

# Akıllı Sayaç Okunma Sistemleri için Alternatif İletişim Ağlarının Değerlendirilmesi

Ömer Usta<sup>1</sup>

Kıvanç Sonsuz<sup>2</sup>

Süleyman Ekşi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Elektrik Mühendisliği Bölümü, İTÜ

<sup>2</sup>MAKEL-MAKSAY, İstanbul

<sup>1</sup>e-posta: ustao@itu.edu.tr

<sup>2</sup>e-posta:ksonsuz@mak-say.com

## Özetçe

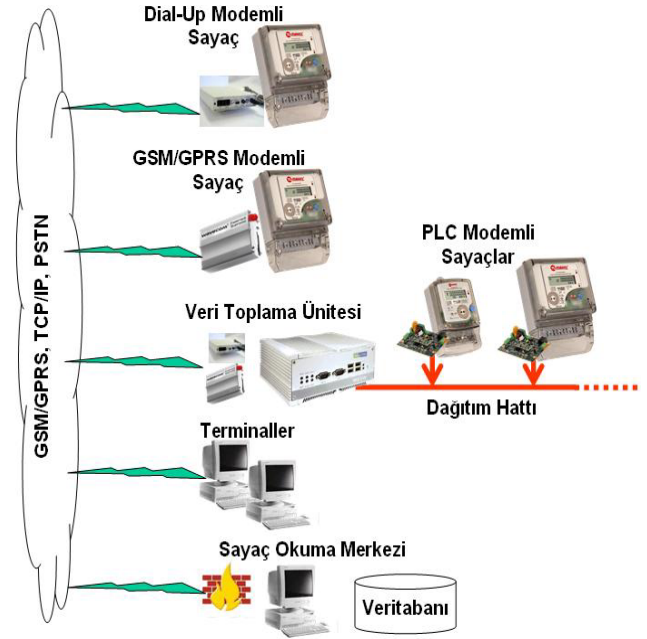
Elektrik şebekelerinde tam otomasyona geçme çalışmaları uzun yıllardan beri adım-adım yürütülmekte iken, dijital bilgisayar ve haberleşme teknolojilerindeki çok hızlı gelişmeler bu sürece büyük bir ivme kazandırmıştır. Geline nokta tam otomatik güç sistemleri yerine akıllı elektrik şebekeleri kavramı ortaya çıkmıştır. Bu alana yönelik araştırma ve geliştirmeler çeşitli dallarda yoğunlaşmıştır. Uzaktan sayaç okuma sistemleri hızlı gelişmelerin yaşandığı bu dallardan biri durumundadır. Artık günümüzde uzaktan sayaç okuma sistemleri yerine, sayaç yönetim veya akıllı sayaç okuma sistemlerinin tasarımı ve geliştirilmesine yönelik çalışmalar ön plana çıkmaktadır. Bu çalışmada, MAKEL-İTÜ-TEYDEB işbirliği ile yürütülen uzaktan sayaç okuma ile ilgili projelerden elde edilen deneyimlerden yararlanarak, akıllı sayaç sistemleri için alternatif iletişim ağlarının değerlendirilmesi ele alınacaktır.

## 1. Giriş

Elektrik şebekelerinde iletilmiş verilerin kullanılması yeni bir uygulama değildir. Bunun ilk örneklerinden biri elektrik iletim hatları için tele-koruma. Tele-kontrol ve telemetre diğer sınırlı uygulamalar grubunda düşünülebilir. Zaman içinde ortaya çıkan teknolojik gelişmeler ve elektrik şebekelerinde aktarılmış verilerin kullanılma ihtiyacı, elektrik şebekelerinde veri iletişimini çok parlak konular arasına sokmuştur[1-10]. Dijital bilgisayar sistemlerinin ve buna bağlı olarak dijital haberleşme teknolojilerinin çok hızlı gelişmesi ve iletişimin uygun maliyette yapılabilmesi, elektrik şebekeleri uygulamaları için verilerin toplanması, işlenmesi, iletilmesi ve saklanması için çok iyi bir alt yapı oluşturmuştur. Geline noktada elektrik şebekelerinde ölçme, uzaktan okuma, sürekli izleme, koruma ve kontrol amaçlı kullanılan cihazlar Akıllı Elektronik Cihazlar (AECr) konumuna gelmiştir.

Elektrik piyasasının liberalleşmesiyle, bir yandan elektrik şebekelerinin optimum noktada işletilmesine yönelik zorlamalar yapılırken, diğer yandan elektrik şebeke yöneticileri daha fazla şeffaflık için yeni yönetmelikler çıkarmaktadırlar. Bu durum elektrik

tüketicileri ile elektrik şirketleri arasında iki yönlü bilgi akışını zorunlu kılmaktadır. Bunu sağlamak için, başta Avrupa olmak üzere çeşitli ülkelerde elektrik sayaçlarının uzaktan okunması ve iki yönlü veri transferi için elektrik şebekeleriyle tümleşik ve bilgi alış verişinde bulunan veri iletişim ağlarının geliştirilmesi ve kurulmasına yönelik çalışmalar yoğunlaşmaya başlamıştır.



Şekil-1 Akıllı Sayaç okuma Sistemleri

## 2. Uzaktan Sayaç Okuma Sistemleri

Uzaktan sayaç okuma sistemleri (USOS), SCADA sistemlerinin[11] bir uygulaması olarak düşünülebilir. Şekil-1'den de görüleceği üzere USOS; Uzaktan sayaç okuma merkezi (USOM), veri toplama üniteleri (VTÜ), modemli dijital elektrik sayaçları, WEB üzerinden ulaşım terminaleri ve bunlar arasında bilgi akışını sağlayan iletişim sistemlerinden oluşmaktadır. Tüm bu bileşenlerin oluşturduğu sayaç okuma sistemleri aynı zamanda bir bilgisayar ağı oluşturmaktadır.

Dijital sayaçların kullanılmaya başlanmasıyla, otomatik sayaç okuma (AMR) sistemleri adım-adım geliştirilmeye ve adım-adım kurulmaya başlanmıştır. İlk aşamada amaç; sadece sayaçların otomatik olarak okunması idi. Burada sayaç optik iskele üzerinden okunarak flaş belleğe atılıyordu veya mahallede dolaşan bir araç yardımıyla RF kullanılarak yapılıyordu. Daha sonraki aşamada ise, sayaç okumaya bazı yeni yan fonksiyonlar (örneğin sayaca elektriği kesme ve yeniden bağlama işlevi) eklenerek sayaç yönetimi sistemlerine geçilmiştir. Bu sistemlerin de zaman içinde geliştirilmesiyle akıllı sayaç okuma sistemleri (ağları) geliştirilmeye ve kurulmaya başlanmıştır.

Elektrik şirketleri ile müşteriler/tüketiciler arasında iki yönlü haberleşme çerçevesinde oluşturulan akıllı sayaç okuma sistemleri; sayaç okumanın yanında, akıllı elektrik şebekelerinin birçok fonksiyonunu yerine getirebilecek şekilde tasarlanmaktadır. Bu özellikler özetle:

- Uzaktan okuma değerleri üzerine kolay ve hızlı faturalandırma yapılması,
  - Sözleşme parametrelerinin uzaktan değiştirilmesi,
  - Tüketicilerin bilgilendirilmesi ve yönlendirilmesi,
  - Tepe tüketim değerlerinin ufalanması,
  - Kolay tarife yönetimi yapılması (esnek tarife, gerçek-zamanda fiyatlandırma, çok tarifeli fiyatlandırma vs),
  - Sayaç noktalarında şebekeyle ilgili büyüklüklerin izlenmesi,
  - Elektrik kesinti bölgelerinin izlenmesi ve restorasyon,
  - Mikro düzeyde (tüketici bazında) elektrik kesintisi (yük atma) yapılması ve yeniden bağlanması,
  - Kaçak elektrik kullanımının takip edilmesi,
  - Tüketici yük profillerinin çıkarılması,
  - Yük ve talep yönetimi yapılması,
  - İleriye yönelik planlamalar için istatistiksel bilgi toplanması,
- şeklinde ifade edilebilir.

Görüldüğü üzere, uzaktan sayaç okuma sistemleri, akıllı elektrik şebekelerinin gerektirdiği birçok uygulamanın temelini oluşturmaktadır. Zaman içinde bir yandan bu uygulamalar şekil değiştirirken, diğer yandan birçok yeni fonksiyon talepleri de ortaya çıkacaktır. Yeni talepler ve değişiklikler çoğunlukla akıllı sayaç okuma sistemlerinin uygulama yazılımının değiştirilmesiyle sisteme entegre edilebilecektir. Bu makalede; sayaç okuma ağlarını oluşturan elemanlardan sadece iletişim ağlarının değerlendirilmesi ele alınacaktır.

### 3. Sayaç Okuma Sistemleri için İletişim Ağları

Akıllı sayaç okuma sistemlerinin elemanları arasında bilgi akışını sağlayan haberleşme ortamları genel olarak üç- farklı sınıfta toplanabilir.

(a). **Doğrudan Bağlantı:** Sayaç Okuma Merkezi (USOM) ile veri toplama üniteleri ve sayaçlar arasındaki bağlantı GSM/GPRS veya PSTN üzerinden doğrudan sağlanabilir. Gelinek noktada bu uygulama, USOM ile orta gerilimden enerji satın alan müşteri sayaçları ve 220/380 V alçak gerilim hatlarına bağlı olan sayaçlardan bilgi toplayan Veri Toplama Üniteleri arasındaki veri iletişimi için tercih edilmektedir.

(b). **Mevcut Bilinen Linkler:** Alçak gerilim şebekelerine bağlı sayaçlar ile trafo merkezlerinde bulunan veri toplama üniteleri arasındaki bilgi iletişimi ya elektrik hatları (PLC) üzerinden ya da düşük güçlü Radyo Frekanslı (RF) linkler yardımıyla sağlanabilmektedir.

(c). **İnternet Üzerinden:** Orta gerilim hatlarına bağlı sayaçlar ile USOM arasındaki ve ayrıca düşük gerilim hatlarına bağlı sayaçlar ile trafo merkezindeki veri toplama üniteleri arasındaki veri akışı, söz konusu elemanlara birer internet adresi verilerek mevcut internet ağları üzerinden sağlanabilmektedir.

### 3.1. Radyo Frekanslı Dalgalar

Yarım asırdan beri RF dalgaları, elektrik güç sistemleri için veri iletişimde kullanılmaktadır. Günümüzde elektrik şirketleri, HF, VHF, UHF ve EHF frekanslı radyo dalgalarını elektrik şebekelerinde, tele-metre, tele-kontrol, tele-koruma ve şebeke işletimi için kullanılmaktadır. RF dalgaları; verici ile alıcı arasından fiziksel bağlantı gerektirmemesi, ihtiyaca yetecek kadar bant genişliğine ve 9600 bps veri iletişim oranına sahip olması, elektrik şebekesinde oluşacak anahtarlama olaylarından etkilenmemesi ve güvenilir olması gibi önemli üstünlüklere sahiptir. Buna karşılık, radyasyon yayması, girişim üretmesi ve girişime maruz kalması RF haberleşme ortamının negatif yanlarıdır.

Bu bölümde, elektrik sayaçlarının uzaktan okunmasında veri iletişim ortamı olarak kullanılabilir olan ve lisanslı ve lisanssız RF bantları ele alınacaktır. Geniş-bant Kablosuz Erişim (BWA) için kullanılan frekans bantları 2GHz ile 11GHz aralığındadır. Lisanslı bantlar ticari şirketler tarafından kiralanmıştır ve ticari amaçlar için hizmet vermektedirler. Lisanssız bantlar ise, belirli amaçlar için serbestçe kullanılabilen linklerdir.

Endüstriyel, Bilimsel ve Tıbbi (ISM) amaçlı kullanılan düşük güçlü RF dalgaları 433 MHz ve 860 MHz bantlarında yayın yapmakta olup, ISM uygulamaları için lisans gerektirmemektedirler. Ayrıca Geniş bant Kablosuz Erişim (BWA) frekans bölgesinde olan 2.4GHz (2.4-2.48) frekans bandı da bu grubun için eklenmiştir.

IEEE 802.11a/b/g göre oluşturulmuş Wi-Fi teknolojisi söz konusu ISM bant aralığında yayın yapmaktadır. Bu yayın bina dışında 300m ve bina içinde 100m'lik bir alanı kapsamaktadır. Wi-Fi teknolojisi ofis ve evlerde WLAN (kablosuz yerel ağ) oluşturmak için kullanılmaktadır.

Wi-Fi teknolojisi bina içlerinde dağınık bulunan sayaçların okunması, okunan bilgilerin bir noktada (Sayaç okuma terminalinde) toplanması ve başka bir kanal üzerinden veri toplama ünitesine veya USOM'a aktarılması için kullanılabilir. Bluetooth (kablosuz kişisel ağ ortamı), Zigbee ( kablosuz yerel ağ ortamı) ve Wi-Fi teknolojilerinden bağımsız olarak, firmalar ISM bandını kullanan kendi teknolojilerini geliştirerek bina içi ve dışı kullanımı için kablosuz yerel ağ oluşturabilirler. Oluşturulan sayaç okuma yerel ağlarının sahibi duruma göre, Uzaktan Sayaç Okuma Şirketleri (USOŞ) veya elektrik dağıtım şirketleri olabilirler.

BWA haberleşmesi için kullanılan 3.5GHz (3.3 GHz-3.6GHz) bandı lisanslı iletişim bandı olarak ayrılmıştır. Avrupa' da yaygın olarak kullanılan bu bant çok yoğundur. 300MHz'lik bant genişliği ile büyük bir esneklik sağlamaktadır ve kablosuz WAN oluşturmada kullanılmaktadır. Bu bandı kullanan taşıyıcı şirketlerden en çok bilineni WiMAX'dır[12,13]. WiMAX RF teknolojisi ayrıca WBA 5GHz'lik lisansız bandını da kullanmaktadır. IEEE 802.16a standardına göre geliştirilmiş WiMAX teknolojisi kullanılarak 50km'ye kadar 100Mbps hızda geniş bant veri iletişimi yapılabilmektedir.

WiMAX veya geliştirilecek benzeri teknolojiler kullanılarak internet bağlantısı olmayan kırsal kesimlerde internet ağı kurulabilir. Bu ağ, internet hizmetleri yanında, dağıtım sistemlerinin otomasyonu ve akıllı sayaç okuma sistemleri içinde kullanılabilir. Her köye yerleştirilebilecek Veri Toplama Ünitesi ile sayaçlar arası veri iletişimi WiMAX veya benzeri teknolojiler yardımıyla yapılabilir. Veri toplama ünitesi ile USOM arasında iletişim ise GSM/GPRS veya PSTN üzerinden sağlanabilir.

### 3.2 Elektrik Hatları Üzerinden İletişim

Dijital veriler belli frekanstaki taşıyıcı işaret üzerine modüle edilerek elektrik iletim/dağıtım hatları aracılığı ile bir başka noktaya aktarılabilir[6,7,8]. Bu iletişime güç hatları üzerinden haberleşme (PLC: Power line communications) denir. Elektrik hatları üzerinden 3kHz ile 500kHz aralığında dar bant iletişim yapılmaktadır. Uzakdoğu ülkelerinde iletişim frekansı 1MHz veya 1.6MHz'e kadar çıkmaktadır. 1991 CELENEC 50065.1 standartlarına göre; Avrupa'da 3kHz-148.5kHz aralığı veri iletişimi için ayrılmış durumdadır. Bu bandın 3kHz-95kHz aralığı elektrik

şirketleri ve 95kHz-148.5kHz aralığı ise bina otomasyonu için kullanılmaktadır.

BPLC (Broad band power line communications); verilerin elektrik iletim ve dağıtım hatlarının oluşturduğu ağlar üzerinden yüksek hız ve kapasitede gönderilme tekniğidir. Bu iş için ayrılmış frekans bandı 1.6MHz-30MHz aralığındadır.

Son CENELEC önerisine göre Avrupa'da;

- 1.6MHz-12.7MHz aralığı her türlü iletişim için,
- 14.35MHz-30MHz aralığı bina otomasyonu için,

IEEE önerisine göre ise Kuzey Amerika'da,

- 1MHz -100MHz geniş bant iletişim için, kullanılması beklenmektedir.

Elektrik hatlarının mevcut olması, iletişim için lisans gerektirmemesi ve frekans paylaşımı sorunu olmaması en önemli üstünlüklerindedir. Ayrıca, PLC noktadan noktaya haberleşme için çok uygun bir ortam ve klasik PLC modemler kullanarak dar-bant haberleşmede 9.6kbps ve BPLC geniş-bant haberleşmede ise, 14Mbps'lık bir veri hızı sağlamaktadır.

Bu üstünlüklere karşılık; taşıyıcı işaretin girişim oluşturması ve girişime maruz kalması, iletişim empedansının zamanla ve yüklerle beraber değişmesi ve hattın kopmasının haberleşmeyi doğrudan kesmesi gibi PLC ile haberleşmede önemli zayıflıkları mevcuttur.

USO sistemlerinde PLC, trafo merkezlerine yerleştirilen Veri Toplama Ünitesi ile alçak gerilimden (AG) elektrik satın alan müşteri sayaçları arasında veri iletişimi kullanılmaktadır. Bunun için tek frekanslı taşıyıcı işaretler kullanılır. BPLC teknolojisinin uygulanıyor olması durumunda, aynı sistem akıllı sayaç okuma ağlarının kurulması amacı ile kullanılabilir. Sayaçlar aynı zamanda, haberleşme için hem tekrarlayıcı ve hem de yönlendirici olarak görev yapabilmektedir. Bu haberleşme alanının genişliğini ve USOS elemanları arası haberleşmenin güvenilirliğini artırmaktadır.

Alçak gerilim (AG) dağıtım şebekelerine bağlı sayaçların dağıtım hatları üzerinden okunması ile ilgili çalışmalar ve ilgili sistemlerin kurulması girişimleri devam etmektedir. AG' den elektrik satın alan müşterilerin sayaçlarının hatlar üzerinden okunması maliyet ve lisans işlemleri açısından çok uygun olmasına ve bu alanda önemli araştırma ve geliştirmeler yapılmasına rağmen, uygulamalar açısından hızlı bir gelişme kaydedilememiştir.

### 3.3. Mobil Telefon Ağları

Mobil telefon haberleşmesi (GSM) ikinci nesil dijital mobil haberleşmesi için bir standart oluşturmuştur. GSM haberleşmesi 900 MHz, 1800 MHz ve 1900 MHz frekans bölgelerinde çalışmaktadır. GSM 1800 ve

1900MHz'lik iletişim ağlarının kapasitesi çok daha yüksek olduğu için genellikle şehirleşmenin yoğun olduğu bölgelerde kullanılmaktadır. GPRS aynı frekans bantlarını kullanan genel radyo paket servisedir. GSM/GPRS onlarca kbps veri iletişim hızına sahiptir. Üçüncü nesil (3N) mobil telefon sistemi geniş bant haberleşme sağladığından yüzler mertebesinde kbps iletişim hızına sahiptir.

Elektrik sayaçlarının GSM/GPRS üzerinden okunabilmesi için sayaçların GSM/GPRS modeme sahip olması gerekmektedir. Sayaçlarla USOM arasındaki iletişim GSM operatörü üzerinden yapılmaktadır. Genelde orta gerilimden elektrik alan müşteri sayaçlarının okunmasında tercih edilmektedir. Ayrıca orta gerilim trafo merkezlerine yerleştirilen VTÜ'lerinin USOM ile bağlantıları da genelde GSM/GPRS aracılığı yapılmaktadır. GPRS'in kullanılması durumunda, gönderilen verinin miktarına bağlı olarak ve GSM kullanılması durumunda veri gönderme süresine göre operatöre ödeme yapılması gerekmektedir.

#### 4. PSTN Hatlar Üzerinden Dijital İletişim

Mevcut telefon (PSTN) hatları üzerinden yapılan dar bant dijital iletişim (ISDN) 128 kbps'lık bir veri iletişim hızına sahiptir. Yine aynı ortam üzerinden yapılan DSL geniş bant haberleşme hızı birkaç Mbps'a kadar çıkabilmektedir. Her iki teknoloji'de sayaçların okunmasında tercih edilebilir. Bu yolla sayaçların %95'ine ulaşma olanağı olmasına ve güvenilir bir ortam oluşturulmasına rağmen, iletişim için sayaç modemi ile telefon veya telefon hatları arasında bir bağlantının olması gerekmektedir. Sistemin sahibi telefon veya internet sağlayıcıları olduğundan kullanım maliyetinin bu sağlayıcılara ödenmesi gerekmektedir.

#### 5. Sonuçlar

Elektrik şebekelerindeki uygulamalar için veri iletişimi ortamı seçilmesi bazı kriterlere bağlıdır. Bunlar; veri iletişim ortamının ulaşılabilirliği, kullanım esnekliği, güvenilirliği, maliyeti ve uygulamanın türüdür[1]. Aynı kriterler sayaç okuma sistemleri içinde geçerlidir.

Uygulamanın güvenliği ve güvenilirliği açısından bakıldığında sözü edilen tüm haberleşme ortamları AMR ve akıllı sayaç okuma sistemleri için yeterli bir alt-yapı sağlamaktadır.

İlk uygulamalarda, AG'ye bağlı sayaçların okunmasında PLC ve orta gerilimden elektrik satın alan müşteri sayaçlarını okumak için GSM/GPRS ön plana çıkarılmıştır. Zaman içinde, kablosuz iletişimdeki hızlı gelişmeler ve artan alternatiflere rağmen, PLC deki gelişmelerin yavaş olması ve akıllı sayaç okuma kavramının ön plana çıkması düşünceleri değiştirmiş ve başka alternatiflerin ortaya çıkmasını sağlamıştır.

Akıllı sayaç okuma sistemleri göz önüne alındığında, yüksek veri iletişim kapasitesi ihtiyacı nedeniyle geniş bant haberleşme sağlayan 3N, BPLC ve BWA bölgesinde iletişim sağlayan teknolojiler ön plana çıkmaktadır. Böyle bir alt-yapı akıllı elektrik şebekelerinin ihtiyaç duyacağı diğer uygulamaları da kaldırabilecek durumda olur. Daha ekonomik bir çözüm için PLC, RF ve mevcut internet ağları kullanılabilir. Fakat böyle bir alt yapı ileride akıllı sayaç uygulamalarının tüm fonksiyonlarının uygulanmasında sınırlayıcı bir etken olabilir.

#### 6. Kaynakça

- [1] Ö. Usta ve Diğerleri, "Data Communications for Power System Relaying", IEEE 7803-3879/98.
- [2] Ö. Usta ve Diğerleri, "Elektrik Güç Sistemlerinin Korunmasında Veri İletişimi", 3e Elektrik Dergisi, Sayı.21, ss.34-37, Ağus.1998.
- [3] Ö Usta, K Sonsuz, Y Özmen ve S Ekşi, "Elektrik Dağıtım Şirketleri İle Tüketiciler Arasında İki Yönlü Bilgi İletişimi", 12. Ulusal Elektrik-Elektronik-Bilgisayar Kongresi, Eskişehir, Kasım 2007.
- [4] G Deconinck, "An Evaluation of Two-way Communications Means for Advanced Metering", IEEE II&MT Konferans, Vancouver Kanada, 2008.
- [5] DC Yeung ve FA Morgan, "Utilities and Two-Way Customer Communication Systems", IEEE Communication Magazine, ss.33-35, April 1995.
- [6] J Newbury, "Communication Requirements and Standart for Low Voltage Main Signaling", IEEE Trans. On PWRD, Vol.13, No.1, ss.146-52, Jan 1998.
- [7] G N Ericson, "On Requirement Specifications for a Power System communications", IEEE Trans. On PWRD, Vol.20, No.2, ss.1357-1362, April 2005.
- [8] H Saari, "Remote Reading and data management systems for kWh meters with power quality monitoring", Power Engineering Journal Vol.3, ss.1237- 244, 1996.
- [9] M Sjödin, "Remote Monitoring and Control Using Mobile Phones", White Paper-Now 2001.
- [10] J Costa et all., "Control and Monitoring of Electrical Distribution Grid Using AMR Systems.", IEEE Power Tech Conf, Porto 2001.
- [11] IEEE TUTORIAL COURSE; "Fundamentals of Supervisory Systems", 91EH0337-6.
- [12] White Paper WiMAX Spectrum, Fujitsu Microelectronics America, Inc.November 2004.
- [13] A Ghosh and D R Wolter, J G Andrews and R Chen, "Broadband Wireless Access with WiMax 802.16. Current Performance Benchmarks and Future Potential" IEEE Communications Magazine • February 2005