

İLETİŞİM SİSTEMLERİNİN TIBBA KATKISI: BİYOTELEMETRİ VE HAREKETLİ HASTA İZLEME

Bahattin Karagözoğlu

İstanbul Medeniyet Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Göztepe Kadıköy İstanbul
Tel: 0216 280 3207, e-posta: bahattin.karagozoglu@medeniyet.edu.tr

ÖZET

İletişim teknolojileri son yarı yüzyılda baş döndürücü bir hızla gelişmekte ve hayatımızın her noktasını etkilemektedir. Bu etkinin en belirgin olduğu alanlardan birisi de şüphesiz sağlık alanıdır. İnsan vücudu çalışması sırasında çeşitli organların işlevleri ile ilgili izleme işaretleri üretir. Elektrokimyasal, kimyasal ve mekanik nitelikteki bu işaretlerden bir kısmı hastalardan uygun algılayıcılarla alınıp elektriksel işaretlere dönüştürülür ve elektronik yöntemlerle işlenip yorumlanmak üzere ilgili sağlık çalışanına sunulur. Biyotelemetri yatağa bağlı olmayan hareketli hastalardan fizyolojik ve fiziksel bilgileri alıp bir iletişim kanalı yoluyla hekim tarafına ulaştıran bir tekniktir. Hasta kendi doğal ortamında kalıp hastane ortamının psikolojik etkilerine maruz kalmadan izlenebilmektedir. Klinik incelemelere destek olan bu teknikle kalp atışları ve fiziksel hareketle ilgili bilgiler kolaylıkla toplanabilir. Yeni elektronik elemanların ve mikroeletromekanik sistemlerin katkıları ile algılayıcılardaki gelişmeler uygulama alanlarını genişletmektedir. Yeni veri indirgeme ve kavramsal radyo gibi iletişim tekniklerinden yararlanılması, hastadan alınan bilginin değerlendirilmesini yalnız hekim yaparken uzman sistem ve işaret işleme yöntemlerindeki gelişmeler hasta tarafındaki kısmın da akıllı sisteme dönüştürülmesi ile değerlendirmelerin ve gerekli uyarıların doğrudan yapılabilir olması iletişim sisteminin daha etkin kullanılmasını sağlayacaktır. Ayrıca mobil haberleşme cihazlarının telemetrik amaçlarla da kullanılabilmesi kronik hastaların ve yaşlıların kendi doğal ortamlarında yarı bağımsız yaşarken izlenmelerine imkân sağlamaktadır. Böylece iletişim teknolojileri e-sağlık ve teletıp gibi yeni uygulamalarla sağlık konusundaki araştırmalara ve hizmetlerin iyileştirilmesine katkı sağlanmaktadır.

Anahtar kelimeler: Hasta izleme, biyotelemetri, kavramsal radyo, biyomedikal mühendisliği

GİRİŞ

Sağlık en değerli insan kaynaklarından biridir ama onun değeri en çok bir hastalığa yakalandığında anlaşılır. Son yıllarda mühendislik alanlarındaki yenilikçi gelişmelerin hastalıklarının önlenmesi, tanısı ve tedavisi konularında uygulamalarını aramak doğaldır. Zira uygar bir toplumda her tür teknolojik gelişmenin asıl hedefi toplum bireylerinin yaşam koşullarını iyileştirmek ve standartlarını yükseltmektir. Bugün, mühendislik teknolojilerinin uygulamaları ile tıbbın insan sağlığını iyileştirilmesi işlevini yürütmesinde heyecan verici gelişmeler olmaktadır. Biyomedikal mühendisliği insan sağlığının iyileştirilmesi için mühendislik yöntemlerinin uygulanmasını içerir.

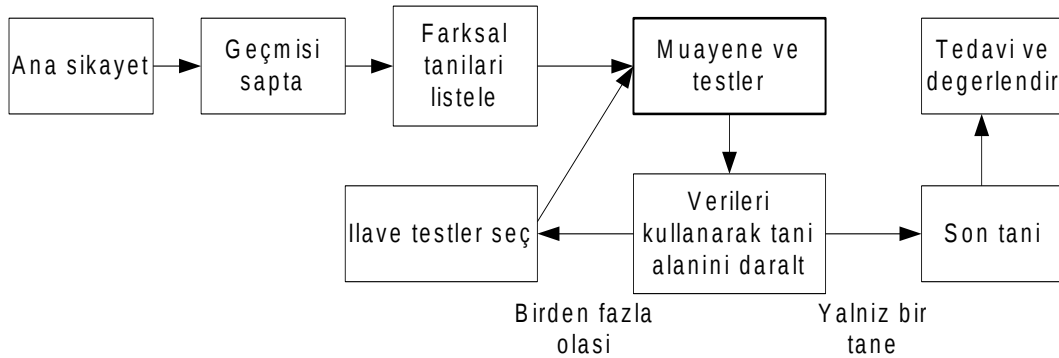
Teknolojik gelişmeler, nüfusun yaşlanması ve sağlık sorunlarına ilginin artması ve bunların yanında maliyet etkinliği konusunda artan endişeler biyomedikal mühendislerini daha iyi yöntem, alet ve cihaz tasarlamaya yöneltmektedir.

Bilgi kaynağı insandır. Tıbbi cihazlar tıbbi bir ortamda hastaların tanı, tedavi, izleme ve ameliyatlarda kullanılan alet ve cihazlardır (Şekil 1). Hastadan bilgi almada dikkat edilmesi gereken temel kıstas, kullanılan sistemden bağımsız olarak, bilgiyi hastayı rahatsız etmeden almaktır. En önemli tıbbi cihazlar en fazla ağrı dindiren, hastaların tedavisi ve oluşan arızaların giderilmesinde en fazla kullanılanlardır [1-3].



Şekil 1 Tıbbi cihaz

İnsan vücudunun bazı sistemleri, çeşitli işlevleri yerine getirirken kendi faaliyetleri hakkında yararlı bilgiler sağlayan izleme işaretleri de üretirler. Biyomedikal mühendislerinin çalışma alanına giren bu işaretler genellikle biyolojik süreçlerden elde edilir. Fakat çoğu zaman doğal olarak meydana gelen bu işaretler diğer organların eşzamanlı ürettikleri işaretler ve çevredeki bozucu etki ve işaretlerle girişim yaparak doğal şekillerinden değişik olarak dışarıya yansır. Bu nedenle, incelenen sistem hakkında doğrudan bir haber içerebilmeliler. Genellikle bu tür işaretler, temel işaret prensiplerinin uygulandığı basit deterministik işaretlerle iyi temsil edilemezler. Bu işaretleri işleyerek kaynaklandıkları organla ilgili taşıdıkları haberleri belirleyip hekimin hizmetine sunmak bu alanda çalışan mühendislerin görevidir [2].



Şekil 2 Tıpta basitleştirilmiş karar verme mekanizması

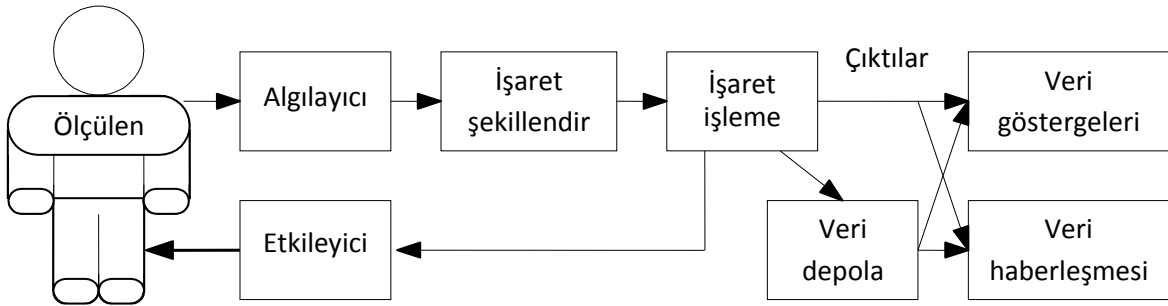
Klasik bir tıbbi tanı hastanın hayat hikâyesinin dikkatli araştırılması ve hekimin tecrübe ve hastanın yaşam hikâyesine dayanan kişisel yargısı olmak üzere iki temel prensibe dayanır. Çağdaş tıp uygulamalarında hastalık tanısı kişisel ve objektif olmayan klasik yorumlamalar yerine Şekil 2’de basitçe gösterildiği gibi tıbbi görüntülere, biyoelektriksel ve biyokimyasal testlere dayalı yapılmaktadır. Burada da normların oluşturulması, ağrı eşiklerinin belirlenmesi, hastaların motivasyonları ve gerekli desteklerin ayarlanması, karar vermede konulacak eşik seviyeleri gibi zorluklar bulunmaktadır. Ayrıca hasta ve hastalık tartışmaları da yaşanmakta olup her hasta ayrı bir tıbbi konu olabilmektedir [3].

Teknoloji her altı ila 12 ayda bir kendini yeniler ve kimseyi beklemez. Hangi alanda olursa olsun değişime ayak uydurabilenler ve sürekli onların ufuklarını genişletmek

isteyenler ilerleme şansına sahiptirler, kendilerine çalışırlar ve gerektiğinde iş değiştirebilirler. Böylece bir bilim dalındaki ilerleme diğer bilim dallarını da etkilemekte olup birçok tıp uzmanı biyomedikal mühendisliğinin tıba çok büyük katkıda bulunduğunu belirtmektedir. Önemli katkılardan bir tanesi de serbestçe hareket edebilen hastaların sürekli izlenmesidir ve bu tanı amaçları için çok değerli bir teknik olup önemi birçok araştırmacı tarafından takdir edilmiştir [4]. Yürüyen (hareketli) hastayı izleme (ambulatory patient monitoring) olarak adlandırılan bu teknikte genellikle telemetri sistemleri kullanılmaktadır. Hastadan toplanan bilgi çoğu kez telsiz bir iletişim hattı üzerinden alıcı bölgesine iletilip veriler eşzamanlı işlenerek aktivite düzeyi ve hastanın davranış tutumunda olabilecek herhangi bir değişiklik hemen fark edilir. Telemetri sistemlerinin en önemli dezavantajları kapsam alanının sınırlı oluşu ve elektromanyetik dalga yayan diğer cihazların sebep olduğu girişimlerden etkilenmeleridir [2,5].

HEKİMLERİN ARZU ETTİKLERİ BİLGİLER

Hasta hakkında bilgi sağlayan biyolojik enerji kaynakları doğal olarak elektriksel olanlar ve olmayanlar olarak iki ana grupta toplanabilir. Elektriksel olanlar elektrokardiyogram (EKG), elektromyogram (EMG) ve elektroansefalogram (EEG) gibi biyopotansiyellerdir. Elektriksel olmayanlar ise vücut ısısı ve kuvvetler, her tür kan ve gaz akışları ve benzeri mekanik enerji ve kimyasal dönüşümlerdir. Şekil 3 basitleştirilmiş tipik bir tıbbi ölçme sistemini göstermektedir. Biyopotansiyeller elektrotlarla diğer enerji tipleri de uygun dönüştürücülerle elektrik enerjisine çevrilir. Böylece elektron akımına dönüştürülmüş olan fizyolojik ve fiziksel değişkenler elektronik yöntemlerle koşullanır, işlenir ve bir iletişim hattıyla taşınabilir.



Şekil 3 Tipik bir tıbbi ölçme sistemi

Hastanın durumunu anlamak ve hastalığın seyrini izlemek isteyen bir hekimin istediği bilgiler genellikle şöyle sıralanabilir:

1. Hücrelerdeki oksijen ve gıda yoğunluğu,
2. Kan akışı ve hacmindeki değişim,
3. Kan basıncı (tansiyon),
4. Elektrokardiyogram ve nabız.

Son zamanlarda darbe oksimetresi teknikleri ile uzuvlarda dolaşan kandaki oksijen yoğunluğu belirli bir düzeyde saptanabilirse de bunlardan en önemli olan birincisinin doğrudan ölçümü henüz zordur. İkincisi ise vuru hacmi ile nabzın çarpımından elde edilen kalp çıkışı olup onun da kolay bir elde etme yolu yoktur. Kan basıncının doğrudan ölçümü ancak invaziv yollarla olabilir. Dolaylı olarak invaziv olmadan

ölçülebilir ama dalga şeklini elde etmenin kolay bir yolu yoktur. Sonuncusu olan EKG ve çoğunlukla ondan elde edilen nabız bilgisi invaziv olmayan yöntemlerle elde edilebilir [3].

HAREKETLİ HASTALARIN İZLENMESİ

Hareketli hastanın anlamı ayakta durabilen ve yürüyebilen hastadır. İzlemenin genel anlamı gözlem ve takip olup bilimsel anlamı bir araştırmadaki ilerlemelere nezaret ederek katılımcıların haklarını ve refahını korumak; verilerin doğru, tam ve doğrulanabilir olmasını ve araştırmaların yürütülmesinin ilgili mevzuata ve bilim alanındaki standartlara ve protokole uyumluluğunu sağlamaktır. Hareketli hasta izlemesi serbestçe hareket eden hastalardan fiziksel ve fizyolojik değişkenlerin toplanması ve değerlendirilmesi anlamına gelir. Burada hasta hareket özgürlüğüne sahiptir ve hastane içinde veya dışında yatak ile sınırlı değildir. Bu uygulama klasik doktor muayenesine destektir [4].

İnsan vücudu yiyecek ve yaşamak için beslenme gerektiren hücrelerden oluşan içten yanmalı bir motor gibidir, yakıt olarak gıda alır ve fiziksel iş üretir. Yürüyen hasta izlemede kullanılabilen değişkenler dolaşım sistemi, solunum sistemi, hareket sistemi ve mekanizmaları, sinir sistemi ve fizyolojik fonksiyonlar ve sindirim sistemi beş grupta değerlendirilebilir. Kalp ve dolaşım sistemi ile ilgili değişkenler hareketli hastalarda en sık ölçülen değişkenlerdir. Bilhassa EKG ölçülen en temel değişkendir ve genellikle nabız elde etmekte kullanılır. Fonokariyogram ve EKG kolaylıkla ölçülebilirler. Kan basıncı dolaşım sisteminin bileşenleri arasındaki koordinasyonu gösterdiğinden uzun süreli hareketli hasta izlemelerinde tüm zorluklarına rağmen ölçülür.

Fiziksel hareket göstergeleri için yürüme çalışmalarında genellikle fiziksel hareket algılayıcıları kullanılır. EMG ve ivmeölçerlere dayalı ölçümler kolaylıkla yapılabilir. Yürüme hızı ve durum bilgisi gibi bilgiler topuk anahtarı gibi basit tekniklerle elde edilebilir. Biyolojik kuvvetlerin ölçümü çok zordur ve ancak özel laboratuvar koşullarında yapılabilir.

Vücudun ana nakil sistemi kan dolaşımı olup hücrelere besin ve oksijen taşır ve onların atık ürünlerini ortadan kaldırır. Kanı vücutta dolaştıran kalbin pompalaması ile üretilen mekanik güçtür ve vücudun iş yükü ile kalp vuruş hızı (nabız) değişir [6]. Fiziksel güç çalışmaları sırasında elektriksel işaretler üreten kaslar (vücudun motor organları) tarafından gerçekleştirilir ama bu organların elektriksel işaretleri çok önemli bilgi taşımalarına rağmen izlenmesi ve işlenmesi zor kontrol işaretleridirler [7].

Hastanın hareket serbestisi vardır ve farklı vücut duruşları ile farklı düzeyde faaliyetleri sürdürebilir. Veriler eşzamanlı işlenir ve / veya daha sonra analiz etmek üzere saklanır. Fiziksel aktivite seviyesini ve hastanın vücut konumunu belirlemek için bir etkinlik kanalı gereklidir. Burada amaç basit bir şekilde hastanın yatar, oturur, ayakta durur veya yürür durumda olduğunu belirlemektir.

Hareketli hastayı izlemede fizyolojik değişkenlerin seçimi uygulamaya bağlıdır. İncelenen organlar iskelet kasları olduğunda bu kasların performanslarını onların ürettikleri elektromyogram (EMG) denilen işaretler yoluyla belirlemek arzu edilir. EMG analizi yoluyla kas aktivitesinin güvenilir bir göstergesini bulmak ve farklı kasların fizyolojik durumunu anlamak için yapılmış çok çalışma vardır. İşaretin enerjisi kas

etkinliği seviyesine ve kullanılan elektrotların konumuna bağlıdır [7]. Ancak, herhangi bir fiziksel aktivitenin birden fazla kas grubunu içerebileceği göz önünde tutulmalıdır. Performans testleri sırasında, işaret ya kendisiyle ya da eşzamanlı başka bir işaretlerle karşılaştırılır. Yani, kayıtlarda iki bağımsız EMG kanalının olması oldukça arzu edilmektedir.

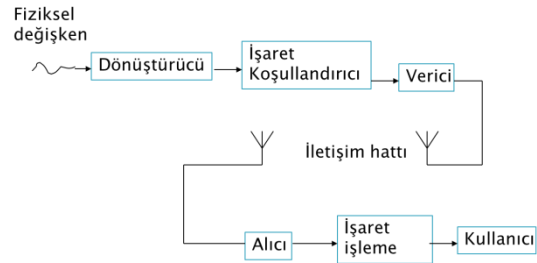
Egzersiz metabolik maliyeti test altındaki bir kişinin performansının önemli bir göstergesidir. Bu, laboratuvar ortamında nabız ölçülerek gerçekleştirilir. Serbestçe hareket bireylerde kalp hızı genellikle diğer işaretlerle birlikte sürekli kaydedilen bir elektrokardiyogram (EKG) işaretinden elde edilir. EMG çalışmaları da egzersiz içerdiğinden, nabız dikkate alınması gereken temel biyolojik bilgilerden biri haline gelir.

Hareketli hasta izlemenin en etkin olduğu alanlar şöyle sıralanabilir:

- Ektopik atım, asistoli vb nabız düzensizlikleri, Petit mal ve grand mal epilepsi, kepçe (Diper) tansiyonu gibi düzensiz olaylar ve bunların olası nedenleri belirlenmesi;
- Biyolojik işaretlerin gece ve gündüz değişim biçimleri, stres, iş ve özel çevrenin sağlığa etkisini inceleyen iş fizyolojisi;
- Rehabilitasyon mühendisliği ve hareketlilik (lokomosyon) çalışmaları;
- Harici veya dâhili parametrelerin beyaz önlük sendromundan etkilenmeden fizyolojik verilerin izlenmesi, tedavi sırasında bir hastalık teşhisi ve izlenmesi, koruyucu hekimlik;
- Kronik hastalıkların tedavisi ve yaşlı (geriatrik) hastaların izlenmesi;

BIYOTELEMETRİ

Biyoteleometri en basit tanımıyla uzaktaki bir fizyolojik parametrenin ölçümüdür. Telemetry içeren basitleştirilmiş bir ölçme sistemi Şekil 4’de gösterilmektedir. Biyoteleometri sistemlerinde, hasta vücuduna bağlı bulunan ölçüm sistemleri elde ettikleri verileri ön işlemden geçirerek



Şekil 4 Basitleştirilmiş bir telemetri sistemi

uzaktaki işlem birimlerine iletirler. İletişim hattı kablo, telefon hattı, radyo dalgaları, internet, ses veya ses ötesi, optik ve kayıt yöntemi olabilir. Uzak işlem birimleri de elde ettikleri bu işaretleri detaylı işlemlerden geçirerek değerlendirirler [2].

Kablosuz haberleşme ve ağlardaki hızlı gelişmelere paralel olarak, bunları kullanan telemetrik sistemler de gelişmeler göstermektedir. Sağlık alanındaki telemetrik sistemler, doktorların tedavi süreçlerinde daha etkili olmalarını amaçlamaktadır. Hastalar açısından bakıldığında ise onların yaşam kalitelerini yükseltmek ve hastaneye olan bağımlılıklarını azaltmak hedeflenmektedir. Böylece, normal yaşamlarında tedavileri ve takipleri yapıldığı için hastaların memnuniyeti artmaktadır.

Öte yandan hastaneler açısından bakıldığında, yatak yetersizliği ve aşırı hasta sayısının önüne geçilmesi, biyotelemetrik uygulamalar ile mümkün olabilmektedir. Hastaların,

hastaneye gelmeden tedavi ve takipleri yapılabildiği için hastanelerdeki yoğunlukların önüne geçilmiş olur. Ayrıca hastane ortamlarında bulaşan enfeksiyon ve hastalıklarla mücadelede daha etkin bir çözüm sağlanarak bu ortamlardaki bulaşıcı hastalıkların yayılması engellenmiş olacaktır. Biyotelemetri uygulamaları sadece normal zamanlarda değil aynı zamanda doğal afet, savaş ve terör saldırısı gibi olağan dışı durumlarda ortaya çıkabilecek çok sayıdaki acil ve ilkyardım vakalarında da kritik bir öneme sahiptir.

TELEMETRİ SİSTEMLERİNİN TEKNİK ÖZELLİKLERİ

Bir telemetri sisteminde hastadan alınan fizyolojik ve fiziksel bilgiler uygun dönüştürücü ve işaret koşullandırıcılardan sonra bir çoğullama devresinde birleştirilir. Bu birleşik işaret yüksek frekanslı bir taşıyıcıya yüklenerek verici antenle yayınlanır. Alıcı tarafında antenden gelen radyo frekansındaki işaret kuvvetlendirdikten sonra birleşik işaret taşıyıcıdan ayrılır ve bileşenlerine ayrıştırılarak hastadan gelen işaret elde edilir. Bu işaretler de gerekli işaret işlemeden sonra kayıt ve gösterge cihazlarına gönderilir.

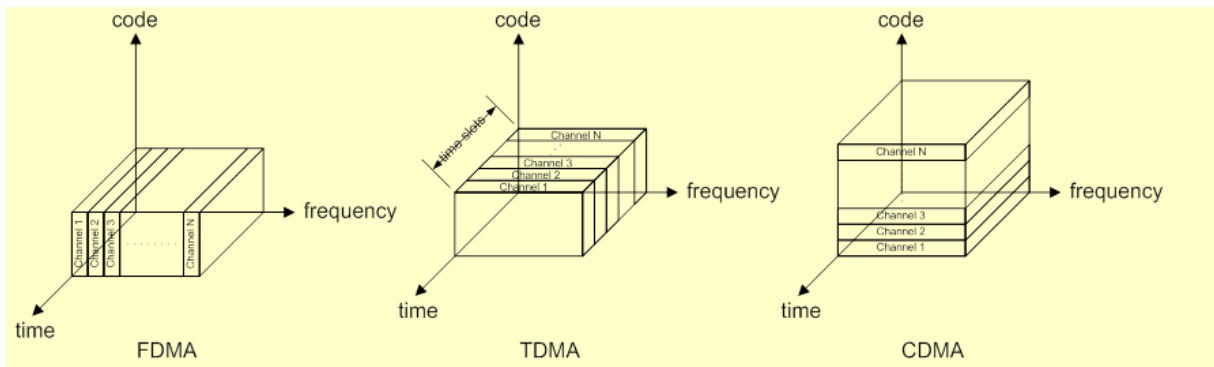
Sistemin ana bileşenleri aşağıda kısaca tanımlanacaktır.

1. Algılayıcılar ve işaret koşullandırıcılar

İnsan vücudu bir bilgi kaynağıdır ve o deneme sırasında vericiyi taşır. Dolayısıyla, verici pille çalışmalı, ağırlıkça hafif olup görüntüsü rahatsızlık verici olmamalıdır. Bu nedenle, düşük güçle çalışan elektronik elemanların kullanılması gerekir. Sistemin performansı aynı zamanda batarya gerilim düzeyine bağlıdır. Buna uygun olarak, alıcı tarafında pil durumunun izlenmesi yararlı bir özneliktir.

2. Çoklu ulaşım ve çoğullama

Çoğullama aynı bireyden gelen işaretlerin bir birleşik işarete dönüştürülmesi işlemidir. Çoklu ulaşım ise tek bir alıcının birçok farklı bireyden gelen işaretleri eşzamanlı alabilmesi işlemidir. Her iki işlem de Şekil 5'de gösterilen frekans bölme çoklu ulaşım (Frequency Division Multiple Access – FDMA), zaman bölme çoklu ulaşım (Time Division Multiple Access – TDMA) ve kod bölme çoklu ulaşım (Code Division Multiple Access – CDMA) olmak üzere üç ana yöntemle gerçekleştirilir. Bunlardan ilk ikisi analog iletişim teknikleridir. Üçüncüsü ise bir sayısal iletişim tekniğidir. Günümüzde bazı telemetri sistemleri verici içinde analogdan sayısala (A/D) dönüştürücüler kullanırlar. Bundaki amaç analog işaretleri iletme uygun biçime



Şekil 5 Çoklu ulaşım ve çoğullama teknikleri

getirmektir. Verici ikili koddaki sıfır ve birlerden oluşan bir dizi tonlar gönderir ve bu tonlar bir bilgisayarın bağlı olduğu alıcı tarafından algılanır.

3. Alıcı ve göstergeler

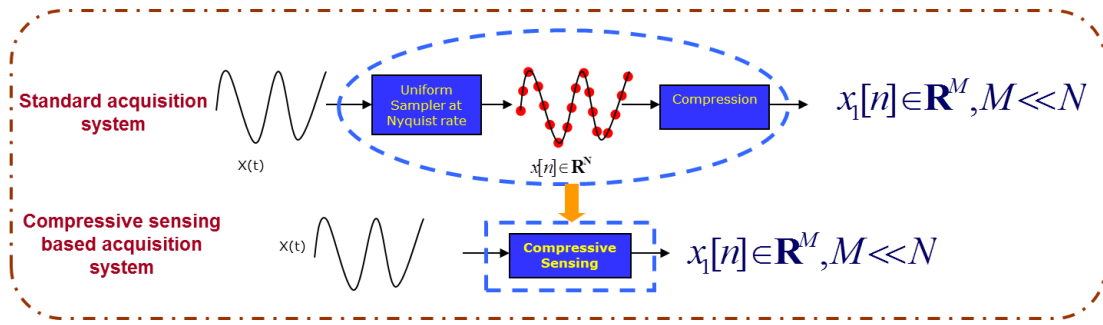
İletişim hattının diğer ucundaki alıcılar iletilen işareti alır ve demodüle eder. İlk önce alınan kod işaretleri iletişim hattındaki bozulmaları düzeltmek için yeniden şekillendirilir. Sonra da kanal ayırıcılar veya diskriminatörler yoluyla asıl biyolojik işaretler elde edilir. Bu işaretler sonra değerlendirilmek veya kullanılmak üzere kaydedilirler veya işlenerek yorumcuyla sunulurlar.

BİYOTELEMETRİK ÖLÇÜMLERİN ZORLUKLARI VE SINIRLAMALARI

Biyotelemetrik ölçümlerin zorluklarının başında hasta tarafındaki düzenekleri çalıştıracak elektrik enerji kaynağı gelmektedir. Son zamanlarda pil teknolojisindeki gelişmeler ve bilhassa doldurulabilen lityum-iyon tipi pillerin enerji-hacim oranındaki artış bu endişenin azalmasını sağlamıştır. Yine de hasta tarafında ve alıcı tarafında bir gösterge ile pil durumunun bildirilmesi sağlıklı bir bilgi elde edilmesinde gereklidir.

Diğer bir zorluk da elde edilen verilerin yorumlanarak bilgi haline dönüştürülmesinde ortaya çıkmaktadır. Hastanın hekimin veya bir sağlıkçının gözlemi dışında olması dolayısıyla verileri yorumlamak için ek bilgiler gereklidir. Bunlar hastadan alınacak diğer fizyolojik ve fiziksel işaretler yardımıyla ve/veya hastanın sesli olarak bilgi vermesi ile sağlanabilir. Bunlara ek olarak, deneysel işlemlerin çok iyi tanımlanması ve bir deney protokolü hazırlanıp tüm taraflarca dikkatlice uyulması gerekmektedir.

Ölçümler sırasında elde edilen veri miktarı da ayrı bir zorluktur. Örneğin, normal bir insanın 24 saatlik bir ölçümde yüz binin üzerinde kalp vurusu vardır ve bunlardan ektopik vuru aralıklarını bulup o aralıklardaki EKG'leri gözlemek başlı başına bir olaydır. Burada veri işleme ve sıkıştırma teknikleri çok yararlı olmaktadır. Bu teknikler genellikle alıcı tarafında yapıldığından biyotelemetri düzenekleri ham verileri iletmek zorundadır. Son yıllarda alıcı tarafında veri sıkıştırılması gündeme gelmiş ve bu konuda



Şekil 6 Standart ve sıkıştırmalı algılama teknikleri

Şekil 6'de standart ve sıkıştırmalı algılama (Compressive Sensing – CS) teknikleri gösterilmektedir. Standart toplama sistemlerinde, Nyquist teoremi göre N örnek alınır ve bunlar daha sonra dışarıda işlenir ve M örnek elde etmek için sıkıştırılır. Sıkıştırmalı algılamada tabanlı toplama sistemlerinde ise, M örnek doğrudan harici veri analizi veya sıkıştırma olmadan elde edilir. Burada bir sıkıştırmalı algılama kademesi standart toplama sistemlerindeki örnekleme ve sıkıştırma aşamalarının yerine geçer [8].

Biyotelemetri uygulamaları telefon gibi standart iletişim cihazlarını kullanabildiği gibi bu amaç için tahsis edilen özel haberleşme kanallarını da kullanabilir. Mobil iletişim hatlarında kolay veri nakledilebilmesi ve internet bağlantılarının rahatlıkla sağlanabilmesi uygulamaların bu yöne kaymasına neden olmaktadır. Ancak mobil ağların yaygınlaşması, kapsama alanlarının genişlemesi ve sürekli kapasite artışına karşın abone sayıları da hızla artmaktadır. Dolayısıyla iletişim kanallarındaki sıkışıklık sağlıklı bir veri akışının önündeki en büyük engeldir. Haberleşme ortamının uygun olduğu durumlarda optik telemetri kullanılabilir [9,10].

Optik telemetri yüksek frekanslarda modüle edilebilir küçük ışık kaynaklarının geliştirilmesinden sonra radyo telemetriye bir alternatif olmaya başladı. Radyo telemetriye göre kızılötesi ışıklı telemetrinin şu üstünlükleri sayılabilir:

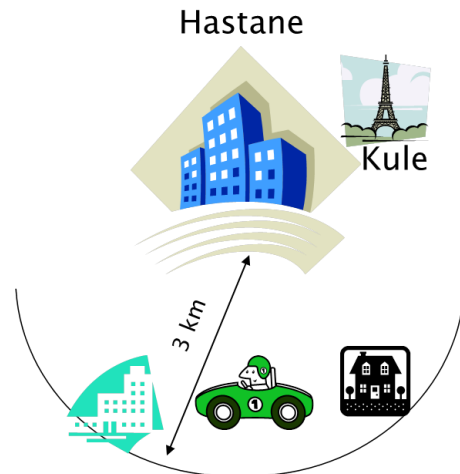
- Diğer radyo istasyonlarından radyofrekans girişimi ve ateşleme gürültüsü ve parazit olmaması;
- Yönlü radyasyonlar nedeniyle kör noktalar olmaması;
- Hiçbir lisans gereksinimi olmaması;
- Düşük maliyetli ve yüksek güvenilirlikli oluşu;
- Aynı tekniğin girişim olmadan komşu odada kullanılabilir olması;
- Radyo frekans işaretleri biyopotansiyel elektrotlar ve giriş kuvvetlendiricilerine geribildirim ve girişim yapabilirken kızılötesi radyasyon için böyle bir şeyin söz konusu olmaması.

KAVRAMSAL (COGNİTİVE) RADYO VE BİYOTELEMETRİ

Kavramsal radyo (Cognitive Radio – CR) bir alıcı-verici çiftinin kullanılan ve boş iletişim kanallarını belirleyip akıllı bir şekilde iletişimi kullanılan kanallardan boş olanlara yönlendiren bir telsiz haberleşme şeklidir. Böylece mevcut radyo frekans spektrumu en iyi şekilde kullanılmış olup kanallar arası girişim en aza indirilmiş olmaktadır. Bu parametre değişikliği radyo ortamının radyo frekans spektrumu, kullanıcı davranışları ve ağın durumu gibi birçok iç ve dış faktörlerini aktif olarak izleyerek yapılmaktadır [11].

Kavramsal radyonun en önemli uygulamalarından biri Şekil 7’de gösterildiği gibi yaşlı ve bakıma muhtaç hastaların bakımındadır. Yaşlı bakımı şu anda birçok gelişmiş ülkede bir telsiz sistem ve evdeki telefonla irtibatlı bir uyarı sistemidir. Bakımı daha geniş bir çevreye yayabilmek için TV bantlarını kullanmak gibi daha geniş alansal ağlara ihtiyaç vardır. Geleceğin sağlık bakım cihaz ve hizmetleri telsiz haberleşme yöntemlerinden yararlanarak hastaların evlerinin de dışında genişletilmiş bir alanda hareketlerine imkân verecektir. Hastalar bileklerine takılan algılayıcı

bileziklerle hastanenin etrafında 3 km yarıçapındaki bir alanda rahatça dolaşabilecekler ve bu uzaktan algılanan verilerde (nabız, tansiyon,

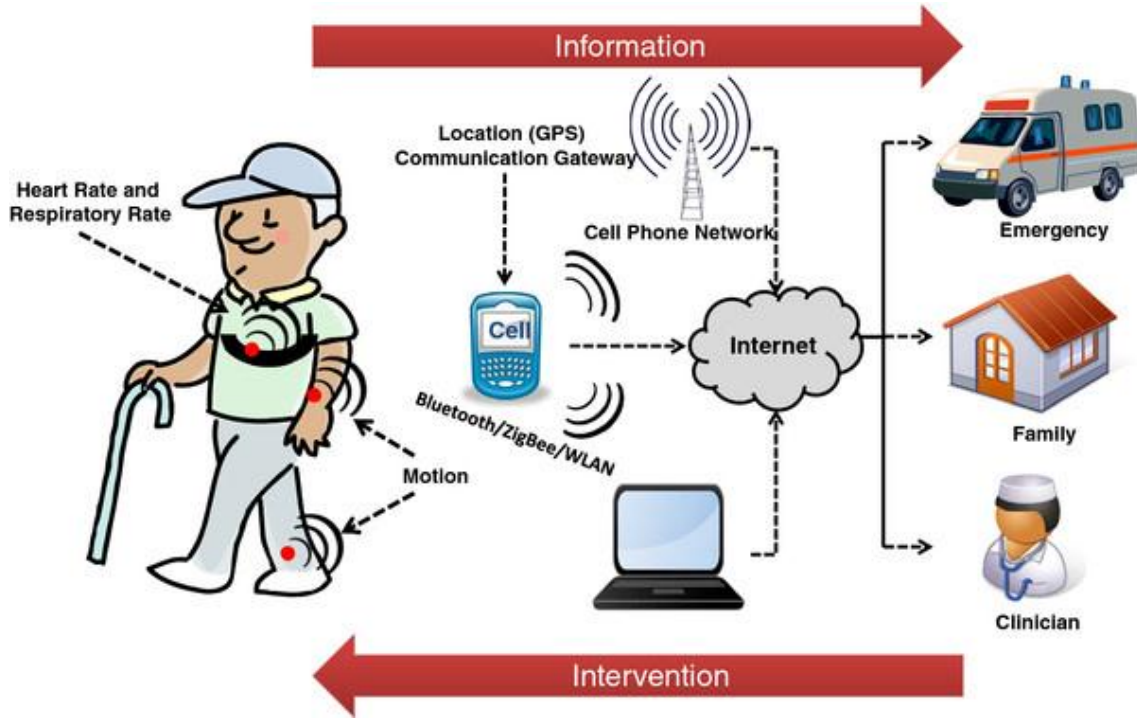


Şekil 7 Kavramsal radyonun biyotelemetrik uygulaması

kan şekeri gibi) bir anormallik görüldüğünde kendisi ile telefonla temas kurularak ne yapması gerektiği anlatılacaktır.

YAKIN GELECEKTE BEKLENEN GELİŞMELER

İletişim teknolojilerinin tıpta uygulamalarının en güzel örneklerinden olan biyotelemetri ve hareketli hasta izlemesi yöntemleri teknolojinin gelişmesine paralel olarak yeni düzenek ve uygulama alanları ile genişlemektedir. Memristor, kuantum tünelleşme cihazı gibi yeni elektronik elemanların ve mikroeletromekanik sistemlerin katkıları ile algılayıcılardaki gelişmeler uygulama alanının genişlemesinde en etken faktörlerdir. Yeni veri indirgeme [8] ve kavramsal radyo gibi iletişim tekniklerinden yararlanılması, hastadan alınan bilginin değerlendirilmesini yalnız hekim yaparken uzman sistem ve işaret işleme yöntemlerindeki gelişmeler hasta tarafındaki kısmın da akıllı sisteme dönüştürülmesi ile değerlendirmelerin ve gerekli uyarıların doğrudan yapılabilir olması iletişim sisteminin daha etken kullanılmasını sağlayacaktır.



Şekil 8 Çağdaş bilgi alma ve iletişim yöntemleriyle hareketli hastanın izlenmesi ve kullanması
(<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3354997/figure/F1>)

Şekil 8 hastadan bilgi toplama, işleme, yorumlama ve geri bildirim çevrimini özetlemektedir. Bilgi toplama hastanın giysilerine yerleştirilmiş algılayıcılarla yapıp [12] ilk işaret işleme de yine algılayıcıların içine veya yanına konuşlandırılan işaret koşullandırıcılarla yapılabilmektedir. Hastadan alınan bilgiler mevcut her türlü iletişim araçları kullanılarak değerlendirme noktalarına aktarılıp aynı iletişim kanalları kullanılarak hastaya geri bildirim yapılabilir [13]. Bilhassa mobil haberleşme cihazlarının telemetrik amaçlarla da kullanılabilmesi kronik hastaların ve yaşlıların kendi doğal ortamlarında yarı bağımsız yaşarken izlenmelerine imkân sağlamaktadır. Böylece e-sağlık ve teletıp gibi yeni uygulamalarla sağlık konusundaki araştırmalara ve hizmetlerin iyileştirilmesine katkı sağlanmaktadır [14 – 16].

KAYNAKLAR

- (1) P Bonato, *Wearable sensors and systems. From enabling technology to clinical applications*. IEEE Eng Med Biol Mag.; 29(3):25-36. May-Jun 2010
- (2) B Karagözoğlu, *A versatile multichannel biotelemetry system*, Australas. Phys. Eng. Sci. Med. Vol. 21(2), pp. 85-94, 1998: www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9745795
- (3) JG Webster, *Bioinstrumentation*, Wiley, 2003
- (4) HS Wolff, *Ambulatory Monitoring - A New Dimension in Medical Diagnosis and Assessment*, Hospital International, pp. 34-35, 1976.
- (5) M Granat H Bussmann, N Lovell, N Owen, J Salmon and B Stansfield, *2nd International Conference on Ambulatory Monitoring of Physical Activity and Movement*, Physiol. Meas. 33(11), 2012
- (6) PO Astrand and K Rodahl, *Textbook of Work Physiology*, McGraw Hill, 1970
- (7) CJ De Luca, *Myoelectrical Manifestations of Localized Muscular Fatigue in Man*, CRC Critical Rev. in BME, 11(4), pp. 251-280, 1985
- (8) Y Massoud, F Xiong, S Smaili, *A memristor-based random modulator for compressive sensing systems*, Proceedings of IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS), pp. 2445-2448, Seoul, Korea, 20 – 23 May, 2012
- (9) S Agarwal, CT Lau, *Remote Health Monitoring Using Mobile Phones and Web Services*, Telemedicine and e-Health, pp. 603-607, June 2010
- (10) S Tachakra, XH Wang, RS Istepanian, YH Song, *Mobile e-health: the unwired evolution of telemedicine*. Telemed J E Health, Fall;9(3):247-57, 2003
- (11) K Kimyacıoğlu, *Cognitive Radio (CR) Technology - Applications and Business Aspects*, First international workshop on cognitive wireless networks, Vancouver, British Columbia, Canada, August 14, 2007
- (12) S Patel, H Park, P Bonato, L Chan, M Rodgers, *A review of wearable sensors and systems with application in rehabilitation*. J Neuroeng Rehabil. Apr 20;9:21, 2012
- (13) MP Rajasekaran, S Radhakrishnan, P Subbaraj, *Elderly Patient Monitoring System Using a Wireless Sensor Network*, Telemedicine and e-Health. Jan: 73-79, 2009
- (14) RC Thurston, A Sherwood, KA Matthews, and JA Blumenthal, *Household Responsibilities, Income, and Ambulatory Blood Pressure Among Working Men and Women*, Psychosomatic Medicine, 73:200–205, 2011
- (15) TG Pickering, D Shimbo, and D Haas, *Ambulatory Blood-Pressure Monitoring*, N Engl J Med., 354:2368-2374, 2006
- (16) M Karunanithi, *Monitoring technology for the elderly patient*, Expert Rev Med Devices, Mar: 4(2):267-77, 2007.