

# FETAL KALP HIZI MONİTÖRİZASYON SİSTEMİ İÇİN MOBİL ENTEGRE DOPPLER CİHAZI GELİŞTİRİLMESİ (mDoppler)

Mehmet Uğur Yüksel<sup>1</sup>, Duygu Çelik Ertuğrul<sup>2</sup>

<sup>1</sup>İstanbul Aydın Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü  
34295 Küçükçekmece, İstanbul, muguryksl@gmail.com

<sup>2</sup>Doğu Akdeniz Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü  
99450 Gazimağusa, K.K.T.C Mersin 10 duygucecelik@msn.com

## Özetçe

m-Sağlık (m-Health), teknoloji kökenli mobil sağlık çözümleri olup, e-Sağlık uygulamaları çatısı altında giderek büyüyen bir sektördür. m-Sağlık, bireylerdeki rahatsızlıkların teşhis, tanı ve tedavi süreçlerinde yardımcı olmasından kaynaklı, hastalara sunulan hizmetin verimliliğini arttırmaktadır. Genelde, hamilelik sürecinde, anne ve bebek sağlık parametrelerinin takibini sağlayan Doppler cihazı, bu sürecin sağlıklı takip edilmesi için hastane ortamında kullanılan yaygın bir cihazdır. Günümüz Doppler cihazlarının halen yaygın kullanımı hastane ortamında kalmıştır. Halbuki hastaneye gitmeden ihtiyacı olan bireylere, bu tür sağlık hizmetlerinin mobil ortamdan verilebilmesi teknolojik olarak mümkün iken, bireylerin normal yaşamına halen dâhil edilememiş veya mevcut muadil ürünlerin yetersiz kalması sebebiyle yaygınlaşmamıştır. Bu nedenle, bu çalışmada Sanayi Tezleri (SAN-TEZ) programı kapsamında destek alarak, günümüz teknolojisi ile güncellenmiş bir Mobil Entegre Doppler Cihazı üretilen prototip anlatılmıştır. Cihazın tasarım ve işletme ayrıntılarına makalede yer verilmiştir. Geliştirilen mDoppler cihazı; anne karnındaki bebeğin ev ortamında verilerinin toplanmasını ve bu verileri mobil ortamdan hastane veri tabanına aktarması sebebiyle; tıbbi tedavi, karar verme ve önerme sunma süreçlerinde, doktorlara uzaktan bağlantı ile dolaylı olarak yardımcı olmaktadır.

## 1. Giriş

Anne adaylarının hamilelik takip sürecinde, ilk poliklinik muayenesine gelen bir anne adayının, hamilelik testi sonucu pozitif çıkması ile beraber, kayıtlı hekimi tarafından planlı hamilelik takip sürecini başlatılır. Konulan gebelik tanısı ile güvenli gebelik takip süreci için, bazı standart takip verilerinin belirlenmesi ve toplanması gereklidir. Gebelik sürecini, sağlıklı takip edebilmek için, bazı standart tıbbi takip süreçleri mevcut olup, sürecin gidişatını anlamak için gerekli olan gebelik verilerini toplamayı sağlar.

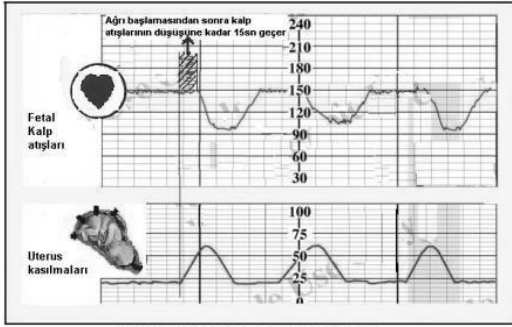
Bunlardan bir tanesi Nonstres Test'i (NST) olup; anne karnındaki fetüsün kalp atışlarının seyrini ve bu atışların, fetüsün hareketleriyle olan ilişkisini yorumlamak, böylece, bebeğin oksijensiz kalma olasılığının ortaya koyan bir testtir. Bu nedenle,

Nonstres Test, doğumdan önce her zaman yapılan bir testtir. Bu amaçla kullanılan cihaza, NST veya Kardiyotokografi, cihazı adı verilir. Bu cihaza bağlı iki adet prob başlığı olup, ikisi de anne adayının karnına yerleştirilir. Bu iki prob'dan biri bebeğin kalp atışlarını (FKH) ölçerken, diğeri de anne rahmindeki kasılmaları (UC) algılar.

Günümüzde, NST, anne karnındaki sıkıntılı gelişme olasılığı mevcut veya yüksek olan fetüslerin değerlendirilmesinde birinci basamak test olarak uygulanır. Amaç, anne karnındaki fetüsün sıkıntılı olmasından şüphelenilen (bebek hareketlerinin azalması gibi) her durumda NST mümkündür. Bazı doktorlar sadece riskli durumlarda NST uygularken, bazı doktorlar belli bir gebelik haftasından itibaren her muayenede rutin olarak NST incelemesi yapmayı tercih edebilir [1].

Temel olarak NST ölçümü yapan tüm cihazlar, ultrason sinyalleri kullanır ve anne karnındaki mevcut kalp hareketlerini algılar, böylece, bu hareketleri duyulabilir bir kalp sesine çevirmeyi mümkün kılmaktadır.

Ultrason sinyalleri ile çalışan bu medikal cihaz, anne karnından algılanan ses sinyallerini, bir mikro işlemci ile hesaplanarak anlık fetüs kalp hızını (FKH) hesaplayabilmektedir. FKH verisi, NST cihazına bağlı olan ilk prob başlığından elde edilen sinyaller sonucunda elde edilir. Cihaza bağlı olan ikinci prob ise bir kuvvet (yük) sensörü olup, anne karnındaki mevcut kasılma olup olmadığını algılamakta ve ölçülen kasılma değerini monitörize etmek için kullanılmaktadır. Elde edilen ölçüm sonuçları cihazda bulunan dâhili yazıcı ile çıktıya dönüştürülmekte ve doktor tarafından anlık gebelik sürecinin seyrinin yorumlanması sağlanmaktadır. Elde edilen bu çıktıya NST trasesi denir. Örnek bir NST trasesi Şekil 1'de sunulmuştur. Bu trase üzerinde görülen ilk sinyal FKH değerini vermiş olup, ikinci sinyal uterusun kasılmalarını (UC) göstermektedir. Bu çıktı sayesinde, kayıtlı doktor tarafından o an ki fetüsün sağlık durumu hakkında bilgi çıkarımı sağlanabilmektedir.



Şekil 1. Örnek bir NST trasesi [2]

Ultrason (Yansıyanım), insan kulağının işitemeyeceği kadar yüksek frekanslı ses dalgalarına verilen addır ve bu sinyaller 20.000 Hertz üzerinde olup; 2-15 MHz frekans aralığına sahiptir. Ultrasonik frekanslarda belli bir ortamdaki ses hızı sabit olduğu için;

$$\text{Hız} = \text{Frekans} \times \text{Dalga Boyu} \quad (1)$$

denklemine (1) göre frekans artınca, sesin dalga boyu kısalmaktadır. Aradaki ilişki ters orantılı olduğu için, sert dokuda ses frekansı 888 MHz'den 3 MHz'e çıkınca, dalga boyu da 0,5 mm'den 1 mm'ye çıkar. Ses şiddeti Watt/cm<sup>2</sup> birimi ile ölçülür. Pratikte ses şiddeti Bel ile ölçülür (1 B = 10 dB) [3].

Teknolojinin gelişmesi ile birlikte, elektronik uygulamalar için, yalnızca hastanelerde kullanılabilen medikal cihazlar artık evde kullanılabilir boyutlara indirgenebilir hale gelmiştir. Gebelik takibi için kullanılan mevcut NST cihazları, hastane ortamında taşınmaz boyutlarda iken, teknolojinin gelişmesiyle, artık ev ortamında kullanılabilen boyutlara indirgenmiştir. Bunlardan bazıları; Angel Sound<sup>1</sup>, Angel Talk<sup>2</sup>, VRN<sup>3</sup>, Unborn Heart<sup>4</sup> gibi ev tipi medikal cihazlar olup, bazı üretici firmalar sayesinde, evde kullanım için modellenmiş, geliştirilmiş ve satışa sunmuştur. Bu cihazlardaki temel amaç, annelerin bebek kalp seslerini hastane ortamına gitmeden duymalarını sağlamaktır. Bu amaçla geliştirildiğinden, bu tür cihazlar, henüz hastanelerde kullanılan NST cihazlarının yaptığı NST ölçümlerini yapamamaktadırlar. Şekil 2'de piyasada kolaylıkla bulunabilen farklı firmalara ait ev tipi Fetal Doppler cihazlarından bazıları görülmektedir. Bu cihazlar, sadece ev ortamında FKH değerini bir kulaklık vasıtasıyla duymayı sağlayan tiplerdir.



Şekil 2. Farklı üreticilere ait fetal doppler cihazları [1],[2],[3]

Yukarıdaki modellere ilaveten; ebeveynler, ev ortamında bebeklerinin kalp seslerini, mobil cihazları aracılığıyla daha rahat duymak için mobile entegre edilmiş fetal doppler cihaz türlerini tercih etmeye başlamışlardır. Bunlardan biri, Unborn Heart firmasının geliştirmiş olduğu, Unborn Heart Mobil Doppler cihazıdır. Bu cihazın bir prob başlığı olup, anne karnına yerleştirildiğinde, anne karnından gelen fetüs kalp sesini, bir mobil uygulama ile o cihazın kulaklık girişinden alıp, aynı zamanda anlık olarak dakikadaki FKH değerini hesaplayıp, akıllı telefon ekranında aktarabilen bir mobil sağlık hizmetidir. Bu proje, aynı zamanda anlık okunan bu FKH değerlerini kaydedip, geçmiş ölçüm kayıtları olarak sistem veri tabanında tutar ve böylece istenilen her anda verilere ulaşılmasını sağlayabilmektedir. Şekil 3'te Unborn Heart firmasına ait Unborn Heart Mobil Doppler cihazı ve mobil uygulamasına ait görsel görüntülenmiştir.



Şekil 3. Unborn Heart firması Fetal Doppler cihazı [4]

Bu çalışmada, tüm anne adaylarının sağlıklı/riskli hamilelik dönemlerinde kullanabileceği ve özellikle farklı sebeplerle FKH değerinin kontrol altında tutulması gereken hamile hastaların kullanımına yönelik bir self test mobil Doppler cihazı ve takip sistemi geliştirilmiştir. mobil Doppler cihazı ve cihaza entegre yazılım temel bileşenleri oluştururken bir kit şeklinde tasarlanmış; kit içeriğinde kulaklık, ara bağlantı kablosu, pil, jel ve kullanım kılavuzu düşünülmüştür.

Bu çalışma kapsamında, hamile bireyler tarafından istenildiğinde, ev ortamında, kendi mobil cihazları üzerinden bağlanabileceği bir Mobile Entegre Fetal Doppler (mDoppler) cihazı geliştirilmiş; böylece, fetüsün FKH değeri ve fetüsün anlık durumu hakkında genel bilgileri kendi mobil cihaz üzerinde anlık görüntülenmesi ve kayıtlı uzman doktoruyla anlık paylaşabilmesi sağlanmıştır. Aynı zamanda, mDoppler cihaz devresi üzerine kuvvet (yük) sensörü (toco probu)

<sup>1</sup> www.angelsounds.de

<sup>2</sup> www.angeltalk.co.za

<sup>3</sup> www.veronsaglik.com

<sup>4</sup> www.unbornheart.com

eklenerek anne karnındaki kasılma değerleri ölçümü sağlanmış ve bu değerlerin mobil sisteme aktarımını ve yorumlanması ilk defa bu çalışmada düşünülmüştür. Ülkemizde anne adayından verileri toparlayabilmek; özellikle engelli, travma geçirmiş, riskli ve düşük tehlikesi ile hareket sınırlaması verilmiş hamile hastalar ya da hastanelere çok uzak bölgelerde yaşayanlar için oldukça zor olmaktadır. Bu çalışma ile hastaların kolaylıkla ev ortamında, kendi kendilerine FKH ölçümü yapabilmeleri hedeflenmiştir. Böylece, anlık FKH değerlerinin ölçülmesi ile anlık durum tespiti (olası sorunlar, stabil gidişat vb.) yapay zeka tabanlı bir mobil uygulama sayesinde belirlenebilmektedir. Böylece, fetüs hakkındaki anlık veri aktarımı; hasta ailesi, acil personel veya kayıtlı doktoru arasında yapılabilmesi mümkün olmaktadır.

**Tablo 1.** Geliştirilen prototip ile muadilleri arasındaki farklar

	Mevcut diğer mobil ürünler <sup>1,2,3,4</sup>	Geliştirilen mobil prototip
Android ve IOS üzerinde çalışması	+/- (kimilerinde)	+
Akademik Yayınlar	-	+
Gelen Verilerin Yorumlanması Algoritmaları	-	+
Bulut veya VT tutulması	+/- (kimilerinde)	+
Kayıtlı Doktor ile Online Konsültasyon Desteği	-	+
Uzaktan Hasta Ölçümlerini Kayıtlı Doktor Tarafından Offline Yorumlaması	-	+
Kablosuz Bluetooth 4.0 Veri Transferi	-	+
Alarm Mekanizması ve Ambulans Hizmetleri	-	+
Kablolu Veri Transferi	+	-
Bebeğin anlık FKH değerinin mobil üzerinde ebeveynlere dinletilmesi ve görüntülenmesi	+	+
Bebeğin anlık UC değerinin (Uterus Kasılma) mobil üzerinde ebeveynlere görüntülenmesi	-	+
Gelen FKH ve UC (Uterus Kasılma) değerlerinin Dawes-Redman algoritmasına göre yorumlanması	-	+

## 2. mDoppler Takip Sistemi

mDoppler, anne karnındaki bebeğin kalp ritmini ve annenin uterus kasılmalarını algılayarak akıllı telefona gönderilmesini sağlamaktadır. Sistem ultrasonik sensör ile kalp ritmini, kuvvet (yük) sensörü ile kasılmaları algılayacak bir cihazdan ve bu cihazdan gelen verileri alıp değerlendiren bir mobil uygulamadan oluşmaktadır. Akıllı telefona kablosuz veri aktarımı bluetooth modülü ile gerçekleştirilmektedir. Akıllı telefona alınan veriler, geliştirilen mobil uygulama ile değerlendirilerek bir NST çıktısı oluşturulmakta ve hekime gönderilmektedir.

<sup>1</sup> www.angelsounds.de

<sup>2</sup> www.angeltalk.co.za

<sup>3</sup> www.veronsaglik.com

<sup>4</sup> www.unbornheart.com

Böylece annenin hamilelik sürecinde belirli periyotlar ile uygulaması gerektiği ölçümlerin herhangi bir sağlık kuruluşuna gitmeden rutin olarak uygulamasını sağlamaktadır.

mDoppler cihazını benzerlerinden farkları ve mevcut yapısı;

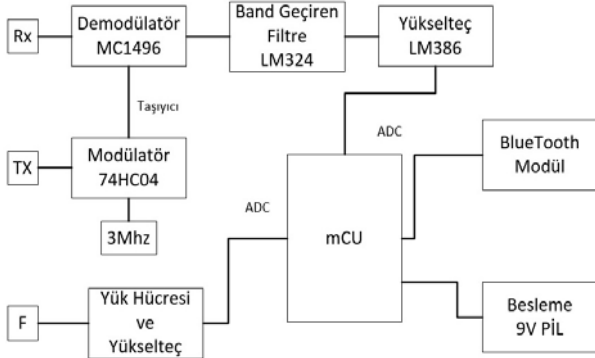
- 1) Toco Prob başlığının ilave edilmesidir. Toco prob'un ilavesinin faydası: doktorların, hem FKH hem de kasılma değerini aynı anda bir NST trase görüntüsü şeklinde, kendi mobil cihaz ekranının üzerinde görebilmesine olanak sağlar, böylece uzaktan konsültasyon yapabilmeyi mümkün kılmaktadır. Anlık FKH ve anlık Kasılma değerlerinin ikisinin de sistem üzerinde görüntülenmesi, bebeğin o an için sıkıntıda olup olmadığını anlamamızı sağlamaktadır. Kısacası, çalışma kapsamında yapılan, toco probu eklentisi sayesinde, anne karnındaki anlık kasılma değeri ölçülebilmektedir. Bu kasılma değerinin ölçülmesi sayesinde, ev tipi fetal doppler cihazlarında anlık görüntülenen FKH değerini daha anlamlı hale getirilmiştir. Bu eklenti sayesinde, mevcut muadil ürünlerden farklı olarak; fetüs'den elde edilen anlık FKH değerleri ve kalp sesini sadece annelerin görmesi, duyması ve endişelerinin azaltılması sağlanmış, aynı zamanda sisteme kayıtlı doktorunun da, mobil uygulama üzerinden anlık FKH ve Kasılma verilerini bir NST ara yüzü şeklinde görebilmesi düşünülmüştür.
- 2) Ölçülen FKH ve UC değerlerinin Dawes-Redman algoritmasına [4-7] göre hesaplanıp, fetüsün anlık durumu için anlam ifade eden bazı değerlerin hesaplanması ve doktora karar esnasında yardımcı olması (örneğin; toplam bazal kalp hızı, baseline değişkenlik değeri, acceleration, deceleration vb. değerler) mümkün olmuştur.
- 3) NST ölçümünün aynısının ev ortamında yapılabilmesi için geliştirilen mDoppler cihazına bir mikroişlemci, kuvvet (yük) sensörü ve diğer mobil cihazlarla kablosuz bağlantı yapılabilmesi için Bluetooth modülü eklenmiştir.

Geliştirilen prototip çıktı, henüz nihai bir ürün haline getirilmemiş ve ürünleştirme çalışmalarına devam edilmektedir. Benzer ürünler kablolu kullanım ve sadece FKH/dk değerini görüntülemek için vardır. UC değerlerini görüntüleyememekte ve böylece olası sıkıntılı durumu anlayamamaktadır. Kısaca, arka planda doktorla konsültasyon desteği veren veya FKH ve UC değerlerine göre bebekteki alarm durumunu algılamaya yönelik bir algoritmaya dayalı üretilmiş bir versiyonu henüz yoktur.

## 3. Mikro İşlemci Programı Akış Diyagramları

Önceki bölümde bahsi geçen, Unborn Heart, Angel Talk ve Angel Sound gibi cihazlarının elektronik donanımlarına bakıldığında bu cihazların ultrasonik sensörlerinin çalışma frekansları 1,5 MHz ile 3 MHz arasında olduğu görülmüştür.

Cihazlarda **modülör, demodülör, band geçiren filtre** ve kalp sesinin duyulabilir seviyeye çıkarabilmek için bir **yükselteç devresi** bulunmaktadır. Bu çalışma kapsamında, tasarlanmış olduğumuz mDoppler cihazı da temel olarak benzerleri gibi **modülör, demodülör, band geçiren filtre** ve **yükselteçten** oluşmaktadır. Şekil 4'te sistemin blok şeması görülmektedir.



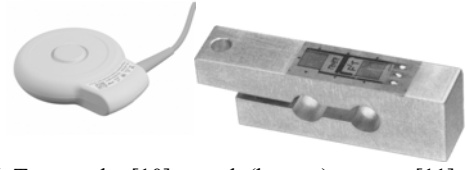
Şekil 4. mDoppler cihazının blok şeması

FKH algılama modülü anne karnındaki bebeğin kalp sesini algılamak için kullanılmaktadır. Modül, Tx ve Rx ultrasonik sensörlerden ve bu sensörleri kontrol eden modülör ve demodülör devresinden oluşmaktadır. Ultrasonik sensörün çalışma frekansı 3 MHz olarak uygulanır. Algılanan kalp sesi sinyali gürültülerden temizlenebilmesi için band geçiren bir filtreden geçirilir. Temizlenmiş kalp sesi mikro işlemci için oldukça küçük bir elektrik sinyalidir. Bu sinyalin mikro işlemci tarafından algılanabilecek bir seviyeye yükseltebilmek için yükselteç devresinden geçirilerek duyulabilecek bir kalp sesi seviyesine yükseltilmiş olur. Şekil 5'te devremizde kullanılan ultrasonik sensörler görülmektedir.



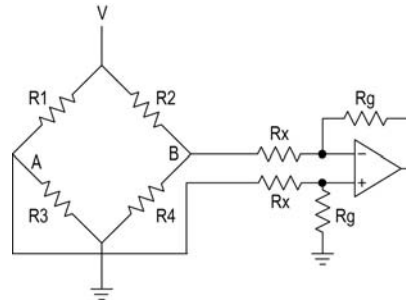
Şekil 5. Ultrasonik sensörler [9]

Daha öncede bahsettiğimiz gibi, NST ölçümünde FKH ile birlikte ölçülen diğer bir parametre uterus kasılmasıdır. Kasılmalar, FKH değerinde değişiklik olmasını sağladığı gibi doğum başlangıcı ile ilgili bilgiyi de içermektedir. Uterusun kasılması anne bireyin kasık bölgesine yerleştirilen bir prob başlık yardımıyla algılanmaktadır. Bu prob başlık, Toco probu olarak bilinir ve uterusun kasılmalarını algılaması için bir yük (kuvvet) sensörü içermektedir. Şekil 6'da uterus kasılma değerinin ölçülmesi için kullanılan yük (kuvvet) sensörü görülmektedir.



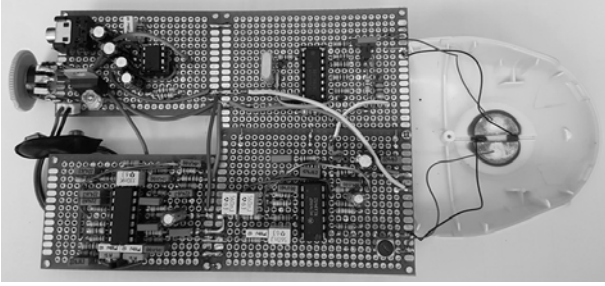
Şekil 6. Toco probu [10] ve yük (kuvvet) sensörü [11]

Yük sensörü, Whetstone köprüsüne bağlanmıştır. Yük sensörü üzerinde olan kuvvet değişiklikleri direnç değişimine ve bu köprü bağlantısı ile de çok düşük değerlerde gerilim değişimine dönüşmektedir. LM471 entegresi ile küçük gerilim değişiklikleri yükseltilerek mikroişlemcinin ADC (Analog to Digital Converter) bacağına bağlanmıştır. Mikroişlemcinin ADC çevrimi 10 bit ayarlanarak uterus kasılmasının şiddeti algılanmakta ve 0 ila 100 değeri arasında sayısal bir sonuç döndürmesi sağlanmaktadır. Şekil 7'de Whetstone köprüsünün ve yükseltecin uygulama devresi görülmektedir.



Şekil 7. Whetstone köprüsü ve yükselteç uygulama devresi [12]

Ölçüm yapılabilmesi için gerekli olan bütün süreçler mikroişlemci tarafından kontrol edilmektedir. Mikroişlemci ultrasonik alıcı sensörden gelen sinyali ADC ile işleyerek gerçek kalp sesini algılar ve dakikadaki FKH değerine (Beat Per Minute— bpm) hesaplayarak çevirir. Devre, 40-220 bpm arasında ölçüm yapabilmektedir. Mikroişlemci içerisinde, ultrasonik alıcı sensörden gelen analog sinyal, işlemciye gömülü bir algoritma yardımıyla, peş peşe 200 ölçüm kaydeder. Kaydedilen bu sinyaller, algoritma içerisinde filtre edilerek, kalp sesinin tepe değerine, yani vuru değerine, ulaşmış ulaşmadığı kontrol edilir. Vuru değerine ulaştığı tespit edilen sinyal işaretlenerek, sinyal almaya devam edilir. Aynı prensip ile ikinci ve üçüncü vurular tespit edilir. Vurular arasındaki zamanlar hesaplanarak ortalama periyot süresi hesaplanır. Periyot süresi dakikadaki tekrarı ile FKH değeri hesaplanır. Mikroişlemci kasılma sensöründen gelen sinyalleri baseline çizgisine göre karşılaştırarak analiz eder ve sayısal değere çevirir. Prototip mDoppler cihazının, Android işletim sistemine sahip akıllı telefonlara veri gönderebilmesi için bluetooth modülü kullanılmıştır. Veri paketleri FKH ve UC değerlerini içermekte ve saniyede dört veri paketi okunmaktadır. Şekil 8'de mDoppler cihazının FKH modülünün prototipi görülmektedir.



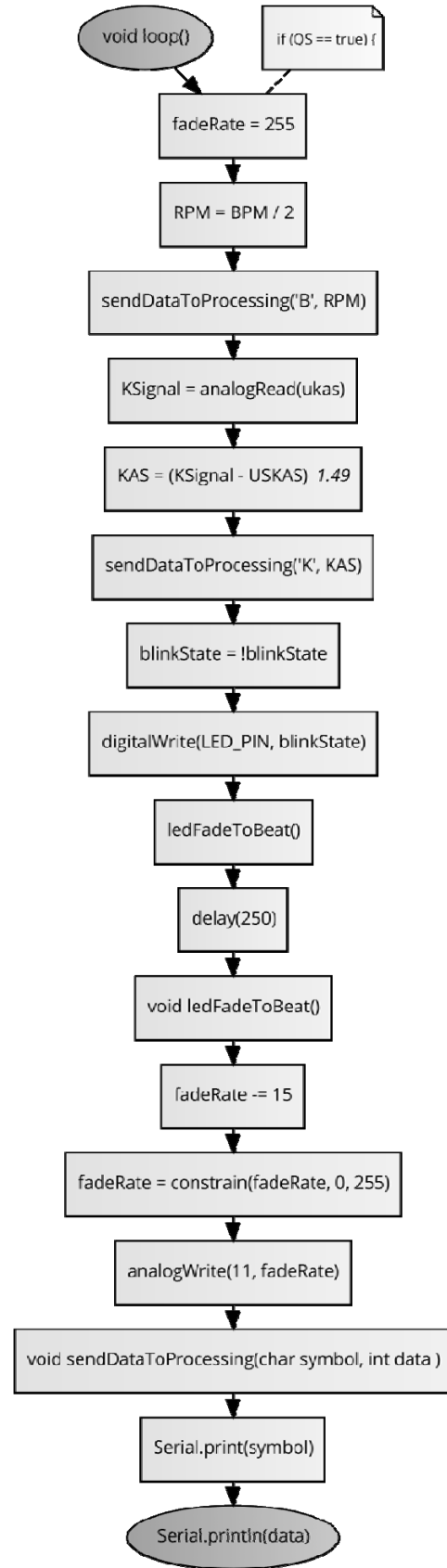
Şekil 8. mDoppler cihazı prototipi

### 3.1. Ana Program Akış Diyagramı

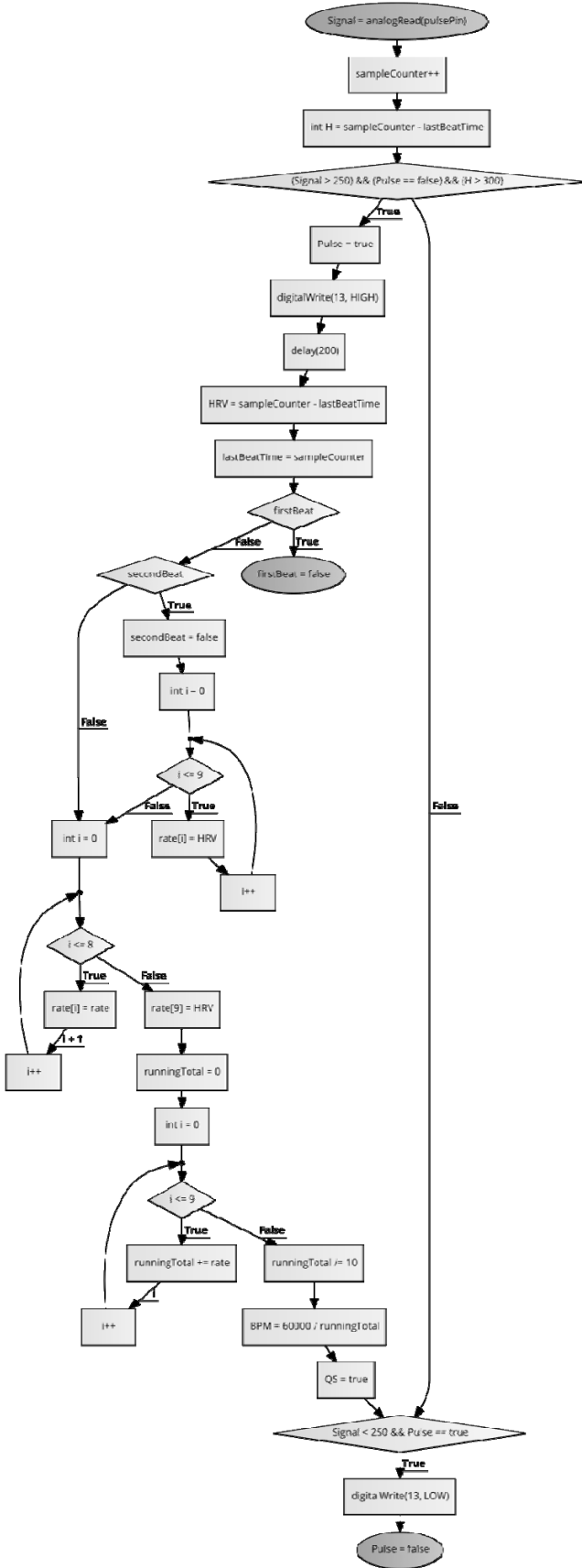
Ana program, hesaplanmış FKH ortalamasını ve uterus kasılmasının anlık hesaplanmış değerini, saniyede dört kez, veri paketleri halinde mobil uygulamaya gönderecek şekilde sonsuz bir döngü içerisinde çalışmaktadır. Ana program, ultrasonik sensörden bir sinyal algılandıkça kadar çalışmaya devam etmektedir. Şekil 9'da ana program algoritması görülmektedir.

### 3.2. Kesme Program Akış Diyagramı

Mikroişlemci, herhangi bir kalp sinyali algıladığı anda kesme programı çalışmaya başlamaktadır. Algılanan sinyal bir algoritma içerisinde analiz edilir. Sinyaller içerisinde uygun olan veriler ile FKH hesaplanmaktadır. Hesaplama sırasında sinyalin genliği ve iki sinyal arasındaki süre dikkate alınır. FKH anlamlı on sinyalin ortalaması alınarak hesaplanır. Kesme programı işlemi sona erdiği anda ana program çalışmaya devam etmektedir. Şekil 10'da Kesme Programı algoritması görülmektedir.



Şekil 9. Ana program akış diyagramı



Şekil 10. Kesme program akış diyagramı.

#### 4. Mobil Yazılımında Kullanılan Araçlar

Sitemin mobil yazılımı, Android uygulaması olarak geliştirilmiştir. Android uygulaması, native bir

uygulama olduğundan, Java programlama dili kullanılmıştır. Ayrıca, C#.NET dili, Database ile olan bağlantısını sağlayan web servisler için kullanılmıştır. Sistem, ORACLE veri tabanı ile desteklenmiştir. PL-SQL dili ile mevcut ORACLE veri tabanı üzerine prosedür, fonksiyon, trigger yazılmıştır. Ayrıca, Android Studio ve Android NDK geliştirme ortamı ile geliştirilen mobil uygulama üzerinden toplanan anlık FKH ve Toco basınç değerlerinin, CTGViewerLite, libRASCH, Weka araçları ile yorumlanması sağlanmıştır. Tüm yapılan literatür çalışmaları sonucunda, gelen sinyalin yorumlanarak, anlık FKH ve UC değerlerinin hesaplamalarını yapmak için, kullanılan “Dawes-Redman” algoritmasıdır [4-5]. Bunun sebebi hastanelerde sıkça kullanılan “SisPorto 2.0” programının [6] bu algoritmayı kullanıyor olmasıdır. Ayrıca, Chalmers Teknoloji Üniversitesi’nden Yüksek Lisans öğrencisi Susanne Andersson’ın “Acceleration and Deceleration Detection and Baseline Estimation” isimli tezinde Dawes-Redman Algoritmasından yararlanması ilham verici olmuştur [7].

#### 4.1. Sistemin Mobil Uygulaması

Hastaların sisteme tanımlanması cihazın UUID’si tarafından olacaktır. Her bir cihaz bir anneye tanımlanması gerektiği için, o cihazın UUID’sine göre web servis aracılığıyla hastanenin veri tabanı ile etkileşime geçilecektir. Giriş ekranında üç buton yerleştirilmiştir. Daha basit olması için tek bir butona basıp cihaza bağlanabileceği gibi, yine tek bir buton ile geçmiş veriler listelenebilecektir (Şekil 11a). Şekil 11b, ekranında mDoppler cihazından gelen FHR ve UC olmak üzere iki adet veri anlık olarak izlenebilmektedir. Anne isteğe bağlı olarak sadece izleme yapmakla birlikte gelen verileri kaydedebilmektedir [8].



Şekil 11. Mobil uygulama ana ve ölçüm ekranı [8].



Şekil 12. FKH ve UC değerlerinin gösterilmesi ekranı [8]

Şekil 12a, ekranı “Real Time” ekranı olup; ölçülen FKH ve UC verilerinin değerlerini göstermektedir. Hastane ortamında çekilen NST trase çıktı yapısının aynı olmasına dikkat edilmiştir. Grafik üzerinde istenen nokta yaklaşıtırlıp uzaklaştırılarak veriler daha detaylı incelenebilmektedir. Sol üstteki “Gönder” butonuna basıldığında görüntülenen bu veriler, annenin kayıtlı olduğu doktora gönderilmektedir.

Şekil 12b, ekranında geçmiş haftalara ait kayıtların listesi bulunmaktadır. Listelenen veriler iki tipte bulunmaktadır. İlki doktora gönderilmiş ve henüz cevaplanmamış olanlar, diğeri ise doktora gönderilmiş ve doktor tarafından cevaplanmış uzaktan konsültasyona ait doktor yorumlarını içermektedir [8].

## 5. Sonuçlar

Bu çalışmada, hamilelik süresinde anne karnındaki bebeğin, özellikle riskli gebeliklerde anne sağlığını etkilemeden, rutin olarak uygulanması gereken, NST ölçümünün, ev ortamında yapılabilmesini sağlayan, *Fetal Kalp Hızı Monitörizasyon Sistemi için Mobile Entegre Doppler Cihazı Geliştirilmesi (mDoppler)* planlanmış ve uygulanmıştır. Aynı zamanda, gebelik süresince yapılan NST ölçümlerinin kayıt altına alınması ve doktor tarafından yorumlanması mümkün hale gelmiştir. Tasarlanan donanım ile yapılan denemelerde, bebek kalp sesinin eş zamanlı alınabildiği tespit edilmiştir. Mikroişlemci yazılımında, kullanılan algoritmada yapılacak iyileştirmeler ile hesaplanan kalp hızı değeri hata payının uluslararası standartlarda kabul edilen  $\pm 2$  vuru/dakika toleransı içerisinde hesaplanabileceği tespit edilmiştir. Tasarlanan donanım riskli gebeliklerde sürekli gözlem gerektiren durumlarda ve periyodik olarak yapılan NST ölçümlerinde evde kullanılabilmesi açısından kullanıcıya kolaylık sağlayacaktır. Ayrıca sağlık profesyonelinin yapılan ölçümlerden elde ettiği verileri sürekli takip ederek gebeliğin süreci hakkında anlık yorumlar yapabilmekte

ve erken teşhis ile önlenmesi güç durumların önüne geçebilecektir.

Sistem gelecekte verilerin Semantik Web tabanlı çalışan bir sisteme alınması ile annenin ve bebeğin sürekli takibinin sağlanması, önceki ölçümler ile karşılaştırılarak sürecin takip edilmesi ve veri tabanında bulunan ontolojiler ile karşılaştırarak gebeliğin seyri hakkında çıkarımlarda bulunması planlanmaktadır. Sistem acil bir durum ile ilgili çıkarımda bulunduğu anda alarm oluşturarak ilgili sağlık personelinin bilgilendirecektir.

## Teşekkür

Bu proje SAN-TEZ<sup>1</sup> destek programı kapsamında 0763.STZ.2014 proje kodu ile Semantica Internet ve Yazılım Hizmetleri Tic. Ltd. Şti<sup>2</sup> ve Acıbadem Sağlık Grubu<sup>3</sup> tarafından ortaklaşa tamamlanmış olan bir projedir.

## KAYNAKLAR

- [1] Dr. Kağan Kocatepe, NST: Nonstres test, 2013, <http://gebelik.org/dosyalar/iyilikhali/nst.html>, Son Ziyaret: Nisan 2017.
- [2] Çocuk Gelişimi, Nst Nedir, 24 January 2013 <http://www.kadıncaforum.net/arsiv-baslik21516.0.html>, Son Ziyaret: Nisan 2017.
- [3] Ultrason, <https://tr.wikipedia.org/wiki/Ultrason>, Son Ziyaret: Nisan 2017.
- [4] G.S. Dawes, G.H. Visser, J.D. Goodman, and C.W. Redman, “Numerical analysis of the human fetal heart rate: the quality of ultrasound records”, American journal of obstetrics and gynecology, vol. 141 (1), pp.43-52, Sep 1981.
- [5] G.S. Dawes, C.W. Redman, “Improvements in the registration and analysis of fetal heart rate records at the bedside”, British journal of obstetrics and gynaecology, vol. 92, pp. 317-325, Apr 1985.
- [6] Campos D.A. et al., “SisPorto 2.0 A Program for Automated Analysis of Cardiotocograms”, J Matern Fetal Med, vol. 5, pp.311-318, 2000.
- [7] L.N. Erika, “An algorithm based on the Dawes/Redman criteria for automated fetal heart rate analysis”, Master of Science Thesis, Chalmers University Of Technology, Department of Signals and Systems, Gothenburg, Sweden, 2011, Report No. EX018/2011, <http://publications.lib.chalmers.se/reports/fulltext/148214.pdf>.
- [8] D.Ç. Ertuğrul, H. Kanmaz, M.U. Yüksel, A. Elçi, M. Ertuğrul, “Fetal Heart Rate Monitoring System (FHRMS)”, 2016 IEEE 40th Annual Computer Software and Applications Conference, DOI 10.1109/COMPSAC.2016.116, Sayfa 65-70, 2016.

<sup>1</sup> <https://biltek.sanayi.gov.tr/sayfalar/santez.aspx>

<sup>2</sup> <http://www.semantica.com.tr/tr>

<sup>3</sup> <http://www.acibademinternational.com/>

- [9] <http://www.globalsources.com/si/AS/Annon-Piezo/6008825664207/pdtl/Piezoelectric-Ceramic/1008610194.htm>, Son Ziyaret: Nisan 2017.
- [10] <http://www.desamed.com.tr/Philips-Avalon-FM20-Fetal-Monitor-Nst-Uc-Toco-Agri-Probu-M2734A-M2735A,PR-14.html>, Son Ziyaret: Nisan 2017.
- [11] [http://www.process-controls.com/intertechnology/Revere\\_Transducers/Revere\\_Model\\_FT40.html](http://www.process-controls.com/intertechnology/Revere_Transducers/Revere_Model_FT40.html), Son Ziyaret: Nisan 2017.
- [12] A. B. Narayanan, Linearization of a Wheatstone Bridge, <http://electronics360.globalspec.com/article/5424/design-notebook-linearization-of-a-wheatstone-bridge>, Son Ziyaret: Nisan 2017.