**T.C.**

**SAKARYA ÜNİVERSİTESİ**

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

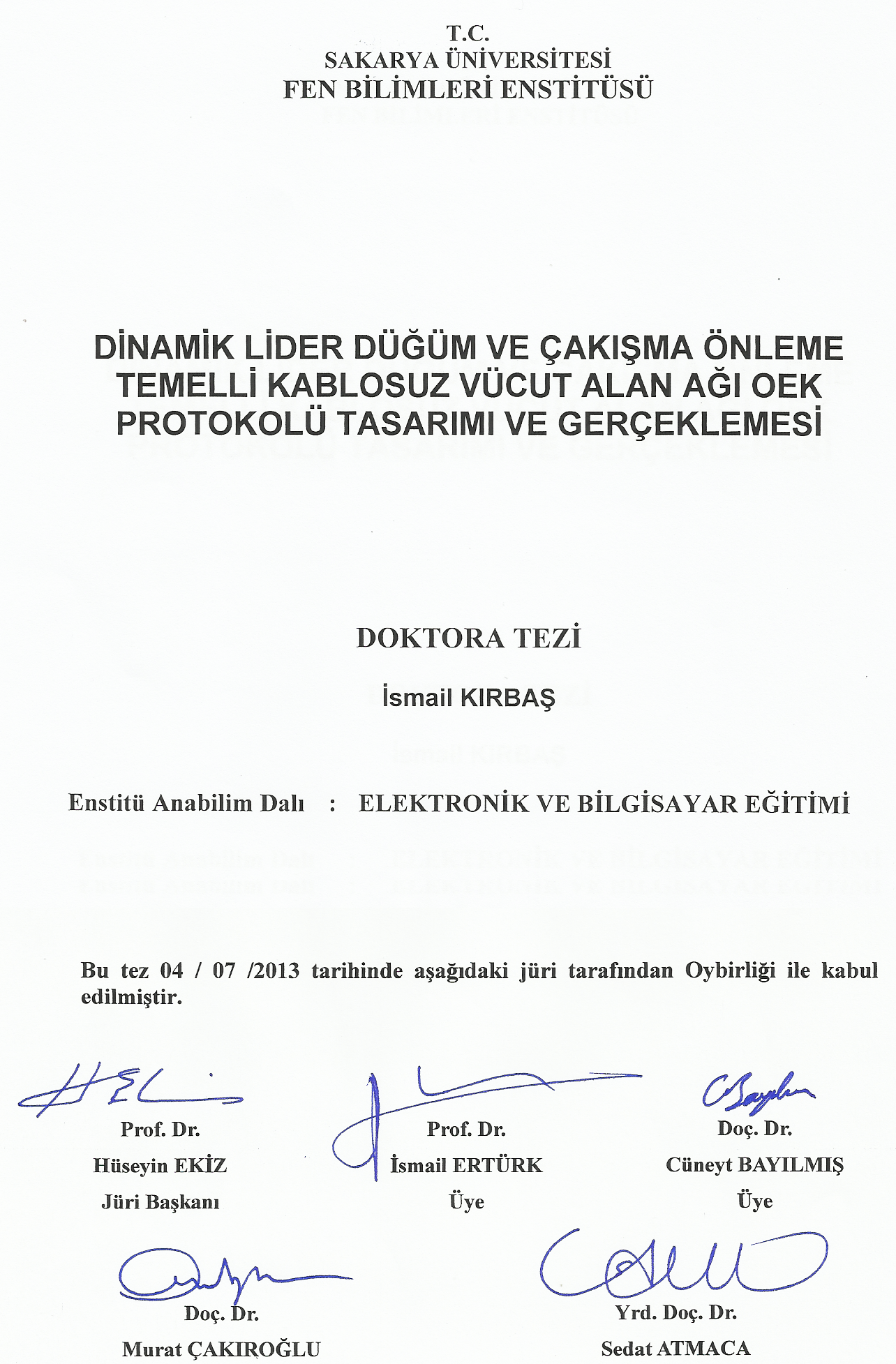
DİNAMİK LİDER DÜĞÜM VE ÇAKIŞMA ÖNLEME TEMELLİ KABLOSUZ VÜCUT ALAN AĞI OEK PROTOKOLÜ TASARIMI VE GERÇEKLEMESİ

**DOKTORA TEZİ**

**İsmail KIRBAŞ**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Enstitü Anabilim Dalı** | **:** | **ELEKTRONİK VE BİLGİSAYAR EĞİTİMİ** |
| **Tez Danışmanı** | **:** | **Doç. Dr. Cüneyt BAYILMIŞ** |

**Temmuz 2013**



TEŞEKKÜR

Tez çalışmam süresince beni yönlendiren, her zaman bana destek olan ve deneyimlerini paylaşan tez danışmanım sayın Doç. Dr. Cüneyt BAYILMIŞ’a katkıları ve yapıcı önerileri için teşekkürlerimi sunarım. Başta Arş. Gör. Alper KARAHAN ve Arş. Gör. Sezgin KAÇAR olmak üzere, çalışmalarım boyunca desteklerini gördüğüm tüm dostlarıma yardımlarından dolayı, tüm çalışma süresince maddi manevi desteğini bir an olsun üzerimden eksik etmeyen eşime ve aileme de her zaman yanımda olmalarından ötürü teşekkür ederim.

Bu çalışma, Sakarya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri kapsamında desteklenmiştir (Proje Numarası: 2012-50-02-002).

**İÇİNDEKİLER**

|  |  |
| --- | --- |
| TEŞEKKÜR ...................................................................................................... | ii |
| İÇİNDEKİLER ................................................................................................ | iii |
| SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ ................................................... | ix |
| ŞEKİLLER LİSTESİ ....................................................................................... | x |
| TABLOLAR LİSTESİ ...................................................................................... | xiii |
| ÖZET ................................................................................................................ | xiv |
| SUMMARY ...................................................................................................... | xv |
|  |  |
| BÖLÜM 1. |  |
| GİRİŞ ……………………………………........................................................ | 1 |
| 1.1. Problemin Tanımı............................................................................. | 1 |
| 1.2. Literatürde Yapılan Çalışmaların Özetleri ...................................... | 4 |
| 1.3. Tezin Amacı ve Önerilen Çözüm Yöntemi ..................................... | 7 |
| 1.3. Tez Çalışmasının Katkıları ………………...................................... | 9 |
| 1.4. Tez Organizasyonu ……….............................................................. | 10 |
|  |  |
| BÖLÜM 2. |  |
| KABLOSUZ VÜCUT ALAN AĞLARI (KVAA) ………..………………..… | 12 |
| 2.1. Kablosuz Algılayıcı Ağ Teknolojileri ……….................................. | 13 |
| 2.2. KVAA’lar İle İlgili Yapılmış Çalışmalar ......................................... | 16 |
| 2.3. KVAA Uygulama Alanları ve Avantajları ........................................ | 18 |
| 2.4. Temel KVAA Gereksinimleri ........................................................... | 21 |
| 2.5. KVAA Kullanarak Tıbbi Verilerin Elde Edilmesi …..…………...... | 23 |
| 2.5.1. Nefes ölçümü …...................................................................... | 27 |
| 2.5.2. Periferik oksijen doygunluğu ölçümü ..................................... | 28 |
| 2.5.3. Kalp atışının ölçümü ............................................................... | 29 |
| 2.5.4. Manşonsuz kan basıncı ölçümü ………….............................. | 31 |
| 2.5.5. Kas hareketlerinin ölçümü ...................................................... | 32 |
| 2.5.6. Aktivite ve hareket tespiti ....................................................... | 32 |
| 2.5.7. Beyin aktivitelerinin ölçümü .................................................. | 33 |
| 2.5.8. Vücut sıcaklığının ölçümü ...................................................... | 34 |
| 2.5.9. Kan almadan kan şekeri ölçümü …......................................... | 34 |
| 2.6. Kablosuz Algılayıcı Düğümler ………............................................ | 36 |
| 2.7. Kablosuz Algılayıcı Düğüm Yapısı ………..................................... | 38 |
| 2.8. KVAA Ağ İçi İletişim Türleri ve Yönlendirme Mimarileri ............. | 42 |
| 2.9. KVAA’larda Kullanılan Kablosuz Haberleşme Teknolojileri …..… | 45 |
| 2.9.1. IEEE 802.15.1 …………………….………………………… | 48 |
| 2.9.2. IEEE 802.15.3 ………………………………………………. | 49 |
| 2.9.3. IEEE 802.15.4 (ZigBee) ……………………...…..………… | 50 |
| 2.9.4. IEEE 802.15.5 …………………………………...……..…… | 53 |
| 2.9.5. IEEE 802.15.6 …………………………………...……..…… | 53 |
| 2.9.6. IEEE 802.15.7 …………………………………...……..…… | 53 |
| 2.9.7. MICS, ISM bantları ve diğer kablosuz teknolojiler ………... | 54 |
|  |  |
| BÖLÜM 3. |  |
| KVAA AĞ ÖMRÜ UZATMA TEKNİKLERİ ……..……..………………..… | 56 |
| 3.1. Ağ Ömrünü Azaltan Nedenler ………………................................. | 56 |
| 3.1.1. Aşırı dinleme ………………………….…………………..… | 56 |
| 3.1.2. Aşırı gönderim ……………………….……………..…….… | 56 |
| 3.1.3. Paket çakışmaları …………………….………………..….… | 57 |
| 3.1.4. Yüksek güçte gönderim ……………..……………………… | 57 |
| 3.1.5. Büyük kontrol paketleri .………….………………………… | 58 |
| 3.2. Ağ Ömrünü Artırma Teknikleri…………........................................ | 58 |
| 3.2.1. Atlama düğümü kullanma …...……………………………… | 58 |
| 3.2.2. Algılayıcıda sinyal işleme …..……………………..……..… | 60 |
| 3.2.3. Vücut üzerinden enerji üretimi …………………………..…. | 61 |
| 3.3. Enerji Verimli OEK Protokolü Kullanımı ………………………... | 64 |
| 3.3.1. Düşük güçte dinleme yöntemi ……………………………… | 65 |
| 3.3.2. Çizelgeli çekişme yöntemi …….…………………..……...… | 65 |
| 3.3.3. Zaman paylaşımlı ortam erişimi (TDMA) yöntemi ………... | 66 |
|  |  |
| BÖLÜM 4. |  |
| BAŞLICA ENERJİ VERİMLİ OEK PROTOKOLLERİ …...……………..… | 68 |
| 4.1. KAA’lar İçin Önerilen Enerji Verimli OEK Protokolleri …............ | 68 |
| 4.1.1. S-MAC protokolü …………………………...……………… | 68 |
| 4.1.2. T-MAC protokolü ………………………....………..…….… | 70 |
| 4.1.3. PACT protokolü ……………………………………....….… | 70 |
| 4.1.4. LEACH protokolü ………………………………………….. | 71 |
| 4.1.5. IEEE 802.15.4 protokolü …………...…….………………… | 73 |
| 4.1.6. WiseMAC protokolü ……………….…….…………………. | 73 |
| 4.2. KVAA’lar İçin Önerilen Enerji Verimli OEK Protokolleri ….……. | 76 |
| 4.2.1. BodyMAC protokolü ………....…………………………..… | 76 |
| 4.2.2. MedMAC protokolü …..……………………..…………...… | 77 |
| 4.2.3. H-MAC (Heartbeat MAC) OEK protokolü ………………... | 78 |
| 4.2.4. Batarya duyarlı OEK protokolü …….…………….………… | 79 |
| 4.2.5. Öncelik garantili OEK protokolü …………………………... | 80 |
| 4.2.6. Düşük görev döngülü OEK protokolü …..........................….. | 81 |
| 4.2.7. Güç verimli OEK protokolü …………………….…..……… | 82 |
| 4.2.8. Omeni OEK protokolü ……………...………..……..…….… | 83 |
| 4.2.9. DTDMA OEK protokolü ……………..………….…...…..… | 84 |
| 4.2.10. DMAC OEK protokolü ………………...……………......... | 84 |
| 4.2.11.Ta-MAC OEK protokolü ….……………..………………… | 85 |
|  |  |
| BÖLÜM 5. |  |
| isMAC: KVAA’LAR İÇİN UYARLANABİLİR DİNAMİK LİDER VE ÇAKIŞMA ÖNLEME TEMELLİ ÇOKLU KANAL DESTEKLİ OEK PROTOKOLÜ ……………………...............…………..……......................... | 88 |
| 5.1. isMAC Haberleşme Altyapısı .......................................................... | 90 |
| 5.1.1. KVAA içi ve KVAA’lar arası haberleşme ………………...… | 92 |
| 5.1.2. isMAC çerçeve yapısı ..……………………..………….....… | 93 |
| 5.1.3. isMAC haberleşme kanalı yönetimi ……………………..…. | 97 |
| 5.1.4. Çakışma önleme mekanizması …………………..……….… | 97 |
| 5.1.5. Koordinatör düğüm atama ve döndürme mekanizması …….. | 99 |
| 5.2. Kullanılan Benzetim Yazılımı (OPNET Modeler) ........................... | 100 |
| 5.3. isMAC Protokolünün OPNET Benzetim Modeli ……….………... | 103 |
| 5.4. Örnek Ağ Senaryosu Uygulaması ………………………………… | 109 |
| 5.4.1. Başarım değerlendirmesi ve sayısal sonuçlar .……………… | 112 |
| 5.5. Sonuç ve Öneriler ………………………………………………… | 116 |
|  |  |
| BÖLÜM 6. |  |
| isMAC PROTOKOLÜ KULLANILARAK GERÇEKLEŞTİRİLEN TIBBİ VERİ TOPLAMA UYGULAMASI …………………………..…..……......... | 117 |
| 6.1. Giriş………………………….......................................................... | 117 |
| 6.2. isMOTE Kablosuz Algılayıcı Düğüm ............................................. | 118 |
| 6.3. isMOTE Temelli KVAA Uygulaması.............................................. | 121 |
| 6.4. Uygulama Senaryoları …....…......................................................... | 124 |
| 6.5. Başarım Değerlendirmesi …............................................................ | 128 |
| 6.6. Sonuç ……………………………………………………………... | 135 |
|  |  |
| BÖLÜM 7. |  |
| SONUÇ VE ÖNERİLER …...……………………………………..……......... | 137 |
| 7.1. Sonuç …………………………………………………………….. | 137 |
| 7.2. Tartışma ve Öneriler ……………………………………………… | 138 |
|  |  |
| KAYNAKLAR ………………………………………………………………. | 140 |
| EKLER ……….………………………………………………………………. | 151 |
| ÖZGEÇMİŞ ….………………………………………………………………. | 154 |

**SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ**

|  |  |
| --- | --- |
| AAK | : Amplitude Shift Keying (Genlik Kaydırmalı Anahtarlama) |
| ATM | : Asynchronous Transfer Mode (Asenkron Transfer Modu) |
| BAA | : Bireysel Alan Ağı |
| BAN | : Body Area Network (Vücut Alan Ağı) |
| BPSK | : Binary Phase Shift Keying (İkili Faz Kaydırmalı Anahtarlama) |
| CAC | : Channel Access and Control (Kanal Erişim ve Kontrolü) |
| CAP | : Content Access Period (Çekişmeli Erişim Süreci) |
| CCA | : Clear Channel Assessment (Boş Kanal Değerlendirmesi) |
| CDMA | : Code Division Multiple Access (Kod Bölmeli Çoklu Erişim) |
| CFP | : Content Free Period (Çekişmesiz Süreç) |
| CSMA/CA | : Carrier Sense of Multiple Access with Collision Avoidance   (Çarpışma Kontrollü Çoklu Erişim Taşıyıcı Algılama) |
| CTS | : Clear To Send |
| DCF | : Distributed Coordination Function   (Dağıtık Koordinasyon Fonksiyonu) |
| DGD | : Düşük Güçte Dinleme |
| DIFS | : DCF InterFrame Spacing (DCF çerçeve boşluğu) |
| DSSS | : Direct Sequence Spread Spectrum (Doğrudan Sıralı Yayılım) |
| ECG | : ElectroCardioGram (Elektrokardiyogram) |
| EEG | : ElectroEncephaloGraphy |
| EIFS | : Extended InterFrame Spacing (Genişletilmiş Çerçeve Boşluğu) |
| ETSI | : European Telecomunications Institute  (Avrupa Telekomünikasyon Enstitüsü) |
| FCC | : Federal Communication Commission  (Federal Haberleşme Komisyonu) |
| FDMA | : Frequency Division Multiple Access  (Zaman Bölmeli Çoklu Erişim) |
| FFD | : Full Function Device (Tam Fonksiyonlu Cihaz) |
| FHSS | : Frequency Hopping Spread Spectrum (Frekans Atlamalı Yayılım) |
| FSK | : Frequency Shift Keying (Frekans Kaymalı Anahtarlama) |
| GAA | : Geniş Alan Ağı |
| GMSK | : Gaussian Minimum Shift Keying   (Gaussian Minimum Kaymalı Anahtarlama) |
| GPRS | : General Packet Radio Service |
| GSM | : Global System for Mobile Communications  (Küresel Mobil Haberleşme Sistemi) |
| GTS | : Guaranteed Time Slots (Garantili Zaman Dilimleri) |
| ICSP | : In Circuit Serial Programming (Devre üzerinde seri programlama) |
| IEEE | : Institute of Electrical and Electronic Engineers  (Elektrik Elektronik Mühendisleri Enstitüsü) |
| IETF | : Internet Engineering Task Force  (İnternet Mühendisliği Görev Gücü) |
| ISM | : Industrial Science and Medicine (Endüstriyel Bilim ve Sağlık) |
| KAA | : Kablosuz Algılayıcı Ağ |
| KD | : Koordinatör Düğüm |
| KFC | : Kısıtlanmış Fonksiyonlu Cihaz |
| KVAA | : Kablosuz Vücut Alan Ağı |
| LAN | : Local Area Network (Yerel Alan Ağı) |
| LLC | : Logical Link Control (Mantıksal Bağlantı Kontrolü) |
| LPL | : Low Power Listening (Düşük Güçte Dinleme) |
| LR-WPAN | : Low-Rate Wireless Personal Area Network  (Düşük Hızlı Kablosuz Kişisel Alan Ağı) |
| MAC | : Medium Access Control (Ortam Erişim Kontrolü) |
| MD | : Merkezi Düğüm |
| MICS | : Medical Implant Communication Service |
| MMAC | : Multimedia Mobil Access Communication  (Çoklu Ortam Mobil Haberleşme) |
| NAV | : Network Allocation Vector (Ağ Tahsis Vektörü) |
| NFC | : Near Field Communication (Yakın Alan Haberleşme) |
| NIC | : Network Interface Card (Ağ Arayüz Kartı) |
| OEK | : Ortam Erişim Kontrolü |
| OFDM | : Orthogonal Frequency Division Multiplexing  (Dik Frekans Bölmeli Çoğullama) |
| OOK | : On Off Keying (Açma Kapama Anahtarlama) |
| OPNET | : Optimized Network Performance Tool |
| OSI | : Open System Interconnection (Açık Sistem Arabağlaşımı) |
| PAN | : Personal Area Network (Bireysel Alan Ağı) |
| PDA | : Personal Digital Assistant (Bireysel Sayısal Asistan ) |
| POS | : Personal Operating Space (Bireysel Çalışma Uzayı) |
| QoS | : Quality of Service (Servis Kalitesi) |
| QPSK | : Quadrature Phase Shift Keying  (Dörtlü Faz Kaydırmalı Anahtarlama) |
| RFD | : Reduced Function Device (İndirgenmiş Fonksiyonlu Cihaz) |
| RTS | : Ready To Send |
| SAR | : Specific Absorption Rate (Özgül Soğurma Oranı) |
| SOC | : System On Chip (Yongaya Gömülü Sistem) |
| SPINE | : Signal Processing In-Node Environment |
| SPO2 | : Saturation of Peripheral Oxygen  (Periferik Oksijen Doygunluğu) |
| TDMA | : Time Division Multiple Access (Zaman Bölmeli Çoklu Erişim) |
| TFC | : Tam Fonksiyonlu Cihaz |
| UMTS | : Universal Mobile Telecommunications System  (Evrensel Gezgin Haberleşme Sistemi) |
| UUG | : Uçtan Uca Gecikme |
| UWB | : Ultra Wide Band (Çok Geniş Bant) |
| VAA | : Vücut Alan Ağı |
| WAN | : Wide Area Network (Geniş Alan Ağı) |
| WBAN | : Wireless Body Area Network (Kablosuz Vücut Alan Ağı) |
| WSN | : Wireless Sensor Network (Kablosuz Algılayıcı Ağ) |
| YAA | : Yerel Alan Ağı |
| YAH | : Yakın Alan Haberleşme |
| ZigBee | : IEEE 802.15.4 OEK Protokolü |

**ŞEKİLLER LİSTESİ**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Şekil 1.1. | KVAA kullanılarak tıbbi verilerin elde edilmesi ve ilgililere iletilmesi süreci …………………………………........................... | 3 |
| Şekil 2.1. | Büyüklüklerine göre sınıflandırılmış haberleşme ağları …............. | 12 |
| Şekil 2.2. | Kablosuz Algılayıcı Ağların (KAA) genel mimarisi ...................... | 14 |
| Şekil 2.3. | Temel KVAA yapısı ………………………………........................ | 15 |
| Şekil 2.4. | Kablosuz algılayıcılar ve vericilerin dünya pazarı büyüme grafiği [35] ………………………………………………………….……. | 18 |
| Şekil 2.5. | Bir KVAA sisteminde fizyolojik verilerin toplanma, iletilme ve değerlendirilme aşamaları …………………………………..……. | 23 |
| Şekil 2.6. | PDA tabanlı bir kablosuz hasta takip cihazı ………………….….. | 26 |
| Şekil 2.7. | Prototip kemer tasarımı (a) 45mm ve 60mm kemerler (b) göğse yerleştirilmiş kapasitif algılayıcı [44] …………………………..... | 27 |
| Şekil 2.8. | Jaeger ve arkadaşları tarafından geliştirilen nefes algılayıcısı …… | 28 |
| Şekil 2.9. | Palsoksimetre ile nabız ve oksijen doygunluğu ölçümü …..……... | 29 |
| Şekil 2.10. | Kalp atımı ve atım sonucu oluşan dalga şekli ……………………. | 30 |
| Şekil 2.11. | Vücut pozisyonu, kalp atışı ve vücut sıcaklığı verilerini toplayarak kablosuz ileten esnek yapılı bir algılayıcı [53] ………. | 31 |
| Şekil 2.12. | PPG tekniği kullanılarak manşonsuz kan basıncı ölçümü ……..… | 31 |
| Şekil 2.13. | Kol kasları üzerinden kablosuz algılayıcılar kullanılarak EMG sinyal ölçümü [55] ……………………………………………….. | 32 |
| Şekil 2.14. | Ayak bileğine yerleştirilmiş bir ivmeölçerin sembolik gösterimi ... | 33 |
| Şekil 2.15. | EEG çekimi ve beyin dalgaları …………………………………... | 34 |
| Şekil 2.16. | Parmaktan uygulanan fotopletismografi metodu ile glikoz ölçümü | 35 |
| Şekil 2.17. | Intel firması tarafından üretilen Imote2 kablosuz algılayıcı düğüm | 37 |
| Şekil 2.18. | Kamera, mikrofon ve hareket detektörü algılayıcı kartı …............. | 37 |
| Şekil 2.19. | Eyleyici özellikli bir kablosuz algılayıcı düğümün genel mimarisi | 39 |
| Şekil 2.20. | Düz KVAA mimarisi …………………………………………… | 43 |
| Şekil 2.21. | Üç katmanlı KVAA mimarisi …………………………………... | 44 |
| Şekil 2.22. | Sadeleştirilmiş OSI referans modeli [75] ……………………….. | 47 |
| Şekil 2.23. | ZigBee ağ topolojileri …………………………………………… | 53 |
| Şekil 3.1. | Dört düğümün birbirleri arasında atlamalı ve doğrudan kayıpsız haberleşme ihtimalleri …………………………………………... | 59 |
| Şekil 3.2. | Piezoelektrikle çalışan RFID ayakkabılar ………………………. | 63 |
| Şekil 3.3. | Düşük güçte dinleme mekanizması ……………………………... | 65 |
| Şekil 4.1. | S-MAC protokolü mesajlaşma senaryosu ………………………. | 69 |
| Şekil 4.2. | LEACH protokolü topolojisi ……………………………………. | 72 |
| Şekil 4.3. | IEEE 802.15.4 protokolü çerçeve yapısı ………………………... | 73 |
| Şekil 4.4. | WiseMAC protokolünün çalışma yapısı ………………………... | 75 |
| Şekil 4.5. | BodyMAC protokolü çerçeve yapısı ……………………………. | 77 |
| Şekil 4.6. | MedMAC protokolü çerçeve yapısı …………………………….. | 77 |
| Şekil 4.7. | Batarya duyarlı OEK çerçeve yapısı ……………………………. | 79 |
| Şekil 4.8. | Öncelik garantili OEK protokolü çerçeve yapısı ……………….. | 80 |
| Şekil 4.9. | Enerji verimli düşük görev döngülü OEK protokolü çerçeve yapısı ……………………………………………………………. | 81 |
| Şekil 4.10. | Uyandırma radyosu devresi ve uyandırma radyo devresi kullanan algılayıcı düğümün şematiği …………………………………...… | 83 |
| Şekil 4.11. | DMAC protokolü ağaç tabanlı veri toplama mimarisi ….……….. | 85 |
| Şekil 5.1. | KVAA içi ve KVAA'lar arası haberleşme şeması ………...……… | 92 |
| Şekil 5.2. | isMAC protokolünün haberleşme altyapısı ……………….……... | 94 |
| Şekil 5.3. | isMAC protokolünde bir algılayıcı düğüme ait çalışma döngüsü .. | 96 |
| Şekil 5.4. | OPNET Modeler benzetim programı ve kullanılan editörler ……. | 101 |
| Şekil 5.5. | Geliştirilen benzetim modeline ait hiyerarşik şema ……………… | 104 |
| Şekil 5.6. | isMAC için geliştirilmiş OEK katmanı düğüm modeli ………….. | 105 |
| Şekil 5.7. | isMAC için geliştirilmiş OEK katmanı proses modeli ………..…. | 106 |
| Şekil 5.8. | Örnek senaryoya göre KVAA'lar arası etkileşim ………………… | 110 |
| Şekil 5.9. | KVAA sayısına göre ortalama uçtan-uca gecikme değerleri …...... | 113 |
| Şekil 5.10. | KVAA adedine göre düğüm enerji tüketim değerleri dağılımı …... | 114 |
| Şekil 5.11. | KVAA sayılarına göre toplam çıkış değeri grafiği ……………...... | 115 |
| Şekil 6.1. | isMOTE kablosuz algılayıcı düğümünün temel bileşenleri ……… | 119 |
| Şekil 6.2. | isMOTE kablosuz algılayıcı düğümün üstten görünüşü ………..... | 121 |
| Şekil 6.3. | isMOTE kablosuz algılayıcılarından oluşan bir KVAA için haberleşme uygulama görüntüsü ……………………………….... | 122 |
| Şekil 6.4. | Kablosuz tıbbi veri toplama yazılımının ekran görüntüsü ……….. | 123 |
| Şekil 6.5. | Birinci uygulama senaryosuna göre KVAA haberleşme yapısı ….. | 124 |
| Şekil 6.6. | İkinci uygulama senaryosuna göre KVAA haberleşme yapısı …… | 125 |
| Şekil 6.7. | Üçüncü uygulama senaryosuna göre KVAA yapısı ……………… | 126 |
| Şekil 6.8. | Senaryo 1'e göre KVAA'daki tüm düğümlere ait pil ömrü grafiği.. | 128 |
| Şekil 6.9. | Senaryo 2'e göre KVAA'daki tüm düğümlere ait pil ömrü grafiği.. | 129 |
| Şekil 6.10. | Senaryo 3'e göre KVAA'daki tüm düğümlere ait pil ömrü grafiği.. | 130 |
| Şekil 6.11. | EMG algılayıcı düğüme ait karşılaştırmalı ömür grafiği ……….... | 131 |
| Şekil 6.12. | EKG algılayıcı düğümün karşılaştırmalı ömür grafiği …………... | 132 |
| Şekil 6.13. | İvmeölçer algılayıcı düğümün karşılaştırmalı ömür grafiği ……... | 133 |
| Şekil 6.14. | SPO2 algılayıcı düğümün karşılaştırmalı ömür grafiği …………... | 133 |
| Şekil 6.15. | Glikoz algılayıcı düğümün karşılaştırmalı ömür grafiği ………..... | 134 |
| Şekil 6.16. | Sıcaklık algılayıcı düğümün karşılaştırmalı ömür grafiği ……….. | 135 |
|  |  |  |

**TABLOLAR LİSTESİ**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Tablo 2.1. | KVAA teknolojisinin genel teknik gereksinimleri [39] ………..… | 22 |
| Tablo 2.2. | Üzerinde farklı algılayıcı düğümler taşıyan bir KVAA prototipi … | 24 |
| Tablo 2.3. | Bazı temel tıbbi sinyaller ve özellikleri [25] …………………….. | 25 |
| Tablo 2.4. | Tıbbi veri algılayıcı türleri ve veri oranları [40] …………………. | 25 |
| Tablo 2.5. | Yaygın KVAA düğümlerinin genel özellikleri [62] ……………… | 38 |
| Tablo 2.6. | nRF24L01+ , CC2420 ve RFM TR 1001 kablosuz alıcı-verici yongalarının teknik özellikleri [61] ……………………………… | 40 |
| Tablo 2.7. | KVAA’larda yaygın kullanılan düğümlerin veri oranı ve çalışma frekansı karşılaştırması [61] ……………………………………… | 42 |
| Tablo 2.8. | KVAA için potansiyel frekans bantlarının özellikleri ……………. | 46 |
| Tablo 2.9. | Tıbbi izlemede kullanılan kablosuz teknolojiler [25] ……………. | 55 |
| Tablo 3.1. | Çeşitli ortamlardan elde edilen enerji kaynaklarının karakteristik özellikleri [98] ……………………………………………………. | 64 |
| Tablo 3.2. | Düşük güçte dinleme, çizelgeli çekişme ve TDMA tekniklerinin özellik karşılaştırması [102] ……………………………………… | 67 |
| Tablo 4.1. | Yaygın kullanılan OEK protokollerinin avantaj ve dezavantaj karşılaştırmaları [110] ……………………………………………. | 86 |
| Tablo 5.1. | Örnek senaryo için benzetim parametreleri ve değerleri ………… | 111 |
| Tablo 6.1. | Kablosuz algılayıcı düğümlere ait görev, ölçüm sıklığı ve paket gönderim hızı değerleri …………………………………………... | 126 |
| Tablo 6.2. | isMOTE düğümlerine ilişkin çalışma parametreleri ……………... | 127 |

ÖZET

Anahtar kelimeler: Kablosuz Ağlar, Kablosuz Algılayıcı Ağlar, Kablosuz Vücut Alan Ağları, Ortam Erişim Kontrolü (OEK), isMAC, isMOTE.

Günümüzde yaşam süresinin ve kalitesinin artırılması amacıyla tıbbi parametrelerin kişisel konforu azaltmadan her zaman ve her yerde ölçülmesi bir gereklilik haline gelmiştir. Hareketli bireylere ait tıbbi sinyalleri toplamak için genellikle çok sayıda kablosuz algılayıcı düğümden meydana gelen Kablosuz Vücut Alan Ağları (KVAA) kullanılır. Bir algılayıcı düğümün en büyük problemi enerji kaynağının çok kısıtlı olmasıdır. Ağ ömrünü uzatmak ve enerji verimliliğini artırmak için düğüm atlama, enerji toplama, düğümde sinyal işleme gibi pek çok yöntem geliştirilmiştir. Ancak verimlilik açısından en etkili çözümlerden biri, enerji etkin bir Ortam Erişim Kontrol (OEK) protokolü geliştirmektir.

Hazırlanan tez çalışmasında, KVAA’lardaki ağ ömrü, enerji verimliliği, paket gecikmesi ve sinyal çakışmaları gibi problemleri çözmek amacıyla;

* Çok kanallı haberleşmeyi destekleyen, enerji etkin yeni bir OEK katmanı (isMAC) tasarımı yapılmıştır.
* Önerilen OEK protokolü OPNET Modeler benzetim yazılımı kullanılarak modellenmiş ve standart olarak kabul edilen IEEE 802.15.4 protokolü ile ağ çıkışı, uçtan uca gecikme ve enerji tüketimi bakımından karşılaştırılmıştır.
* Önerilen protokolün gerçek hayat başarımını tespit etmek amacıyla hem yeni bir kablosuz algılayıcı düğüm (isMOTE) geliştirilmiş hem de toplanacak verilerin takip edilebilmesi için bir bilgisayar yazılımı hazırlanmış-tır.
* Çeşitli haberleşme tekniklerini kıyaslamak amacıyla üç farklı haberleşme senaryosu belirlenmiş ve düğüm enerji tüketim değerleri isMOTE algılayıcı düğümleri temel alınarak karşılaştırılmıştır.

Benzetim yoluyla elde edilen sonuçlar dikkate alındığında, önerilen OEK protokolünün benzerlerinden daha başarılı sonuçlar verdiği görülmüştür. Bununla birlikte, uygulamadan elde edilen sonuçlar da, tasarlanan protokolün başarılı ve uygulanabilir olduğunu göstermektedir.

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A WIRELESS BODY AREA MAC PROTOCOL BASED ON DYNAMIC LEADER NODE AND COLLISION PREVENTION

SUMMARY

Keywords: Wireless Network, Wireless Sensor Networks, Wireless Body Area Networks, Medium Access Control (MAC), isMAC, isMOTE.

Nowadays, in order to increase life expectancy and quality; ubiquitous medical monitoring without limiting the personal comfort has become a necessity. Wireless Body Area Networks (WBAN) are generally used to collect medical signals from mobile individuals. WBANs consist of a large number of sensor nodes and the biggest problem of a sensor node is the limited energy source. To extend the life of the network nodes and maintain energy efficiency, many methods have been developed such as using relay node, energy harvesting and signal processing in node. However, in terms of energy efficiency, one of the most effective solution is developing an energy-efficient Medium Access Control (MAC) protocol.

In this thesis, in order to bring solutions to the mentioned problems in WBANs, considering the criteria such as network lifetime, energy efficiency, latency and signal interferences, following transactions are performed:

* A new energy efficient MAC layer (isMAC) has been designed to support multi-channel communication.
* The proposed MAC protocol has been modeled by using OPNET Modeler simulation software and it is compared with IEEE 802.15.4 protocol in terms of network throughput, end-to-end delay and energy consumption.
* In order to determine the real-life performance of the proposed protocol, a new wireless sensor node (isMOTE) has been designed and produced, as well as a dedicated software is developed to monitor collected data.
* To compare the various communication techniques, three different scenarios are prepared and energy consumption values were compared using isMOTE sensor nodes.

Considering the results obtained by the simulation, it can be said that the suggested protocol is more successful than similar ones. Furthermore, the implementation results show that the designed protocol is feasible and performs well.