

Smart Grid (Akıllı Şebekeler) : Türkiye’de Neler Yapılabilir?

Barış SANLI, Ağâh HINÇ

ÖZET

Akıllı şebekeler son yıllarda önem kazanan konulardandır. Bu makalede bu sistemlerin dünya uygulamalarına kısaca değindikten sonra, Türkiye’de çok zamanlı tarife ile böyle bir sistemin tüketici ve şebekeye getireceği faydalar sayısal olarak hesaplanmaya çalışılacaktır. Burada amaçlanan söz konusu sistemlerin şu aşamada bile hem sisteme hem tüketiciye büyük yararlar sağladığını göstermektir ve bu konuda deneysel çalışma yapacak olanlara yardımcı olmaktır.

GİRİŞ

Edison’dan, daha doğrusu Tesla’dan bu yana hemen hemen aynı şekilde çalışan 20.yy’dan kalma şebekelere 21.yy’ın bilgisayar ve ağ teknolojisi entegre edilerek elde edilen şebeke sistemine “Akıllı Şebeke” (SmartGrid) denilmektedir. Akıllı şebekenin daha birçok tanımı vardır. ¹ Akımlar Savaşı’nın (War of Currents) sonucu bugün kullandığımız şebeke sisteminin de belirleyicisi olmuştur. Bir tarafta Edison’un dağınık üretim şekliyle üreterek doğru akım (DC) hatlar üzerinden tüketime sunduğu sistem ile Tesla’nın Westinghouse ile birlikte başardığı uzun mesafe güç taşımacılığı için gerilimin yükseltilerek taşınması için kullanılan alternatif akım (AC) sistemi bir süre rekabet ettikten sonra, Tesla’nın sisteminin üstünlüğü Edison tarafından da kabul edilmiştir. Dünyadaki çoğu şebekenin tamamı AC sistemlerdir.

AC sistemlerde, güç bir yerde üretilerek bir başka yere taşınmaktadır. Bu sistemlerin temeline baktığımızda, 20.yy’ın son çeyreğine kadar hep büyük bir üretim noktasından belirli prensipler çerçevesinde kontrol edilemeyen bir tüketim gücünün karşılanması üzerine kuruludur. Bu belirli prensiplerin en başında şüphesiz frekansın izlenmesi gelmektedir.

Günümüzde ise özellikle yenilenebilir elektrik üretiminin önem kazanması ile birlikte, gerçek zamanlı fiyatlamanın yapıldığı serbest piyasa sisteminde akıllı sistemlere ihtiyaç duyulmaktadır. Böylelikle talep de gerçek zamanlı olarak kısmen dengelenebilecek ve tevzilenemeyen fakat öngörülebilir yenilenebilir elektrik üretiminin şebeke üzerinde neden olduğu olumsuz etkiler en aza indirilebilecektir. Tüm bunların sonucunda ise CO₂ salınımı önemli ölçüde engelleneceğinden, çevre dostu bir teknoloji olduğu da söylenebilir. Örneğin General Electric'e göre Amerika'daki evlerin %10'unda akıllı sayaçların kullanılması ile 3,724,197 ton CO₂ salınımı engellenmiştir. Bu oran %25'e çıktığında 9 milyon ton'un üzerinde salınımın önüne geçilecektir².

Akıllı Şebekeler: Internet ve Enernet

Bilgi teknolojileri alanında günümüzde ulaşılan seviyeye bakılırsa, eskiden tek bir noktadan yayın yapan istasyonlar ve evlerinde bu yayınları izleyen nihai seyircilerden, şimdi seyircinin de bu bilgi akışının etkileyici bir parçası olduğu bir döneme gelmiş oluyoruz. Youtube'dan Twitter'a birçok yeni teknoloji geleneksel medya sistemi tarafından da kullanılmaktadır. Aynı şekilde internet prensiplerinin enerji sistemine uygulanması konusunda da fikirler mevcuttur³. Yani tıpkı internet'in bilgi akışını çift yönlü hale getirmesi gibi, akıllı şebekeler ile sistem dengelenmesi iki yönlü (hem üretim hem tüketim) ile yapılabilecektir. İnternet sisteminin geldiği noktadan esinlenilerek önerilen elektrik şebekesine "Enernet" diyenler de bulunmaktadır⁴. Bu sistem ile internet arasındaki kıyaslama tablosu da şu şekildedir.

Tablo 1 – Enernet ve Internet

Enernet	Internet
Enerji, Güç	Bilgi, bant genişliği
Carnot (Termodinamik)	Shannon (Bilişim Teorisi)
1824 -> Entropi	1948->Entropi
Ergs, Joules	Bits, Bytes
Elektrik	Elektronik
Power=Joules/saniye	Bant genişliği= Bits/saniye
Watt(W)=Newton-Meter/Saniye	Bit-Meter/Second

Tıpkı rekabet uygulamalarında enerji sektörünün telekomünikasyon uygulamalarından etkilenmesi gibi, elektrik şebekesinin de iletişim ağlarından etkilenmesi beklenmektedir. Dolayısıyla “Akıllı Şebekeler” veya “İnternet teknolojilerinden esinlenilerek sayısal altyapı eklenmiş elektrik şebekeleri” veya “Enernet tabanlı elektrik şebekeleri” önümüzdeki dönemdeki anahtar teknolojilerden olacaktır.

Akıllı Şebeke Yapısı

Akıllı şebeke yapısının 3 anahtar bileşeni vardır⁵:

Tablo 2 – Akıllı Şebeke Yapısı Anahtar Bileşenler

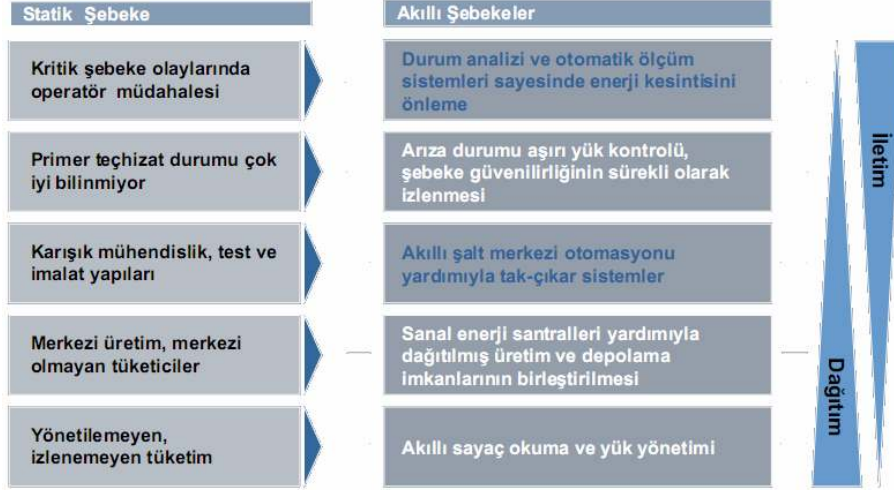
Olay Önleme	Kendini onaran Şebeke	Gelişmiş Sayaç Altyapısı
- Uzaktan yük profillemeye/yönetimi - Şebeke aktiviteleri incelemesi - Gelişmiş veri analizi - Şebeke durum ölçümü ve kestirimci tepki	- Gelişmiş varlık yönetimi/görünümü - Gerçek zamanlı şebeke durumunun izlenmesi - Otomatik şebeke anahtarlama - Sensör olarak sayaç - Trafo yük yönetimi - Duruma bağlı insan kaynağı yönlendirmesi - Şebeke olay ve lokasyon algılanması	- Sayaçlar - Sayaç sorgulaması - Sayaç açma/kapama - Elektrik kesintisi uyarısı - Sayaçlar ile iki yönlü haberleşme

Tablo 2’den de görüldüğü üzere, akıllı şebekeler daha fazla iyi kalitede gerçek zamanlı veri toplanması temeline oturmaktadır. Bu verinin bilgisayarlar tarafından çok hızlı kararlar için analizi ve insanlar tarafından hızlı analizi⁶ ile sistem olacak olayları önlemekte, kendini onarmaktadır. Tüm bunlar ise gelişmiş bir sayaç yapısı ile mümkün olmaktadır. Bu şebekelerin:

1. Talep yönetimi
2. Yenilenebilir kaynakların daha fazla entegrasyonu
3. Kaynakların verimli kullanımı (Hem üretim hem tüketim tarafında)
4. Enerji tasarrufu ve fiyat avantajı
5. Sistem dengesi

konularında faydalar sağlaması beklenmektedir.

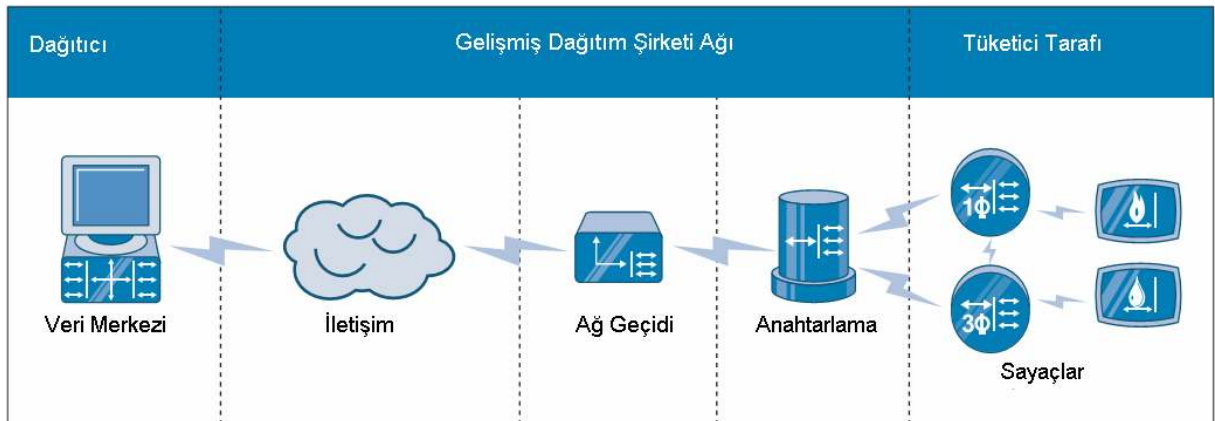
Akıllı şebekeler gerçek zamanlı haberleşme altyapısı ile aşırı yüklenmeleri hissedebilecek, enerji akış yönlerini düzenleyecek, yenilenebilir enerji kaynakları kullanımını optimize edecek ve kullanıcı maliyetlerini aşağı çekecek çevreci bir sistem oluşturacaktır⁷. Bu sistemin mevcut sisteme göre avantajları aşağıdaki şekilde verilmektedir:



Şekil 1- Mevcut Statik Şebekeler ve Akıllı Şebekeler⁸

Akıllı şebeke sisteminin iki temel ayağı vardır:

1. Donanım (Sayaçlar, ev aletleri, büyük sistemler)
2. Yazılım (Veri altyapısı, internet tabanlı sistemler, diğer yazılımlar)



Şekil 2 – Akıllı Şebeke’de Dağıtım Şirketi ve Tüketici⁹

Bu yapının kritik noktası olan iletişim ağının nasıl yapılacağı konusundaki çalışmalar devam etmektedir. Kablosuz, WiMax veya BPL (Broadband over Power Lines) teknolojileri sık sık gündeme gelmektedir. Özellikle BPL (elektrik hatları üzerinden

geniş hat) sistemi son zamanlarda yeniden yeni bir ivme kazanmıştır¹⁰. 256 kbps bir bağlantı, 3 ev/km² olan yerler için bile aylık yaklaşık 30\$'a sağlanmaktadır. Akıllı Şebeke sistemini de bir fırsat gören BPL firmaları, çalışmalarına ağırlık vermiştir. Dolayısıyla “Akıllı Şebeke Sisteminin Geleceği” hem yazılım hem de donanım alanındaki maliyet düşürücü gelişmelere ve ortak standartların belirlenmesine bağlıdır.

The Olympic Peninsula Project: Bir Akıllı Şebeke Deneyi

Amerikan Enerji Dairesi'nin, Gridwise inisiyatifinin bir parçası olarak 2005 yılında kurulan, Pacific Northwest GridWise Testbed programı elektrik altyapısının bilgi ve iletişim teknolojileri ile geliştirilmesini amaçlamıştır. Bu çerçevede “Olympic Peninsula Project (Olimpik Yarımada Projesi)” adlı bir test projesi yapılmıştır. Bir yıl boyunca süren proje Mart 2007'de son bulmuştur. Projede IBM gibi birçok firma görev almıştır.

Bu deneyde, toplam 120 adet mesken, ticarethane ve sanayi müşterisi yer almıştır. Mesken tüketicileri kontrol ve deney grubu diye ikiye ayrılmıştır. Deney grubuna üç kontrat olanağı sunulmuştur. Katılımcılar, normal elektrik faturaların aynı şekilde almaya devam ederlerken, internet üzerinden de bir “gölge fatura sistemi” tasarlanmıştır. Normal faturalarını toplam tüketimlerine göre alan ve ödeyen tüketiciler, gölge fatura sisteminde de kendilerine 3 ayda bir verilen sanal fonlarla ödeme yapmaktadırlar. Tasarruf ettikleri sanal fonlar bir sonraki döneme aktarılmakta ve en sonunda nakit olarak tüketicilere ödenmektedir.

Mesken tüketicileri, talebe cevap veren ısıtma-soğutma sistemlerine sahipti. Bu otomatik fiziksel kontrol ekipmanları Invensys'in GoodWatts pilot sistemi ile kontrol edilmekteydi. Bu deneyle, katılımcılar ev profillerini oluşturabilmekte, tarife göre talebe cevap veren sistemlerini ayarlayabilmekteydiler. Tüm bunlar ile oluşturulan sanal fiderdeki elektrik yüklerinde genel bir düşüş sağlandı¹¹.

Bu deneyi farklı yapan, bölgesel bazda yapılan ilk deneylerden biri olmasıdır. Bu deney ile ilgili hazırlanan final raporunda konu ile ilgili resimlere ve sonuçlara yer verilmektedir¹². Burada hem donanım hem de yazılım alanında deneysel araçlara yer verilmiştir.



Şekil 3- Şebeke ile dost bir kurutma cihazı şebeke kontrolünde iken (Solda), Olimpik Yarımada deneyinde kullanılan web sitesi(Sağda)

Proje sonucunda elde edilen çıktılar şunlar olmuştur¹³:

1. Teknik olarak şebekedeki sistem kısıtlarını kontrol ve güç kesintilerini önlemek için “Şebeke ile dost”(GFA) kontrol cihazlarının kullanılması mümkündür.
2. Çalışmadaki katılımcılar, yapılan deneyde elektrik cihazlarının otomatik kontrolünden dolayı etkilenmediklerini hatta enerji tüketimlerindeki otomatik düşüşleri hissetmediklerini belirtmişlerdir.
3. Mesken tüketicilerinin önemli bir kısmı, bu tip şebekeye duyarlı kontrol cihazları ve aletlerini almak istediklerini belirtmişlerdir.

Gelişen Pazar – Tanıdık Oyuncular: Google ve Microsoft

Akıllı şebeke sisteminin ilk adımlarından biri olan, uzaktan sayaç okuması sistemleri Türkiye dahil birçok ülkede bulunmaktadır. Bu konuda en önemli adımlardan birini İtalya atmıştır. Ama iş yazılıma geldiğinde daha çok Amerikalı ve hatta tanıdık firmaları görmekteyiz. Bu sistemlerin geleceğinde ve/veya altyapısında söz sahibi olmak isteyen birçok Amerikalı firma, web portalları kurmuş ve elektrik dağıtıcıları ile ortak hareket etmektedirler. Bu sistemlerin en etkileyicilerinden biri Lucid Design tarafından hizmete sunulan sistemdir. Sistem gerçek zamanlı elektrik ve gaz tüketimini göstermekle kalmayıp, bunu hava durumu(sıcaklık, rüzgar) ve maliyet gibi diğer unsurlarla da görselleştirmektedir.



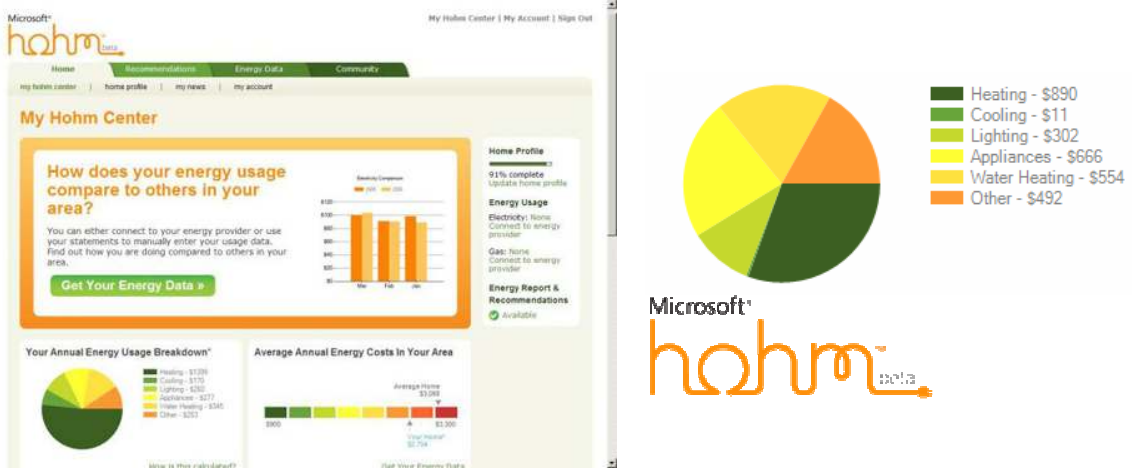
Şekil 4- Lucid Design'in uzaktan okuma sisteminin grafik arayüzü¹⁴

Bu etkileyici ve öncü tasarım diğer birçok firmanın ve tüketicinin de dikkatini çekmiştir. Bu oyuncuların en başında Google gelmektedir. Google, PowerMeter sistemi ile anlık tüketiminizi ve faturalandırmanızı bir "Google Eklenti" ile internette gezerken canlı olarak görebilmek mümkün olmaktadır. Ayrıca bu sistemi kullanarak birçok tüketicinin yaptıkları tasarruflar internet sitesinde yer almaktadır¹⁵.



Şekil 5 – Google Powermeter eklenti ekran görüntüsü ve detaylı yük grafiği¹⁶

Aynı şekilde Microsoft da Hohm ile Amerikalı kullanıcılarına hizmet sunmaya başlamıştır. Microsoft'un sistemi ile yapılan çalışmada, sistem öncelikle ev ve içindeki aletler ile ilgili bir anket sunmakta, bunun ardından bir ortalama tüketim çıkarmaktadır. Microsoft sisteminde uzaktan okuma sistemi haricinde, faturalarınızı elle de girebilme imkânı sunulmaktadır.

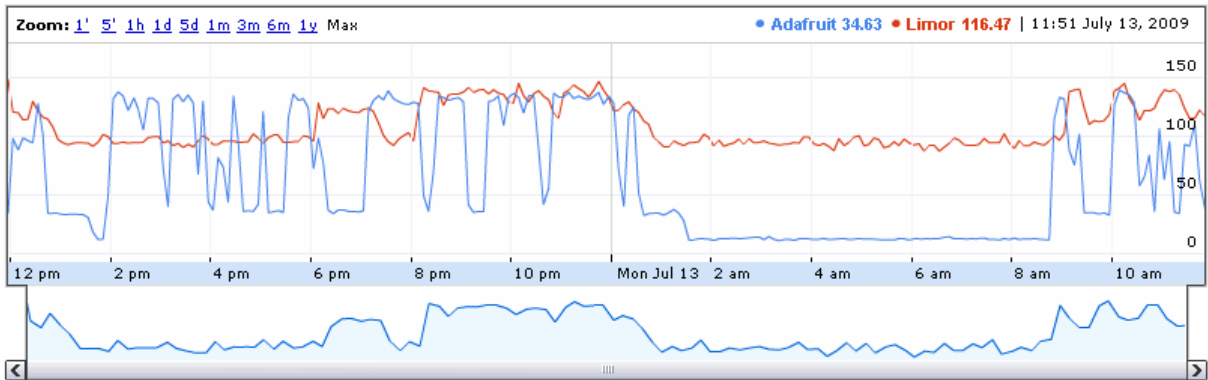


Şekil 6 – Microsoft Hohm’un ekran görüntüsü ve örnek bir ev tüketiminin dağılımı¹⁷

Örneklerden de görüldüğü üzere söz konusu sistemler ile kullanıcıya gerçek zamanda veri akışı sağlamanın ötesinde, ucuz ve yaygın olarak kullanılacağı düşünülmektedir. Bu yüzden özellikle Microsoft ve Google gibi firmalar değişik yazılım altyapıları ile bu pazara girmiş bulunuyorlar.

Türkiye’de Yapılabilecekler

Söz konusu sistemlerin incelenmesinin ardından, Türkiye’nin bu sistemler için oldukça verimli bir pazar olacağı tezi üzerine, birkaç ufak deneme yapılmıştır. İnternet’ten bulunabilen sistemler ile elektrik tüketimi wattmetreler üzerinden okunarak, Tweeter gibi siteler üzerinden yayınlanabilmektedir. Söz konusu sistemlerden biri olan “Tweet-a-Watt” sitesinde ortalama 90\$’a mal olan bir sistemle¹⁸ tüketim grafikleri yayınlanmaktadır.



Şekil 7 – Tweet-a-Watt kullanan bir siteden günlük yük kullanımı¹⁹

Söz konusu sistem için Türkiye’de çalışan bir wattmetre (Kill-a-watt cihazı Amerikan standartlarına göre ayarlı olduğundan Avrupa voltajına uyumlu değildir), dört tane elektronik ayarlı priz ile böyle bir sisteme benzer sistem kurulabileceği öngörülmüştür. Henüz ülkemizde bir “akıllı şebeke” çalışması bulunmamakla birlikte, akıllı bir şebeke olması durumunda tüketiciye ne avantajlar sağlayabileceği ve talep tarafı katılımının boyutları konusunda bir ön çalışma yapmayı hedefledik.

Bunun için Wattmetre ile evdeki cihazların teker teker ölçülmesi, anlık yük ve saatlik yüklerinin çıkarılması sağlandı. Bu aşamada demonstrasyon amaçlı denememizde, uzaktan okuma sistemi varmış gibi davranarak anlık olarak verileri kaydettik. Bunun sonucunda oluşan tablo şu şekildedir:

Tablo 3 – Anlık yükler, ev aletleri ve uzaktan ayarlanıp ayarlanılamadığı

Yük (Watt)	Alet	Ayarlanabilir
5	Cep tel şarj cihazı	E
170	Buzdolabı	E
1000	Çamaşır makinesi	E
1500	Bulaşık makinesi	E
1800	Su ısıtıcı	E
2000	Elektrikli sıcak su	E
20	Kompakt Floresan	H
30	LCD TV	H
30	Laptop	H
60	Ampül	H

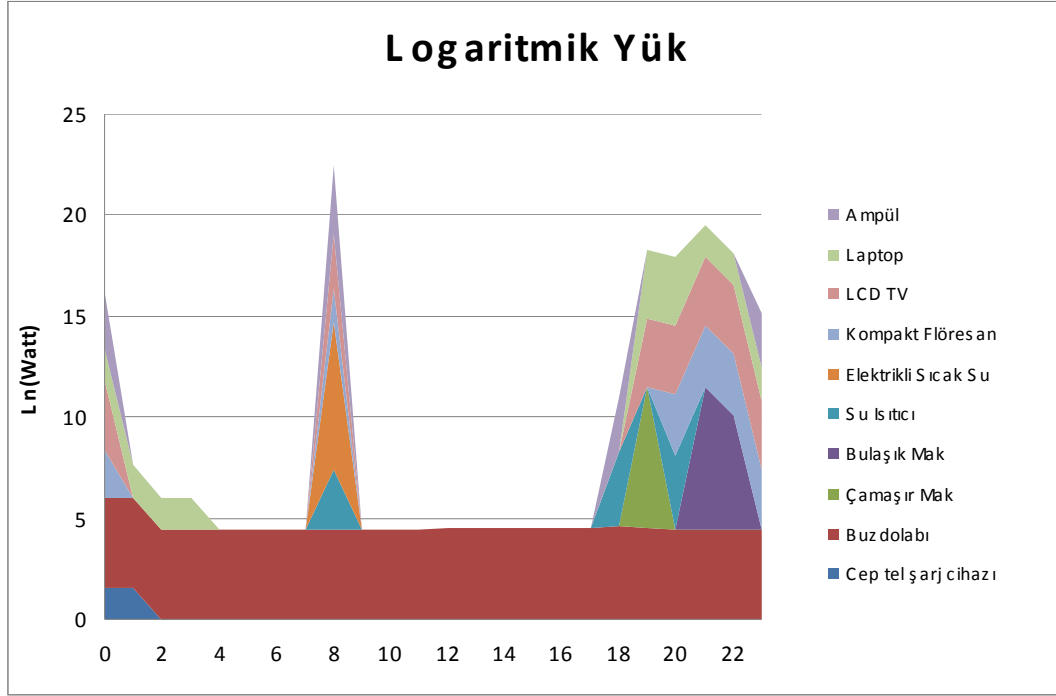
Burada hangi aletlerin otomatik olarak kapatılıp kapatılamayacağı tüketicinin tercihinine bağlıdır. Gerçek bir sistemde, bu prize takılabilecek elektronik kontrol cihazları ile bu prizlerin kontrol edilip edilmemesi mümkün olacaktır. Bu tip sistemlerin manuel olanları internette oldukça uygun fiyata satılmaktadır(2 programlı priz – 29 tl).

Ayrıca TEDAŞ sitesinden de tarifler alınarak üzerine ÖTV, BTV, TRT ve Enerji Fonu eklenerek, meskenler için aşağıdaki fiyatlar elde edilmiştir:

Tablo 4 – Tedaş Fiyatları, 1 Nisan 2009²⁰ , ve vergilendirilmiş fiyat

	Tek Zamanlı tarife	Gündüz	Puant	Gece
TEDAŞ	19.49	18.33	29.05	10.61
Vergili Nihai Fiyat	24.69	23.22	36.81	13.45

Tüm bu fiyatlar üzerinden bir evin ortalama yük eğrisi elde edilmiştir. Evdeki sıcak su sisteminin elektrikli olması sebebi ile bu tüketimin logaritmik grafiği aşağıda verilmiştir.



Şekil 8 – Evin toplam yük grafiği, bir pazartesi günü için

Bu sistem ve tüketim üzerinden, 3 zamanlı tarifeye geçmek faturayı arttırmaktadır, çünkü evi kullanan şahıs 19:00 da evinde olmaktadır ve tüm temel aktivitelerini 22:00 gibi sonlandırmaktadır. Dolayısıyla elektriği daha çok puant saatte tüketmektedir.

Tablo 5- Şekil 8 deki yük eğrisinin tek zamanlı ve çok zamanlı tarife ile maliyeti(TL)

	Günlük	Ayda	Yılda
Tek Zamanlı Tarife	1.66	49.67	604.26
Çok Zamanlı tarife	1.84	55.22	671.84

Peki bu tüketim profilinde ayarlanabilir yükleri, programlanabilir prizler yardımı ile tüketimin daha ekonomik dönemlere atma imkanı bulunsaydı, sonuçlar ne olurdu diye yeniden bir çalışma yapıldı. Bunun sonucunda buzdolabı, bulaşık ve çamaşır makinelerinin 22:00'den sonraya çalışmaya başlaması otomatik olarak sağlanarak, ciddi bir yük düşüşü sağlandı, ayrıca laptopların puant tüketim zamanında pil tüketimi yapması ve puant bitiminde şarja girmesi için elektronik prizlerin programlanabileceği öngörüldüğünde, nihai tüketim bu sefer şu şekilde olmaktadır.

Tablo 6- Ayarlanabilir cihazların zamanlarının kaydırılması ile elde edilen tüketim(TL)

	Günlük	Ayda	Yılda
Tek Zamanlı Tarife	1.66	49.67	604.26
Çok Zamanlı tarife	1.13	34.03	414.04

Bu sadece tüketici tarafına sağlanabilen bir gelirdir. Yani çok zamanlı tarife-tüketim okuması ve programlanabilir prizler ile sistem 30 iş gününde 15 TL'ye kadar bir getiri sağlayabilmektedir. Şebeke açısından bakılırsa, saatlik olarak ayarlanabilir güç miktarı 1,000 ve 100,000 ev için şu şekilde olmaktadır.

Tablo 7- Şebeke açısından meskenlerde ayarlanabilir talep(1,000 ve 100,000 ev için)

Ev Sayısı		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1,000	MW	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	1.6	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	1.1	0.1	1.3	0.4	0.1
100,000	MW	9	9	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	161	8.5	8.5	8.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	14	110	13	129	39	8.5

Dolayısıyla, uzaktan okuma ve kontrol sistemleri ile hem şebekenin kontrolü kolaylaşmakta, hem de tüketicinin masraflarının azalması beklenmelidir. Burada yapılan çalışma teorik bazda olup, tüketim verileri eğer “Olimpik Yarımada Projesi”ndeki gibi kontrol edilebiliyor olsaydı, 1000 ev için bile hem Türk tüketicisine hem de şebeke işletmecisine yepyeni imkanlar sunmaktadır.

SONUÇ

Dünyada örnekleri gösterilen sistemlerin Türkiye’de yapılmasının önünde hiçbir engel yoktur. Burada yaşadığımız kronik bir sorun vardır: Sürekli dünden kalan problemleri çözmeye çalışmaktan yarınları planlayamamak. Oysaki kaybedilen zamanın telafisi yoktur. Bugün fantezi olarak gördüğümüz akıllı şebeke sistemleri şu anda dünyanın dört bir yanındaki çalışma gruplarında tasarlanmaktadır. Türkiye’de ise bu konuda öncülüğü bir ürün tedarikçisi yapmaktadır.

Burada önerdiğimiz sistem, 5 priz için kontrol donanım ve kablosuz sistemler (75 TL*5) ve bir wattmetre (49 TL) ile 375 TL ve bir yazılım ile halledilebilecek bir konudur. Bu konuda açık kaynak kodlu yazılımlar ile birçok öncü proje yapılabilir. Bu çalışma hem sistem hem de tüketim açısından böyle bir sistemin getirilerine değinmektedir.

Türkiye’de böyle bir sistemin kurulması ve deneme çalışmaları için, ithal ürünlerin fiyatlarının düşmesini beklemek yerine, kendi ürün ve projelerimizi geliştirmeliyiz. Bu sayede yarınları planlayarak bugünün de problemlerini çözebiliriz.

KAYNAKLAR

- ¹ SmartGrid, Wikipedia, http://en.wikipedia.org/wiki/Smart_Grid
- ² GE, Plug into the Smart Grid, Smart Meters, http://ge.ecomagination.com/smartgrid/#/smart_meters
- ³ Enernet: Internet Lessons for Solving Energy, Bob Metcalfe, 24 Mart 2009, <http://earth2tech.com/greenet-09-presentations/>
- ⁴ Metcalfe, 2009
- ⁵ Harnessing the Power of the Intelligent Grid to Innovate/Enhance Efficiency and Reliability of Utility, Kevin Klein ve Jim Sheppard, <http://www.utilitiesproject.com/10745>
- ⁶ How Intelligent Is Your Grid? H. Christine Richards, www.UtilitiesProject.com/10832
- ⁷ Akıllı Şebekeler, Mete Taşpınar, Siemens, EPDK Sunumu, Nisan 2009
- ⁸ Akıllı Şebekeler, Mete Taşpınar
- ⁹ Implementing the Right Network for the Smart Grid: Critical Infrastructure Determines Long-Term Strategy, Raj Vaswani ve Eric Dresselhuys, www.UtilitiesProject.com/10711
- ¹⁰ Is This the Moment for Broadband over Power Lines?, David Schneider, IEEE Spectrum, Temmuz 2009, <http://www.spectrum.ieee.org/telecom/internet/is-this-the-moment-for-broadband-over-power-lines>
- ¹¹ Challenges of Demand Response and Distributed Generation, IBM, www.UtilitiesProject.com/10709
- ¹² Pacific Northwest GridWise Testbed Demonstration Projects, Part I. Olympic Peninsula Project, D.J. Hammerstrom et al., Ekim 2007, http://gridwise.pnl.gov/docs/op_project_final_report_pnnl17167.pdf
- ¹³ GridWise Demonstration Project Fast Facts, Pacific Northwest National Laboratory, Aralık, 2007, http://gridwise.pnl.gov/docs/pnnl_gridwiseoverview.pdf
- ¹⁴ Lucid Design Group, Building Dashboard, <http://www.buildingdashboard.com/demo/starter/>
- ¹⁵ Google.org PowerMeter, <http://www.google.org/powermeter/>
- ¹⁶ Images of Google PowerMeter, No Business Model, Katie Fehrenbacher, 2 Haziran 2009, <http://earth2tech.com/2009/06/02/images-of-google-powermeter-no-business-model/>
- ¹⁷ Microsoft Hohm, 13 Temmuz 2009, <http://www.microsoft-hohm.com/Recommendations/EnergyReport.aspx>
- ¹⁸ Tweet-a-Watt kits now available, Adafruit Industries Blog, <http://www.adafruit.com/blog/2009/03/26/tweet-a-watt-kits-now-available>
- ¹⁹ Tweet-a-Watt, <http://wattcher.appspot.com/history?user=adawattz@gmail.com>
- ²⁰ TEDAŞ Elektrik satış tarifeleri, http://www.tedas.gov.tr/tarifeler_xls/2009_trf/tarife_01_04_2009.xls