

Gelişmiş Çalışma Ortamı ve Enerji Verimliliği için Nesnelerin İnterneti Bazlı Akıllı Ofis Uygulaması

IoT Based Smart Office Application for Advanced Indoor Working Environment and Energy Efficiency

Arda Cankat Batı, Ercan Coşkun, Ömer Gözüaçık,
Giray İlhan, Fatih Alperen Şahin, Uygur Uncuoğlu and
Murat Alp Gungen

Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölümü
İhsan Doğramacı Bilkent Üniversitesi
Ankara, Türkiye

{cankatbatı, ecoskun1995, ogozuacık, girayilhan,
fatihalperensahin & uyguruncuoglu}@gmail.com,
gungen@ee.bilkent.edu.tr

Ali Telli

Havelsan A.Ş.
Ankara, Türkiye
atelli@havelsan.com.tr

Özetçe—Günümüzde yeni bir kavram olan “Nesnelerin İnterneti”, birçok cihazın internete ve birbirlerine bağlanmasıyla ortaya çıkan mekanizmayı temsil eder. Bu mekanizmanın içinde algılayıcılardan eyleyicilere kadar birçok ara yüz ve iletişim ağı bulunmaktadır. Bu bütün, sürekli olarak birbiri ile iletişim halinde bulunmakta ve bağımsız olarak karar verebilmektedir. Bu bildiriprde önerilen ‘Akıllı Ofis’ uygulamasında, bu cihazların kullanımı ile kullanıcıların isteklerine ve algılayıcılar ile elde edilen oda durumlarına göre en uygun kararı verebilen bir akıllı ofis ortamı tasarlanıp geliştirilmiştir. Geliştirilen bu sistem, kullanıcılar için en ideal koşulları sağlamayı amaçlamakta ve bunu yaparken de enerji tasarrufunu ve rahat bir ofis ortamı kurmayı hedeflemektedir.

Anahtar Kelimeler — *IoT; otonom; nesnelerin interneti; akıllı ofis; enerji tasarrufu.*

Abstract—Internet of Things is a complex network, consisting of many elements that communicate with each other constantly. The network includes various modules, sensors, and computers etc. which constantly share data with each other, and carry out independent actions. The system may include interfaces connecting the users to the system, such as mobile apps and websites. In our vision, a ‘Smart Office’ is an office which knows or can determine office users’ needs, and acts according to this knowledge. Our main goal is to design an office which will make independent decisions to maintain optimal office environment. These decisions will be made according to manually set user preferences and sensor readings. With our smart office system, we are aiming to provide flexible and energy efficient working environment to the users.

Keywords — *IoT; autonomous; Internet of Things; smart office; energy efficiency.*

I. GİRİŞ

Günümüzde gelişen ve yaygınlaşan teknolojiler ile algılayıcı-eyleyici fiyatları ucuzlamakta, yeni nesil haberleşme sistemleri ile veri iletim hızı ve kapasiteleri artmakta, “nesnelerin interneti” teknolojileri günlük hayata daha fazla

girmeye başlamaktadır. 5G teknolojilerinin ilerleyen yıllarda yaygınlaşması ile gündelik hayattaki tüm cihazlar ortak bir ağa bağlanacaktır. Nesnelerin interneti adı verilen teknoloji ile kullandığımız tüm cihazlar akıllı hale geleceklerdir.

Geliştirdiğimiz 5G akıllı ofis kavramı, ofis ortamında bilinçli elektrik kullanımı ile enerji verimliliği sağlamanın yanı sıra gündelik ofis yaşantısını kolaylaştırmayı ve güvenliği artırmayı amaçlamaktadır.

Ofis içi ve dışı algılayıcılar kullanılmakta olup bu algılayıcı verilerine uygun şekilde ofis içi kontrol mekanizmaları otomatik olarak kumanda edilmekte ve enerji verimliliği sağlanmaktadır. Ofis içerisine yerleştirilecek kamera sistemi ile ofis çalışanlarının yerleri tespit edilerek aydınlatma sistemlerinin çalışan sayısına ve yerine göre istenilen seviyede çalışması gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, bu kontrol mekanizmaları Android uygulamasından ve internet sitesi üzerinden de kumanda edilmektedir. Akıllı mobil cihazlardan kullanılabilen bu uygulama ile haftalık ofis planlarına erişim sağlanmakta, ofis toplantıları, duyurular ve uyarılar kullanıcıların cihazlarına bildirim olarak gönderilebilmektedir. Ofis giriş çıkışlarının kontrolü ve haftalık rastgele şifreler ile ofis girişlerinde güvenlik de arttırılmaktadır.

Sistemin bir ofise kurulması ile ofisteki aydınlatma, ısıtma/soğutma vb. mekanizmaları, içerideki kişi sayısı ve dış ortama bağlı olarak otomatik ayarlanmakta ve böylece daha verimli enerji kullanımı sağlanmaktadır. Android uygulaması ile birlikte ofis yaşantısının kolaylaşması, etkili ve eğlenceli olması sağlanmaktadır.

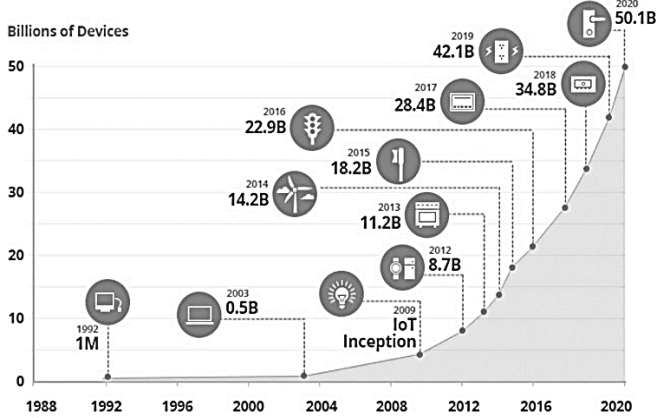
Bildirinin ikinci bölümünde, nesnelerin interneti teknolojileri alanında ilk çalışmalardan başlayarak günümüze kadar gelen gelişmeler özetlenmektedir. Üçüncü bölümde kullandığımız yöntem ve metotlar açıklanmaktadır. Dördüncü ve son bölümde ulaşılan sonuçlardan bahsedilmektedir.

II. AKILLI ÇEVRE UYGULAMALARI İÇİN NESNELERİN İNTERNETİ

Nesnelerin interneti teknolojisi uygulamalarının ilk örnekleri internetin ilk yıllarında ortaya çıkmaya başlamıştır. O yıllardaki internet altyapısı yaygın ve günümüzdeki kadar gelişmiş olmadığı için nesnelerin interneti sınırlı sayıda birkaç örnekten öteye gidememiştir. 1990'lardan beri devam eden teknolojik gelişmeler ile birlikte farklı aygıtları internete bağlamak kolaylaşmış, nesnelerin interneti teknolojilerinin gelişip yaygınlaşması hız kazanmıştır.

İnternet sivil kullanıma 1989 yılında açılmış, bir yıl sonra internet üzerinden kontrol edilebilen ilk aygıt, John Romkey'nin tasarladığı bir tost makinesi olmuştur [1]. Devam eden yıllarda internet üzerinden kontrol edilebilen aygıt ve nesne sayısı hızla artmıştır. "Nesnelerin İnterneti" tanımı ise 1999 yılında, MIT Auto-IDCenter'in yöneticilerinden birisi olan Kevin Ashton tarafından yapılmıştır [2]. 1990'lar ve 2000'lerdeki dar bant genişlikleri, kablosuz internet donanımının pahalı ve yaygınlaşmamış olması gibi nedenlerden ötürü nesnelerin interneti fazla yaygınlaşmamıştır.

2011 yılında IPv6 protokolünün kullanıma sunulması [3], ucuz ve kullanılması kolay kablosuz iletişim donanımlarının geliştirilmesi ile birlikte nesnelerin interneti teknolojileri ivme kazanmaya başlamıştır. Her geçen gün, daha fazla şirket ve kuruluş nesnelerin interneti alanında ürün geliştirip piyasaya sürmektedir. Şekil 1 ile gösterildiği gibi tahminlere göre, 2020 yılında internete bağlanmış toplam cihaz sayısı 50 milyarı geçecektir [3]. Kişisel bilgisayarlar ve cep telefonları bu sayının küçük bir yüzdesini oluşturacak, nesnelerin interneti birçok farklı alanda kullanılıyor olacaktır.



Şekil 1. İnternete Bağlı Cihazların Gelişimi [4]

Nesnelerin internetinin yaygın olacağı alanlardan bir diğeri akıllı çevrelerdir. Akıllı çevreler, bulundukları algılayıcılar ve eyleyiciler ile ortamdaki farklı fiziksel özellikleri (aydınlık, sıcaklık, nem gibi) kontrol edilebilen çevrelerdir. Nesnelerin internetinin diğer kullanımlardan farklı olarak, akıllı çevrelerin sunduğu kullanım, işlevsel tekil birimler olarak değil (örneğin internet üzerinden kontrol edilen tek bir fırın), farklı pek çok koşulu düzenlemeye sağlayan birimler bütünü şeklindedir. Akıllı çevrelerde kablosuz donanım yardımıyla birbirleri ile

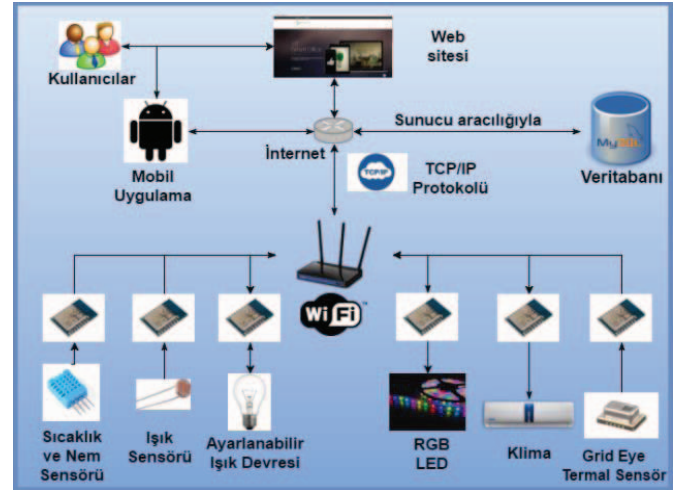
iletişim kuran akıllı cihazları kullanarak rahatlık ve verimlilik sunmak amaçlanmaktadır.

Akıllı çevre örneği olarak, algılayıcılar ile gün boyunca ışık şiddeti takip eden ve kullanıcıların isteklerine göre perde ve ışıklandırma sistemlerini kontrol edilebilen bir oda, ya da mesai saatlerini ve geçmiş yolculuk bilgilerini kullanarak trafik düzenlemesi yapan akıllı şehir trafik sistemi gösterilebilir.

III. YÖNTEM VE METOTLAR

Geliştirilen akıllı ofis sistemi, çalışanların konforu ile birlikte enerji tasarrufu sağlamayı amaçlayan, ofis aydınlatmasını, sıcaklığını, havalandırmasını ve projektör gibi ofis araçlarını kontrol edilebilen bir ağıdır. Sistem blok şeması Şekil 2 ile verilmiştir. Sistemi oluşturan alt birimler şunlardır:

- Wi-Fi modülleriyle internete bağlı olan
 - Algılayıcılar,
 - Sıcaklık, nem, ışık şiddeti, termal ısı ve basınç algılayıcıları
 - Eyleyiciler,
 - Şiddeti ayarlanabilir ışık kaynağı, havalandırma, klima, projektör ve perde
- Bilgilerin tutulduğu veri tabanı,
- Kullanıcı kontrol ara yüzü olan
 - Mobil uygulama
 - İnternet sitesi (iotakillioffis.com).



Şekil 2. Sistem Blok Şeması

Kullanılan algılayıcılar; sıcaklık ve nem bilgisini toplayan modül, belirli noktadaki ışık şiddetlerini ölçmeye yarayan LDR (light-dependent resistor) algılayıcı donanımlı modüller, sandalyede kişi varlığını anlayan basınç algılayıcı modül, odaya giren kişi varlığını bildiren modül ve içerideki kişilerin takibini sağlamaya yardım eden termal algılayıcı modüllerdir. Bu veriler ofisin oda koşulları bilgisini verirken kullanılan eyleyiciler de bu bilgiler doğrultusunda ofis koşullarını istenen duruma getirirler. Ofiste kullanılan eyleyiciler; kızılötesi LED bağlı olan bir modül kullanılarak kontrol edilebilen projektör ve klima, ayarlanabilir ışık devrelerine bağlı modüller ve RGB LED şeridine bağlı modüllerdir. Algılayıcı ve eyleyicilerin her

biri ESP8266 Wi-Fi modülüne bağlı olup tüm haberleşme internet üzerinden sağlanmaktadır.

Şekil 2’de gösterildiği gibi algılayıcılar tarafından toplanan ofis içi veriler, algılayıcılara bağlı ESP8266 Wi-Fi modülleri ile bilgilerin tutulduğu veri tabanına aktarılır. Aynı zamanda, eyleyicilere bağlı olan ESP8266 Wi-Fi modülleri de veri tabanından gerekli verileri almakta ve eyleyicinin nasıl davranacağına karar vermektedirler. Örneğin; ofisteki kişiler bilgisayar başında çalışmakta iken çalışanlar toplantı masasına oturmaya geçtiğinde termal algılayıcı ve masalara bağlı diğer algılayıcılar bunu algılamaktadır. Buna uygun olarak çalışanlarının masalarının üzerindeki ışık şiddeti azaltılarak, toplantı masasının üzerindeki ışıklar daha parlak hale getirilmektedir. Aynı zamanda ortam sıcaklığı ve nemi de sürekli gözetilmekte ve değişimlere uygun olarak klima ve havalandırma sistemleri devreye sokulmaktadır.

Ofisin farklı bölgeleri farklı şekillerde kullanılıyor olabileceği için her bölgenin aydınlatma modu farklı karar mekanizmalarına bağlıdır. Örneğin ofis iki kısma bölünmüş ve bir kısmında toplantı yapılırken diğer kısmında çalışan kişiler var ise, toplantı masasının üzerindeki ışıklar toplantı moduna geçirilmekte, diğer bölümde masa başında çalışan kişilerin üzerlerindeki ışıklar ise çalışma modunda kalmakta ve kullanılmayan çalışma masalarının üzerlerindeki ışıklar da standart ışık değerine (150 lümen) alınmaktadır.

Ofisin farklı kullanım şekilleri göz önünde bulundurularak aydınlatma için 10 ayrı mod tasarlanmış ve geliştirilmiştir. Belirlenen kullanım modları aşağıda açıklanmıştır.

Standart Mod: Bu mod iş yapılmayan alanlar, dinlenme bölgeleri ya da yollar için kullanılır. Bu durumlarda yüksek bir ışık şiddetine ihtiyaç duyulmaz ve 150 lümen yeterlidir [5].

Çalışma Modu: Kişi masa başında çalışmakta ancak bilgisayar kullanmamakta ise o kişinin üzerinde bulunan aydınlatma, çalışma moduna geçirilir. Bu modda gerekli ışık parlaklığı 250 lümen olarak belirlenmiştir [5].

Bilgisayarla Çalışma Modu: Kişi masa başında bilgisayar ile çalışmakta ise bu moda geçilir. Bu mod için gerekli ışık parlaklığı 500 lümen [5].

Toplantı Modu: Ofisteki toplantı masasına oturulmuş ise toplantı masasının üzerindeki aydınlatma daha parlak hale getirilir (250 lümen) ve bu moda geçilir.

Sunum Modu: Toplantı masasına oturulmuş ve sunum yapılacak şekilde konumlanmış ise bu moda geçilir. Bu modda sunumu yapan kişinin üzerindeki spot ışık açılır, projeksiyon perdesinin üzerindeki ışık tamamen kapatılır, projektör açılır ve toplantı masasının üzerindeki ışıklar loşlaştırılır (100 lümen).

Kokteyl Modu: Ofiste kokteyl/parti/kutlama yapılacak ise ışıklar loşlaştırılır (100 lümen), RGB ledler çalıştırılarak ortama

eğlenceli bir hava verilir. Örneğin mobil uygulama üzerindeki takvimde bir kişinin doğum günü olduğu belirtilmişse, o gün belirli bir saatte otomatik olarak kokteyl moduna geçilerek kişinin doğum günü kutlaması hatırlatılabilir.

Acil Çıkış Modu: Ofiste sürekli takip altında olan gaz ve yangın algılayıcıları bir sorun algılamış ise otomatik olarak acil çıkış moduna geçilir. Bu modda tüm ışıklar parlak bir şekilde yakılır (750 lümen), RGB ledler yardımıyla ofisin çıkış kapısı belirtilir ve tüm havalandırma sistemleri otomatik olarak çalıştırılır.

Uyku Modu: Ofiste kimse olmadığı algılanır ise bu moda geçilir. Bu modda sadece kişi varlığını algılayacak PIR (passive infrared sensor) algılayıcılar çalışır durumda bırakılır, diğer tüm algılayıcılar enerji tasarrufu için kapatılır. Işıklar güvenlik sebebiyle, sadece kişinin önünü görebileceği kadar bir parlaklıkta (30 lümen) yanmaya devam eder. Eğer bir kişinin ofise geldiği algılanırsa tüm sistemler otomatik olarak çalışır hale geçirilir.

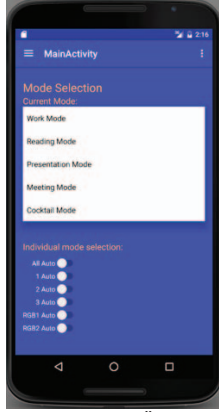
Gün Işığı Modu: Aydınlatmanın insan biyolojisine olan etkisi [6] göz önüne alınan bu modda, ofisteki ışıklar Güneş ışığını simüle etmektedir. Böylece ofis çalışanlarının biyolojik ritmine uyularak daha verimli olmaları sağlanmaktadır.

Işık Terapi Modu: Fiziksel insan hayatı için ışık, su, mineraller ve enzimler kadar önemli ve gereklidir. Bu nedenle günümüzde çalışan sağlığı ve verimli çalışma ortamı kavramları büyük önem kazanmıştır. İnsan vücudu, hücreler ve DNA hayatı fonksiyonlar için farklı dalga boylarında ışığa ihtiyaç duymaktadır. Bu mod ofis çalışma modu olarak tanımlanmış, Dünya Sağlık Örgütü’nün konu ile ilgili standartları incelenmektedir.

Modlar istenirse mobil uygulama veya web sitesi üzerinden otomatik karar olarak seçilebilmektedir. Bu durumda kişilerin konum ve faaliyet takibi yapılarak kontrol mekanizması kullanılarak sistem, moda kendisi karar vermektedir. Fabrika ayarı olarak verilen bu ışık şiddeti değerleri fazla veya eksik bulunursa kişi otomatik karar için tayin edilmiş ışık değerlerini yine mobil uygulama ya da web sitesi yardımıyla değiştirebilmektedir. Ofis pek çok kişi tarafından kullanılıyor olacağı ve bu çalışanların seçmek isteyecekleri değerler farklı olabileceği için her bir çalışanın bir yetki bölgesi ve yetki seviyesi tanımlanmıştır. İstenirse mobil uygulama veya web sitesi yardımıyla otomatik karardan çıkılıp bölgeler için manuel olarak seçilebilir; kişi bir bölge için belirli bir mod seçebilir veya modları kapatıp her bir ışık için istediği değeri ayrı ayrı seçebilir ve sabitleyebilir.

Tüm modlar aydınlatma odaklı olup hepsinde havalandırma ve ısıtma/soğutma sistemleri aydınlatmadan bağımsız olarak kendi geribildirim mekanizmaları ile çalışmaktadır. Hangi mod kullanılıyor olursa olsun, içerinin sıcaklığı kullanıcı tarafından belirlenen bir değere sabitlenmektedir.

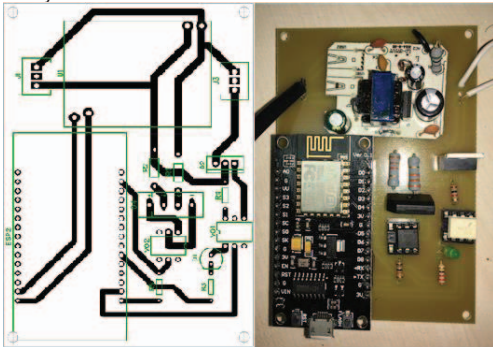
Mobil uygulama ve web sitesi ile ofis şartları görüntülenebilmekte, istenen moda manuel olarak geçilebilmekte, klima ve projektör kontrol edilebilmekte, RGB led şeridinin rengi seçilebilmekte ve her bir ayarlanabilir ışık devresi için ayrı ayrı ışık parlaklığı otomatik olarak belirlenebilmekte veya istenen bir parlaklığa ayarlanıp o değerde sabitlenebilmektedir. Mobil uygulamadan örnek bir ekran görüntüsü Şekil 3 ile gösterilmiştir.



Şekil 3. Mobil Uygulamadan Örnek Ekran Görüntüsü

Geliştirdiğimiz ayarlanabilir ışık devresi duya entegre edildiği için kişi o duya uyan istediği lambayı kullanabilmektedir. Geliştirdiğimiz devre ile yaptığımız ölçümler sonrası sabit değerde sürekli yanan bir lambanın kullandığı güç 69.96 W iken ayarlanabilir devrenin kullandığı güç en az 0.32 W, azami 71.86 W olarak hesaplanmıştır. Bu değerler göz önüne alındığında önemli ölçüde enerji tasarrufu sağlandığı görülmektedir. Ayrıca geliştirdiğimiz sistem günümüzde pek çok şirketin yöneldiği "sit stand desk"ler, yani istenildiğinde masanın boyunun yükseltilerek ayakta çalışıldığı masalara da uygundur. Bu masalara entegre ettiğimiz ışık algılayıcıları ile masa yükseltildiğinde oluşan ışık şiddetindeki artma da göz önüne alınmakta ve ışık şiddeti bu verilere göre ayarlanmaktadır.

Ayarlanabilir ışık devresi şehir şebekesini 5V'a çeviren adaptör kısmı, Wi-Fi modülü olan ESP8266 kısmı, ışığı ayarlayan kısım ve duy olarak birbirine bağlı üç bölümden oluşan bir entegre devredir. Şekil 4'te ayarlanabilir ışık devresinin basılı devre kartı şeması ve basılı devre kartının resmi verilmiştir.



Şekil 4: Ayarlanabilir Işık Devresinin Devre Kartı Şeması ve Basılı Devre Kartı.

IV. SONUÇ

Akıllı ofis uygulamaları projesiyle ulaşmayı beklediğimiz en önemli sonuç, ofis içerisindeki enerji kullanımının ideal düzeye getirilmesi ve gereksiz enerji harcanmasının önüne geçilmesidir. Enerjinin etkili bir biçimde kullanılması aydınlatma ve ısıtma sistemlerinde yapılacak düzenlemelerle sağlanmaktadır. Ofis ortamı algılayıcılar ile kontrol edilmekte, kişilerin yer tayini ve takibi yapılmakta, ofisin gereksiz yere aydınlatılmasının ya da ısıtılmasının önüne geçilmektedir. Enerji kullanımının düzenlenmesinin yanı sıra, ofis çalışanlarının daha rahat ve koordine çalışabilmesini sağlayan akıllı mobil telefon uygulaması geliştirilmiştir. Farklı çalışma modları belirlenmiş olup modlar çalışanlar tarafından akıllı mobil telefon uygulaması ya da web sitesi üzerinden kontrol edilebilmektedir. Bunun yanı sıra ofis ile ilgili genel bilgiler, haftalık programlar, sistem içerisinde bulunacak bildirim sistemiyle çalışanlara ulaştırılmaktadır. Bu uygulamalarla birlikte ofis içindeki çalışma ortamının etkin hale getirilerek iyileştirilmesi sağlanmaktadır. Elde edilen üçüncü sonuç ise güvenlik sistemlerinin geliştirilmesidir. Ofis çalışanlarına mobil uygulama ve web sitesi tarafından gönderilen şifrelerle birlikte kapılara yerleştirilen otomatik kilitler açılabilmekte, ofisin çeşitli yerlerinde bulunan algılayıcılarla yangın ve gaz kaçaqları takip edilerek herhangi bir tehlike anında ofis çalışanlarına bildirim sağlanmaktadır. Bu uygulamalarla ofis güvenliği denetlenmiş ve artırılmıştır. Akıllı ofis sistemleriyle, enerji verimliliği artırılarak, daha rahat bir ofis ortamı oluşturulmuş ve güvenlik sistemleri geliştirilmiştir.

BİLGİLENDİRME

HAVELSAN A.Ş. iş birliği ile yapılmıştır. Katkıları için NURUS'a ve Renan Gökyay'a teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- [1] "Toast of the IoT: The 1990 Interop Internet Toaster - IEEE Xplore Document," Toast of the IoT: The 1990 Interop Internet Toaster - IEEE Xplore
- [2] K. Ashton, "That 'Internet of Things' Thing," RFID Journal, Jun. 2009.
- [3] "Infographic," World IPv6 Launch. [Online]. Available: <http://www.worldipv6launch.org/infographic/>. [Accessed: 11-Feb-2017].
- [4] iotonlinestore, "IoT online store: Smart homes, smart offices and smart cities," 2016. [Online]. Available: <http://www.iotonlinestore.com/>. Accessed: Feb. 14, 2017.
- [5] "Illuminance - Recommended Light Levels", Engineeringtoolbox.com, 2016. [Online]. Available: http://www.engineeringtoolbox.com/light-level-rooms-d_708.html. [Accessed: 22- Nov- 2016].
- [6] S. Porges, "How office lighting can boost your productivity," Bloomberg, 2016. [Online]. Available: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2016-07-12/how-office-lighting-can-boost-your-productivity>. Accessed: Feb. 14, 2017.