

# Parmak ve Yüzden Hassas Nabız Ölçümü İçin Yeni bir Yöntem ve bir Mobil Sistem

## A Novel Method and Mobile System for Accurate Heart Rate Measurement from Finger and Face

Emre Gonultas<sup>1</sup>, Oguz Demirbasçi<sup>2</sup>, Engin Mendi<sup>3</sup>

<sup>1</sup>University of Texas at Austin, Austin TX, USA

emre.gonultas@utexas.edu

<sup>2</sup>Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, KTO Karatay Üniversitesi, Konya, Türkiye

<sup>2</sup>oguz.demirbasçi@ogrenci.karatay.edu.tr <sup>3</sup>engin.mendi@karatay.edu.tr

**Özetçe** —Nabız kalbin ritmi hakkında bilgi veren, bazı kalp hastalıklarına tanı koymada yardımcı olabilen önemli bir yaşamsal göstergedir. Genel olarak el ile ölçülebildiği gibi, nabız otomatik olarak da ölçen bazı tıbbi cihazlar bulunmaktadır. Nabızın hızlı ve tutarlı bir biçimde ölçülebilmesi, kalp krizlerini ve nabza bağlı bazı hastalıkların erken teşhisinde önemli rol oynayabilir. Bu çalışmada, nabız ölçümünü hızlı ve pratik bir şekilde gerçekleştiren mobil tabanlı etkin bir sistem geliştirilmiştir. Parmak veya yüzden alınan görüntülerde, atardamarlara kan pompalanması sırasında gözle fark edilemeyen ancak kameranın algılayabildiği RGB renk değişimleri işlenerek, her görüntüdeki renk değişim hızı nabızla ilişkilendirilmiştir. Yapılan testler sonucunda, hesaplanan nabız değerlerinin oldukça yüksek tutarlılıkta olduğu görülmüştür. Geliştirilen sistem, kalp krizi ve kalbe bağlı olarak ortaya çıkan hastalıkların erken teşhisi veya tedavisinin izlenmesi için kullanılabilir. Bu sayede, nabızın insan sağlığına olan etkisinde kişilerin nabız bilgisine mobil uygulama ile kolaylıkla ulaşabilmesi aktif ve yaygın hale getirilebilecektir.

**Anahtar Kelimeler**—Nabız ölçümü, m-sağlık, renk işleme.

**Abstract**—Heart rate is an important vital indicator which provides information about the rhythm of the heart and helps in diagnosing several heart diseases. As it can be usually determined manually, there are also some medical devices that automatically measure heart rate. Measuring heart rate quickly and consistently may play important role in the early detection of heart attack and various heart rate related disorders. In this work, a mobile based system that performs quick and practical heart rate measurement. Processing RGB color changes in the image frames recorded from finger or face, which cannot be distinguished by eye but detected by camera when heart pumps blood through the arteries; the rate of color change is correlated with the heart rate. Experiments give very satisfactory heart rate computation accuracy. Proposed system can be used for early diagnosis or treatment monitoring of heart attack and heart related diseases. This may allow dissemination of easy access of heart rate information via mobile tool on the impact of heart rate on human health.

**Keywords**—Heart pulse measurement, m-health, color processing.

### I. GİRİŞ

Nabız, damarların duvarlarında oluşan ritmik yoğunluk değişimidir. Orta yaşlardaki bir insanın nabızı 50-65 bpm (kalp atış sayısı/dakika) arasında iken, çocuklarda 90 ve yeni doğan bebeklerde ise 140 bpm olabilmektedir. Nabız ölçümüyle kalbin sağlıklı olup olmadığı veya insanın ateşi olup olmadığını ve daha birçok hastalık anlaşılabilmektedir. Nabızdaki 10 birimlik artış, vücut sıcaklığını 1 derece artırmaktadır [1]. Nabızı belirleyen pek çok faktör vardır. Bunlardan bazıları; vücut ağırlığı, kan basıncı ve egzersiz yapma sıklığıdır. Ayrıca ölçüm sırasındaki vücudun pozisyonu da nabızı değiştiren etkenler arasındadır. Yetişkinler aktivitelerine göre 60 ila 100 arasında nabza sahip olabilirler.

30000'den fazla denekle yapılan bir araştırmada metabolik hastalıkların nabızla ilgili olduğunu ortaya konmuştur [2]. Nabızı 85-100 bpm arasında olan insanların metabolik hastalıklara yakalanma riskleri nabızı 60-75 bpm olan insanlarınkinden göre iki kat daha fazladır.

Benzer bir çalışmada 30000 deneğin nabızları 1984-1986 ve 1995-1997'de olmak üzere 10 yıl aralıklarla iki kez ölçülmüştür [3]. İlk okumada nabızı 70-85 bpm arasında olan ve ikinci okumada 85bpm'nin üzerinde olan insanların kalp ile alakalı hastalıktan ölme risklerinin %80 arttığı gözlenmiştir.

Bunun yanında nabız veri olarak kullanılarak stres tahmini yapılmıştır [4]. Otonom sinir sistemini oluşturan sempatik sinirler nabızı artırırken, parasempatik sinirler nabızı düşürmektedir.

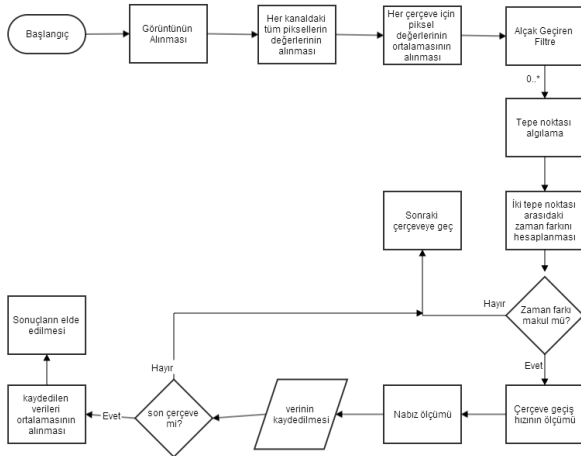
Günümüzde nabız ölçümü için birçok yöntem bulunmaktadır. Bunlardan en çok kullanılanlarından biri kişinin el ile işaret ve orta parmaklarını kullanarak vücut yüzeyindeki atımların bir dakika boyunca sayımıyla ölçüm yapılmasıdır. Bu yöntemin yanında gün geçtikçe yaygınlaşan akıllı bileklikler ve nabız ölçüm cihazları bilekten optik sensörler veya basınç sensörleri kullanılarak nabız ölçümü gerçekleştirilmektedir. Akıllı bileklik ve akıllı telefonlardan nabız ölçümlerinin klinik ölçümle karşılaştırıldığı bir çalışmada, nabız ölçümünde tutarlılık %90'ın üzerinde tutarlılık ve %5,9 ile %20,6 arasında hassasiyet hesaplanmıştır [5]. Bu yöntemden daha tutarlı bir yöntem ise EKG cihazı ile R dalgaları arasındaki geçen sürenin

hesabıyla nabızın ölçülmesidir [6]. Ayrıca, biyoempedans kullanılarak nabız ölçen bir sistem geliştirilmiştir [7]. Sistem belirli aralıklarla vücuda düşük alternatif akım vererek bu aralıklardaki empedans değişimi ile nabız ölçümü yapabilmektedir.

Bu çalışmada yüzden ve parmakdan kaydedilen video dizinlerinden nabız hesabı gerçekleştiren mobil tabanlı bir sistem geliştirilmiştir. Sistem, taşınabilir cihazlar üzerinden harici bir aparata ihtiyaç duymadan hızlı ve pratik bir biçimde nabız ölçümü gerçekleştirmeye imkân vermektedir. Geliştirilen sistem, nabız bilgilerinin sürekli izlenebilmesini sağlamasıyla nabza bağlı bir sağlık probleminin teşhisindeki veya önlenmesindeki yararlılığı yönünden önem taşımaktadır. Çalışmanın sonraki bölümlerinin düzeni şu şekildedir: Sıradaki bölümde sistem tasarımı verilmiş, Bölüm 3’de ise geliştirilen uygulamanın arabirimi tanıtılmıştır. Önerilen yöntemin başarımı Bölüm 4’te değerlendirilmiştir. Beşinci bölümde ise çalışmanın sonuçları verilmiştir.

## II. SİSTEM TASARIMI

Şekil 1, geliştirilen sistemin akış şemasını göstermektedir. Sistem, kalbin kanı pompalamak için kasılması (sistol) ve yeniden kanla dolmak için gevşediği sırada (diastol) kandaki ışık yoğunluğu değişimini dikkate almaktadır. İlk olarak, gerçek zamanlı RGB biçiminde gelen videonun her çerçevesinden kırmızı renk değerleri bulunur. Her piksel için alınan bu renk değerlerinin hesaplanan ortalama değerleriyle zamana göre değişen bir grafik oluşturulmaktadır. Yeni bir tepe noktası algoritmasıyla, oluşturulan grafiğin maksimum noktaları bulunur. Hızlı değişimlerden kaçınmak için alçak geçiren bir filtre kullanılmıştır. Filtrelemeden sonra saniyedeki nabız atış sayısı, iki tepe noktası arasındaki zaman farkının saniyedeki çerçeve sayısı ile çarpımı ile yaklaşık olarak hesaplanmıştır. Son olarak, bu döngü tüm çerçeveler için tekrarlanmaktadır.



Şekil 1: Sistemin akış şeması

Her pikselden alınacak üç farklı renk sinyalinin işlenmesi zaman açısından pahalı olacağından, sadece kan renginde olan kırmızı kanal kullanılmıştır. Her çerçeve için ortalama renk değeri aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

$$\frac{1}{\text{genislik} * \text{yukseklık}} \sum_{i=1}^{\text{genislik}} \sum_{j=1}^{\text{yukseklık}} I(i, j, k) \quad (1)$$

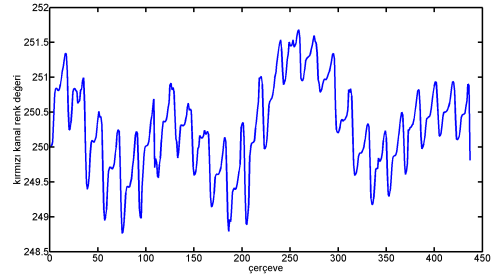
Burada  $I$ , üç boyutlu bir matris olan görüntünün her çerçevesini,  $i$  ve  $j$   $I$  çerçevesinin koordinatlarını,  $k$  ise çerçevenin renk kanalını göstermektedir.

Video çerçevelerinden alınan ortalama kırmızı değerlerindeki ani değişiklikleri sönmölemek için Gauss Alçak Geçiren Filtre kullanılmıştır. Kullanılan filtrenin matematiksel ifadesi:

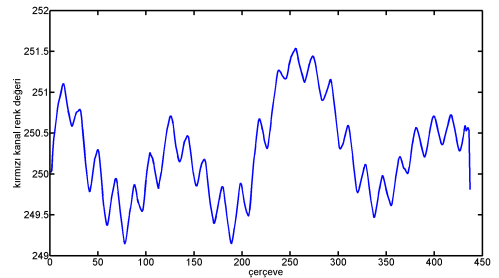
$$G(x) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} \quad (2)$$

şeklinde ifade edilir. Burada  $x$  orijine olan yatay uzaklık,  $y$  orijine olan dikey uzaklık  $\sigma$  ise filtrenin standart sapmasıdır.

Şekil 2 (a) ve Şekil 2 (b), sırasıyla, testler sırasında kırmızı kanaldan alınmış örnek bir işaretin filtrelenmemiş ve filtrelenmiş parçalarını göstermektedir.



(a) Filtre uygulanmamış



(b) Filtre uygulanmış

Şekil 2: Alçak geçiren filtre a) uygulanmamış ve b) uygulanmış işaretler

Filtrelenen işaretlerdeki tepe noktalarını bulmak için yeni bir tepe noktası algılama yöntemi önerilmiştir. Bu yöntem işaretteki tüm değerleri üçerli olarak ele almakta ve bu şekilde her üç değer maksimum değerini aşağıdaki formülle bulmaktadır:

$$f(x_1, x_2, x_3) = \begin{cases} \text{peak}, & x_1 < x_2, x_2 > x_3 \\ \text{not peak}, & \text{else} \end{cases} \quad (3)$$

Bu formüle göre;  $f$ , ortalaması alınan verilerin kaydedildiği değişkendir. Algoritma,  $f$  değişkenindeki verileri  $x_1, x_2, x_3$  olarak üçerli sıralarla taramaktadır. Eğer  $x_2$  değeri  $x_1$ 'den

büyük ve  $x_3$ 'den küçük çıkarsa algoritma  $x_2$  değerini tepe noktası olarak kaydetmektedir. Tepe noktaları algılandıktan sonra, bu noktaların hangi karelerde oldukları kaydedilmiştir.

Yöntem, tüm tepe noktalarını algılamakla beraber, alçak geçiren filtrenin algılayamayacağı bir değişim söz konusu olduğunda işaretteki 40 bpm ve 140 bpm in üzerinde bulunan değerler filtrelenmektedir.

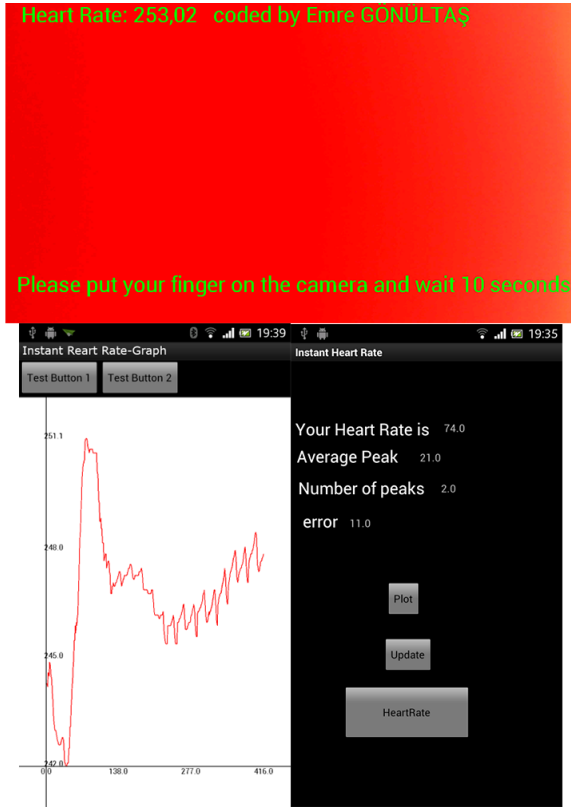
Algılanan tepe noktaları belirlendikten sonra, aşağıdaki formülde verildiği gibi, çerçeve akış hızının iki tepe noktası arasındaki ölçülen kare sayısına bölünmesiyle saniyedeki nabız atışı bulunmuştur. Bu işlem her tepe noktası için tekrarlanarak saniyedeki ortalama nabız atış sayısı elde edilmiş, en sonunda ise bu değer dakikadaki nabız atış sayısına çevrilmiştir.

$$\partial = \frac{60}{n} \sum_{1}^n \frac{f}{c} \quad (4)$$

Burada  $n$  toplam tepe sayısı,  $f$  çerçeve akış hızı (çerçeve/saniye),  $c$  ise iki tepe noktası arasındaki kare sayısıdır.

### III. UYGULAMA

Önerilen sistem Android SDK [8] kullanılarak geliştirilmiştir. Şekil 3, mobil tabanlı sistemin emulátördeki kullanıcı ara birimini göstermektedir.



Şekil 3: Mobil kullanıcı arayüzü

‘HeartRate’ butonuna basıldığında, yazılım on saniye boyunca parmakten veya yüzden görüntü yakalamaktadır. Toplanan bu görüntüler önceki bölümde açıklanan yöntemle

gerçek zamanlı olarak işlenmektedir. On saniye sonunda hesaplanan nabız ekranda kullanıcıya sunulmaktadır. ‘Plot’ butonuna basıldığında ise, alınan görüntünün çerçeveye bağlı olarak renk değerlerindeki değişim profili gösterilmektedir.

### IV. TESTLER

Mobil tabanlı sistem 10 kişi üzerinde ilk önce parmakten kaydedilen video dizinleriyle test edilmiştir. Ölçümler işaret parmağından yapılmış, mobil cihazın arka kamerası kullanılarak flash açık tutulmuştur. Parmak, kamera objektifini tamamen kapattığı için ve flash kapalı olarak alınan verilerde renk değişim aralıkları düşük olduğundan, ışığı artırarak tepe noktalarının daha iyi algılanmasını sağlamak için parmakten kaydedilen görüntüler flash açık olarak yapılmıştır.

Tablo 1’de önerilen yöntemle hesaplanan nabız değerleri, el ile ve Instant Heart Rate [9] programı ile bulunan ölçümler karşılaştırılmıştır. Instant Heart Rate programı el ile ölçümlerle kıyaslandığında % 94.6 doğruluğa sahipken, önerilen yöntemle doğruluk %96.7 olarak bulunmuştur.

Tablo I: Önerilen nabız hesaplama yönteminin el ile bulunan ölçümler ve Instant Heart Rate uygulamasıyla karşılaştırılması

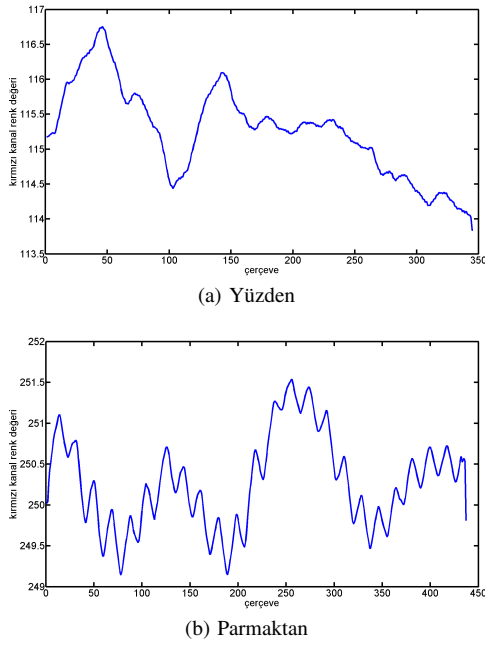
Denek	El ile ölçüm	Instant Heart Rate	Önerilen Sistem
1	100	97	101
2	80	77	78
3	66	70	60
4	72	72	70
5	70	68	72
6	80	84	78
7	68	74	66
8	76	80	78
9	88	94	88
10	64	70	67
Ortalama Doğruluk	% 100	% 94.6	% 96.7

Bunun yanında, nabız hesabının önerilen yöntemle yüzden ölçümle de yapılabilirliği incelenmiştir. 30 cm uzaklıkta hareketsiz bir yüzden 10 saniyelik süre için kaydedilen video dizinlerindeki çerçevelerden kırmızı kanallar çıkartılarak nabız hesaplanmış, parmakten kaydedilen video dizinlerinden hesaplanan sonuçlarla karşılaştırılmıştır.

Yüzden alınan ölçümlerde görüntüler, telefonun arka kamerası yüzü tam görecektir şekilde flash kapalı olarak kaydedilmiştir. Yüz ölçümlerinde ayrıca bir ışığa ihtiyaç duyulmadığından flash kapalı tutulmuştur.

Şekil 4 (a) ve Şekil 4 (b), sırasıyla, yüzden ve parmakten kaydedilen bir video parçasından çıkarılan kırmızı kanalların işaretlerini göstermektedir. Tablo 2, Tablo 1’de yapılan ölçümlerden farklı bir zamanda yapılan yüzden ve parmakten kaydedilen ölçümlerle hesaplanan nabız değerlerini göstermektedir. El ile ölçümlerle karşılaştırıldığında, yüzden ölçümlerle hesaplanan sonuçlar % 91,7 doğrulukta, parmakten ölçümlerle elde edilen sonuçların % 95,7 doğrulukta olduğu gözlenmiştir.

Önerilen yöntemin etkinliği video çerçevelerinden çıkartılan yeşil ve mavi kanallar kullanılarak da denenmiştir.



Şekil 4: a) Yüzden ve b) parmakdan alınan bir video parçasından çıkarılan kırmızı kanalın profili.

Tablo 3’de, kırmızı, yeşil ve mavi renk kanalları ile hesaplanan nabız değerleri el ile bulunan ölçümlerle karşılaştırılmıştır. Kırmızı kanal kullanılarak hesaplanan nabız değerlerinin doğruluk oranı %96.7 iken, yeşil ve mavi kanalların ise bu oran sırasıyla %92.2 ve %84.1 olarak tespit edilmiştir.

Tablo II: Yüzden ve parmakdan kaydedilen görüntülerle hesaplanan nabız değerlerinin karşılaştırılması

Denek	El ile ölçüm	Parmaktan ölçüm	Yüzden ölçüm
1	84	90	80
2	76	80	70
3	66	70	60
4	72	70	66
5	70	72	66
6	80	78	74
7	68	66	60
8	76	78	68
9	88	88	82
10	64	67	58
Ortalama Doğruluk	% 100	% 95.7	% 91.7

Sonuçlar karşılaştırıldığında; önerilen yöntemle kırmızı kanalda parmak ölçümlerinde çok yaygın kullanılan bir uygulama olan Instant Heart Rate’den daha yüksek tutarlılıkta sonuçlar alınmıştır. Yüzden alınan kırmızı kanaldaki ölçümlerle yapılan hesaplamalarda ise tutarlılık oranı %90’ın üzerinde bulunmuştur. Elde edilen sonuçlar, nabız ölçümünün mobil ortamda sayısal görüntü işleme teknikleri kullanılarak parmakdan veya yüzden yüksek bir tutarlılıkla yapılabilirliğini göstermektedir. Kamera ile ölçümün devamlı yapılmasının zor olmasına karşın, metod akıllı bilekliklerdeki optik sensörler ile de çalışabilir, bu sayede daha kullanışlı bir sistem elde

Tablo III: Kırmızı, yeşil ve mavi renk kanalları kullanılarak hesaplanan nabız değerlerinin karşılaştırılması

Denek	El ile ölçüm	Kırmızı kanal	Yeşil kanal	Mavi kanal
1	100	101	92	86
2	80	78	72	70
3	66	60	62	55
4	72	70	64	60
5	70	72	63	59
6	80	78	74	65
7	68	66	65	55
8	76	78	72	68
9	88	88	84	74
10	64	67	57	52
Ortalama Doğruluk	% 100	% 96.7	% 92.2	% 84.1

edilebilir.

## V. SONUÇLAR

Bu çalışmada, insan sağlığına önemli ölçüde etki eden nabızın sürekli olarak kontrol edilebilmesini sağlayan mobil tabanlı bir sistem geliştirilmiştir. Üç farklı renk kanalı kullanılarak parmak veya yüzden alınabilen görüntülerdeki değişimler nabız atış sayısı ile ilişkilendirilerek akıllı telefon ile nabız ölçümü gerçekleştirilmiştir. Yapılan testler, önerilen yöntemle hesaplanan nabız değerlerinin oldukça yüksek tutarlılıkta olduğunu göstermiştir. Geliştirilen sistem, taşınabilir bir cihaz üzerinden hızlı, kolay, tutarlı ve sürekli bir biçimde nabız ölçümünü gerçekleştirebilmesi bakımından etkin bir mobil sağlık aracı olma potansiyeli taşımaktadır. Nabız verilerinin mobil cihazdan klinik veri tabanına ya da ilgili hekime ulaştırılması ise gelecek çalışma olarak öngörülmüştür.

## KAYNAKÇA

- [1] P. Davies and I. Maconochie, “The relationship between body temperature, heart rate and respiratory rate in children”, *Emergency Medicine Journal*, vol. 26, no. 9, pp. 641-643, 2009.
- [2] T. Heston, “An Easy Way to Predict the Risk of a Heart Attack”, *The Official Journal of the Internet Medical Association*, ISSN: 1093-7935, 2012.
- [3] A. Park, “How Your Pulse Can Predict Your Risk of Death”, *Time, Health & Family*, December 2011.
- [4] J. Choi, R. Gutierrez-Osuna, “Using Heart Rate Monitors to Detect Mental Stress”, *Sixth International Workshop on Wearable and Implantable Body Sensor Networks*, pp. 219-223, June 3-5, 2009, Berkeley, CA.
- [5] F. El-Amrawy and M. Nounou, “Are Currently Available Wearable Devices for Activity Tracking and Heart Rate Monitoring Accurate, Precise, and Medically Beneficial?“, *Healthcare Inform Research*, vol. 21, no. 4, pp. 315-320, October 21, 2015. <http://dx.doi.org/10.4258/hir.2015.21.4.315>
- [6] A. K. Barros, J. Wisbeck, N. Ohnishi, “Extracting the Heart Rate Variability from an Electrocardiogram Sampled at a Very Low Frequency”, *Computers in Cardiology*, vol. 26, pp. 305-308, 1999.
- [7] P. Batra and R. Kapoor, “A Novel Method for Heart Rate Measurement Using Bioimpedance”, *2010 International Conference on Advances in Recent Technologies in Communication and Computing (ARTCom)*, pp. 443-445, October 16-17, 2010.
- [8] Android Software Development Kit. <http://developer.android.com/sdk/index.html>
- [9] Instant Heart Rate. <http://play.google.com/store/apps/details?id=si.modula.android.instantheartrate>