğe karşılık gelen manşon ana basınç değerleri hesaplanır. Bu değerler sistolik ve diyastolik kan basıncı olarak kaydedilir.

Kan basıncı değerlerinin tahmin edilmesi ve kaydedilmesinden sonra sistem COMPLETE durumuna geçer. Üst seviye yazılım tarafından sonuçlar okununcaya veya yeni bir ölçüm yapma isteği gelinceye kadar bu durumda kalır.

Şekil 6.4 ve şekil 6.5'te örnek bir ölçme işlemi için işlemci tarafından işlenerek elde edilmiş işaretler gösterilmektedir. Bu işaretler işlemcinin DAC çıkışına basılarak osiloskopta kaydedilmiştir. Şekil 6.4'te mavi renkli işaret manşon basıncının kalp atışına bağlı darbe salınımlarıdır. Sarı renkli işaret ise bu salınımların pozitif yöndeki genlik değerlerini belirtmektedir. Şekil 6.5'te ise yine darbe genlikleri ve bu genliklerin zarfı sırası ile mavi ve sarı renkli işaretler ile gösterilmektedir. Pembe renkli işaret ise her kalp darbesinden sonra gürültü önlemek amacı ile darbe kabul edilebilen veya edilemeyen anları belirtmektedir. İşaretin düşük seviyesinde işlemci yeni bir kalp darbesi beklemektedir. Yüksek olduğu durumda ise algılanan herhangi bir darbe ihmal edilmektedir.




Şekil 6.4 Kalp atışına bağlı darbe salınımları (mavi) ve bu salınımlardan elde edilmiş genlik değerleri (sarı).



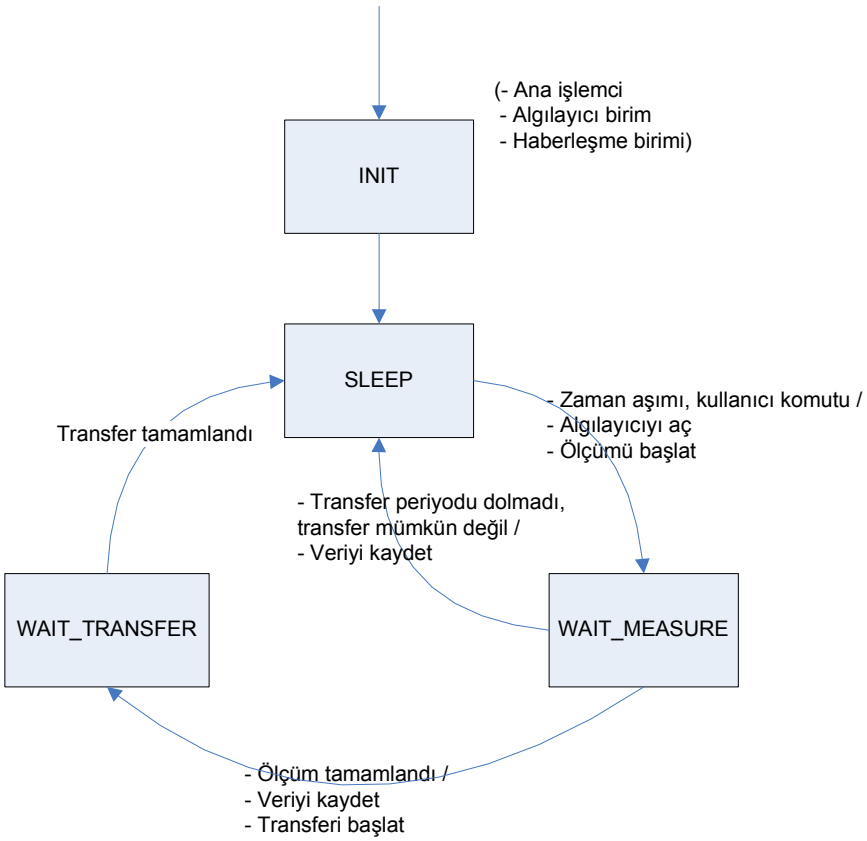

Şekil 6.5 Kalp atışına bağlı darbe genlikleri (mavi), bu genliklerden elde edilmiş zarf işareti (sarı), darbe kabul ve ret zamanları (pembe).

## 6.2 Sistemin Genel Çalışma Prensibi

Sistemin ana durum diyagramı şekil 6.6'da gösterilmektedir. Sisteme ilk güç uygulandığında ana işlemci ve bağlı bulunan tüm donanımlar başlangıç durumuna getirilirler. Başlangıçta algılayıcı birim tamamen kapalıdır. GSM ve GPS modülü bulunan donanım versiyonunda bu birimler de kapalıdır. RF haberleşme modülü bulunan versiyonda bu birim açıktır. Başlamaya hazırlama aşamasının tamamlanmasının ardından sistem uyku durumuna geçer. Bu durumda ana işlemci düşük güç tüketimi modundadır ve çektiği akım birkaç mikroamper mertebesindedir.

Sistem uyku modundan ya ölçüm periyodunun dolması ya da kullanıcının ölçüm komutu ile çıkar. RF haberleşme ara yüzüne sahip donanım versiyonunda RF üzerinden de ölçüm komutu alınabilir. Uyku modundan çıkıldığında sistem önce algılayıcı biriminii açar ve ölçüm işlemini başlatır. Ölçüm işlemi tamamlandığında

elde edilen verileri kaydeder. Eğer veri transfer periyodu dolmamış ise tekrar uyku moduna geçer. Eğer veri transfer periyodu dolmuş ise haberleşme birimini transfer için hazırlar ve kaydedilmiş verilerin transferini gerçekleştirir. Transfer tamamlandığında tekrar uyku moduna geçer.




Şekil 6.6 Kablosuz algılayıcı sisteminin ana durum diyagramı.

# 7 SONUÇ

Bu projede hızla gelişmekte olan algılayıcı teknolojileri ve kablosuz haberleşme konusu ele alınmış, teknolojik gelişmeler, ihtiyaçlar ve ucuz maliyet nedeniyle yaygın olarak benimsenmeye başlanılan kablosuz algılayıcılar konusunda bir uygulama geliştirilmiştir.

Çalışmada kan basıncı ölçebilen bir algılayıcı modül tasarlanmış ve gerçeklenmiştir. Kan basıncı ölçme birimi, mikroişlemci üzerinde koşturulan gömülü yazılım denetimlidir. İnsan yardımı olmadan ölçüm işlemini kendisi otomatik olarak yapabilmektedir. Ölçme işleminde osilometrik yöntem kullanmaktadır. Bu yöntemde ortalama kan basıncının yüksek doğrulukta ölçülmesi mümkündür. Ancak sistolik ve diyastolik kan basıncı değerleri için aynı şey söylenemez. Bu değerler tahmin yöntemi ile elde edilir. Çalışmada tahmin etme işleminde deneysel olarak elde edilen sistolik ve diyastolik oran katsayıları kullanılmıştır. Elektronik kan basıncı ölçme cihazı üreticileri bu konuda kendi geliştirdikleri algoritmalar ve deneysel olarak elde ettikleri veritabanlarından da yararlanarak doğruluk değerlerini artırmaya çalışmaktadırlar. Bu çalışmada da doğruluk değerinin daha da artırılabilmesi için benzer yöntemlerin geliştirilmesinin faydalı olacağı düşünülmektedir.

Hastalar genelde tıbbi kliniklere gittiklerinde "beyaz önlük etkisi" nedeni ile kan basınç değerleri normalden farklı olabilmektedir. Dolayısı ile hastanın belli bir andaki kan basıncı değerine bakarak diğer zamanlar için kestirim yapmak yanıltıcı olabilmektedir. Bu çalışmada geliştirilen kan basıncı algılayıcısı, gün içerisinde ihtiyaca göre belirlenebilen anlarda otomatik olarak ölçüm yapabilmekte ve depolayabilmektedir. Bu sayede hastaların geçmişe dönük kan basıncı değerlerinin de incelenerek daha iyi bir teşhis konulabilmesine imkan tanımaktadır. Bu yönü ile tıbbi klinikler için faydalı bir çalışma olduğu ve önemli bir ihtiyacı gidereceği düşünülmektedir.

Gerçeklenen sisteme kan basıncı dışında sıcaklık, terleme ve darbe gibi parametrelerin de algılanabilmesi ve kaydedilmesi özelliklerinin kazandırılmasının sistemin kullanışlılığını artırabileceği düşünülmektedir. Bu parametrelerin elde edilebilmesinin hem hekim açısından daha iyi muayene imkanı sunacağı hem de acil durumların daha iyi belirlenebilmesini sağlayacağı düşünülmektedir.

Çalışmada algılayıcının ölçtüğü değerlerin izlenmek üzere bir merkeze aktarılması ihtiyacı üzerinde de durulmuştur. Bu doğrultuda iki farklı kullanım alanı ele alınmış ve bu kulanım alanları için iki farklı haberleşme çözümü üretilmiştir. Bu kullanım alanlarından birincisi sınırlı bir alan içerisinde birden fazla hastanın bulunduğu durumlardır. Böyle yerlerde bir kablosuz ağ kurulması ve bu ağ üzerinden ölçülen verilerin bir merkeze aktarılması amaçlanmıştır. Bu bağlamda ZigBee uyumlu alıcı-vericiye sahip mikroişlemcili bir donanım üzerinde açık kaynak kodlu ZigBee yığını koşturularak bir kablosuz haberleşme ara yüzü oluşturulmuştur. Bu ara yüz modülleri ile kablosuz ağ kurularak bu ağ üzerinden bir merkeze veri transferi gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada gerçeklenen algılayıcının ikinci bir kullanım alanı olarak, hastaların dolaşma alanın sınırlı olmadığı ve kişisel kullanımın istendiği durumlar ele alınmıştır. Böyle durumlarda ölçülen verilerin uzak mesafeye kablosuz iletilebilmesi ve acil durumlarda yardım çağrısı ihtiyaçları üzerinde durulmuştur. Bu ihtiyaçları karşılamak amacı ile GSM/GPRS temelli bir haberleşme ara yüzü geliştirilmiştir. Ölçülen verilerin GPRS üzerinden TCP/IP protokolleri ile iletilmesi sağlanmıştır. Acil durumlarda yardım çağrısı için ise GSM üzerinden sesli çağrı yapabilme desteği eklenmiştir. Böyle durumlarda pozisyon belirleme ihtiyacı için ise GPS donanımı eklenmiş ve gerekli yazılım gerçeklenmiştir.

Projenin günlük yaşamda değişik uygulama örnekleri bulunmaktadır. Fakat bu çalışma donanım ve yazılımların modüler yapıda olması ile ön plana çıkmaktadır. Bu sayede çalışma birçok uygulamaya kolayca uyarlanabilecek esnek bir yapı kazanmış, uyumluluk ve güncelleme gibi sorunlardan da kurtulmuştur.

## KAYNAKLAR


[1] Akyildiz, I. F., Su, W., Sankarasubramaniam,Y., Cayirci, E., "Wireless Sensor Networks" ***A Survey Elsevier Computer Networks***, (2002).

[2] Jeff Neasham, "Wireless Sensor Network", **EE8092 Coursework Course Notes and Guidance,** October 2006

[3] Bluetooth SIG, Inc., 2007, Bluetooth Basics, http://www.bluetooth.com/Bluetooth/Learn/ (**Ziyaret tarihi: 25 Mayıs 2007**)

[4] Öztürk, E., Wlan Kablosuz Yerel Alan Ağları Teknolojisinin İncelenmesi, Mevcut Düzenlemelerin Değerlendirilmesi Ve Ülkemize Yönelik Düzenleme Önerisi, Uzmanlık Tezi, ***Telekomünikasyon Kurumu***, Ankara, 15-40, (2004).

[5] Haartsen, J. C., "The Bluetooth Radio System," ***IEEE Personal Communications 7***, No. 1, 28-36 (2000).

[6] Wikipedia Foundation, Inc, Global System for Mobile Communications http://en.wikipedia.org/wiki/GSM ((**Ziyaret tarihi: 10 Nisan 2007**))

[7] Sabah, M. A., Taşpınar, N., Koçak, Y., Genel Paket Radyo Servisi (Gprs) Yapısı, Protokolleri Ve Kaynak Yönetimi, ***Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Ensitüsü Dergisi,17*** (1-2), 22-42, (2002).

[8] Elektrik Gen Tr, GPRS Sistemlerine Genel Bakış, http://www.elektrik.gen.tr/content/view/240 (**Ziyaret tarihi: 20 Haziran 2007**)

[9] SIM Technology Inc, AT Commands Set SIM300D_ATC_V1.06, (2006)

[10] SIM Technology Inc, Hardware Design SIM340DZ_HD_V1.01, (2007)

[11] Chipcon AS, AN015 RF Modem Reference Design, Application Note, Rev.1.0, (2002).

[12].Rose B.,"Home Networks:A Standart Perspective", IEEE Commun. Mag. Vol.39, no.12, s.78-85, (2001)

[13].Galeev M., "Home networking with ZigBee", Embedded System Europe, s.20-22, (2004)

[14].Gutierrez J. A., "IEEE 802.15.4 : A Developing Standat for Low-Power, Low-Cost Wireless Personal Area Networks", IEEE Network, vol. 15, no. 5, s.12-19, (2001)

[15].Sklar B., Digital Communications Fundamentals and Applications, Englewood Cliffs, NJ:Prentice Hall, (1988)

[16]. A.P. Robert “Medical Instrumentation Application and Design”, John Willey & Sons, Inc.New York, (1988)

[17]. Joseph J.Carr, John M. Brown “Introduction to Biomedical Equipment Technology” PrenticeHall, (1998)

[18]. u-blox Inc, “ANTARIS Positioning Engine Protocol Specification”, (2003)

## ÖZGEÇMİŞ

1982 yılında Eskişehir'de doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Eskişehir'de tamamladı. Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü'nden 2005 yılında Elektronik ve Haberleşme Mühendisi olarak mezun oldu. Aynı yılda Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü ve Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği anabilim dalında yüksek lisans eğitimine başladı. 2006 yılından beri DEVNET Bilişim Teknolojileri San. ve Tic. Ltd. şirketinde gömülü sistemler yazılım mühendisi olarak görev yapmaktadır.