

EDÝTÝMDE AD-HOC AĐLAR VE BLUETOOTH TEKNOLOJÝSÝ

Radosveta Sokullu,

Mühendislik Fakóltesi, Elektrik Elektronik

Bólümü, Ege Üniversitesi

IZMIR, TÜRKÝYE

rsokullu@bronova.ege.edu.tr

Engin Karatepe,

Mühendislik Fakóltesi, Elektrik Elektronik

Bólümü, Ege Üniversitesi

IZMIR, TÜRKÝYE

engin@bornova.ege.edu.tr

GÝRÝŞ

Günümüzde hýzly iletiřim bađlantýsý sađlayacak LAN alt yapýsý olmayan üniversite veya yüksekokul hemen hemen yok gibidir. Bu alt yapýların çođunda bađlantýlar kablo ile sađlanmakta ve bađlantý yapýlan bilgisayarlar, laboratuvar, seminer salonları gibi sabit eriřim noktalarında bulunmaktadırlar. WLAN teknolojisini kullanan üniversite sayýsý ise oldukça az sayýdadır. Özellikle öđrencilerin eđitim sürecine katýlımları belirli fiziksel alanlarla sýnýrlanmaktadır.

Bilgiye istenildiđi zaman ve istenildiđi yerden ulařýlabildiđi toplumlarda bu tablo hýzla deđiřmektedir. Eđitim süreci yeni öđrenme ve öđretme metotları ile ortak çalıřma çabaları ve ortak bilgi oluřturma metotlarına bađýmlýlıđý daha da arttırmaktadır. Bu bilgi alýřveriři ve dinamik bir yapý içindeki bađlantýlar *ad-hoc ađlar* olarak bilinmektedir. Bu makalede ilk önce Bluetooth teknolojinin ve ad-hoc ađların temellerinden bahsedilmiřtir. Ýkinci kýsým da diđer kýsa-mesafeli RF teknolojileri ile kıyaslanmýř ve sonuç olarak eđitim sürecine uygulanýlabilirlikleri tartýřılmýřtır.

Ad Hoc Ağlar ve Bluetooth Teknolojisi

Son yıllarda düşük maliyetli Bluetooth teknolojisinin başarıyla yaygın bir şekilde kullanýlması, ad-hoc ağları güncel bir araştırma konusu haline getirmiştir[1].

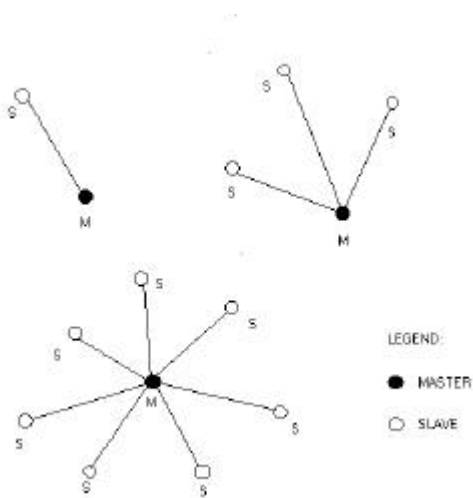
Bluetooth Ericsson'un ticari bir markası olarak temelde ev cihazlarına yönelik ađ kurulumlarına hizmet etmek için dü'ünülmü'tür. Kısa mesafede, kiřisel alan ađý içindeki cihazlar arasında bađlantý sađlayan bir teknolojidir. İlk uygulama alaný, ana cihazlar ile uç elemanlar arasındaki kablo bađlantýlarının yerini almasıdır. Genel olarak düřük maliyetli, kısa mesafe içinde çalıřabilen (genellikle 10 metreye kadar dü'ünülmekte, fakat teorik olarak 100 metreye kadar çýkylabilmektedir) ve 1 Mbps hýzla sýnýrlý bir teknoloji olarak bilinmektedir [2,16].

Bluetooth radyo iletimi, lisanssız ISM (Industrial, Scientific and Medical) bandında FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum) tekniđini kullanır. Hop frekansý 1600 hop/saniyedir. Frekans spektrumu 2402–2480 MHz arasında 1 MHz'lik band aralıđý ile 79 kanala bölünmü'tür. Kablosuz linkin güvenirliliđini arttırmak için, ARQ (automatic repeat request), CRC (cyclic redundancy check) ve FEC (forward error correction) özellikleri sisteme dahil edilmi'tir. Bluetooth'un ad-hoc ađlar kurmak için *piconet* ve *scatternet* olmak üzere iki tip bađlantý topolojisi vardır.

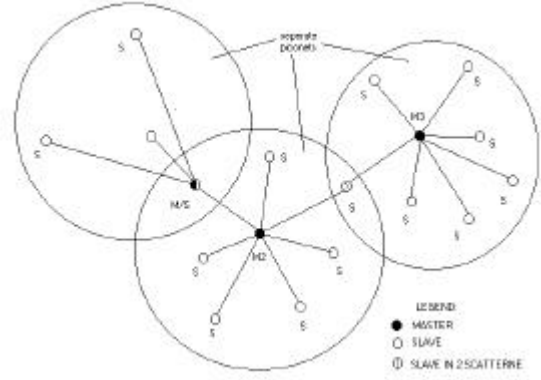
Bluetooth ağlar, master-slave haberleşmesine dayanır. 2-8 cihazlı gruplar bir piconet oluşturur (bir cihaz master, diğerleri slave). Bir piconet içinden herhangi bir cihaz master ya da slave olabileceği gibi, bir ya da daha fazla piconet içine girildiğinde iki

rolü de sahiplenebilir. Teorik olarak bir cihaz, bir piconette master ve diğer piconetlerde slave olabilir. Bir slave node iki piconet içine girerse *bridge node* olarak da anılır.

Piconette haberleşmeyi, ister noktadan noktaya isterse noktadan çok noktaya olsun master yönlendirir. Yani cihaz arasındaki haberleşme, farklı frekanslarda bir ya da daha fazla 625 µs'lik zaman dilimi içerisinde sağlanır (frekanslar ve frekans atlama düzeni master tarafından belirlenir). Master, slave cihaza komut verir ve slave hemen izleyen slotta yanıt verir. Master'ın potansiyel bir dar boğaz oluşturduğu açıkça görülmektedir. Bluetooth, sadece kablunun yerini alacak bir teknoloji olarak düşünüldüğünde, herhangi bir özel problem yaratmaz. Son araştırmalar, bir piconetteki iki slave arasındaki bilgi değişiminin, slave-master arasındakiinden daha fazla olduğu durumlar üzerine yoğunlaşmıştır. Bu konuya tartışmamızın daha sonraki bölümlerinde geri döneceğiz. Bir scatternet, birçok piconetin birbirine bağlanmasıyla oluşan bir topolojidir. Geniş bir esneklik sağlayan bu özellik, Bluetooth tabanlı ağları iletişimde sadece birbirine yakın cihazlar arasındaki kablo bağlantısının yerini almaktan öteye taşır. ^a ekil.1 ve ^a ekil.2'de Bluetooth piconet ve scatternet'e ait birer örnek görülmektedir.



^a ekil.1. Piconets topolojileri örnekleri

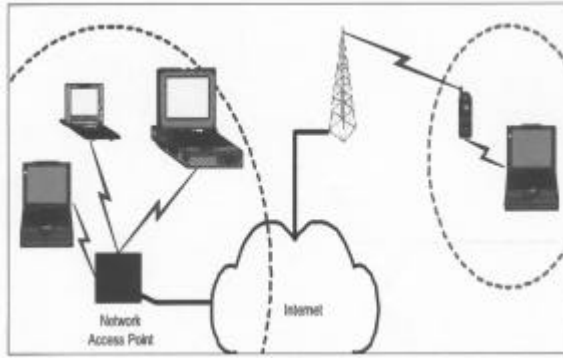


Bekil 2. Scatternet topoloji örneği

Scatternetler için oluşturulan standartlar oldukça yetersizdir ve birçok açık nokta bulunmaktadır. Bluetooth SIG dokümantasyonu son versiyonunda (Revision 0.95a) [3], iki genel senaryo tartışılmaktadır: network access points (NAP) ve group adhoc networks (GAN). Her iki ağın kendine özgü ağ mimarisi ve ağ ihtiyaçları söz konusudur.

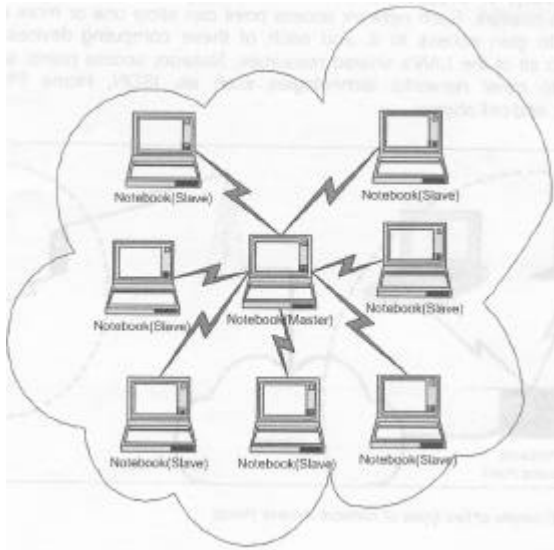
NAP senaryosunda, scatternetteki slave veya master'ın ağ arayüzüne network access (ağ girişi) ile doğrudan bağlantı söz konusudur. NAP tek bir piconette dahi master olabilir. Bir NAP, bir ya da daha fazla Bluetooth radyo cihazından oluşan ve bir network (10 Base T, GSM, vb) ile Bluetooth network arasında bridge, proxy veya router gibi davranan bir cihazdır. Her bir NAP, bir 802.3 ağına bağlı ise, bir ya da daha fazla computing cihazın, LAN'ın bütün ortak kaynaklarına erişmesine izin verebilir. NAP aynı zamanda, ISDN, Home PNA vb. gibi diğer teknoloji ağlarına da erişimi sağlayabilir.

Diğer bir senaryo, grup ad-hoc ağlar (GAN) olarak adlandırılır. GAN muhtemel hareketli kullanıcıların, ek bir ağ altyapısı kullanmadan, kendi içlerinde birleştirebilirle oluşturdukları bir ağıdır.



Kaynak: Bluetooth SIG

Đekil 3. NAP Örneği



Kaynak: Bluetooth SIG

Đekil 4. GAN Örneği

Bu iki senaryoyu karđılađtırırsak, ikinci senaryonun kendi içinde kurulan bir ağ, birincinin ise bağlandığıy diğer ad-hoc ağların da tüm tipik özelliklerine egemen olan bir ağ olduğunu görürüz. Birinci ve ikinci senaryoların pratik örnekleri referans [4] içerisinde bulunabilir. NAP senaryosu düğünüldüğünde, beklediğimiz tüm network fonksiyonları (yönlendirme, alma verme, ad-hoc yapı vb) açık olmalıdır. Bluetooth protokolü ile OSI modelini karđılađtırmaya çalığırsak, son zamanlarda popülaritesi artan BNEP (Bluetooth Network Encapsulation Protocol) ile bu fonksiyonların gerçektelebileceğini görebiliriz. BNEP birçok değiğik ağ protokollerinin Bluetooth'un alt seviye yığınlarna doğrudan tağınmığı halidir. BNEP için ayrıntılı bilgiye referans [8,9,10] 'da ulağabilirsiniz.

Diğer Kablosuz Bağlantılar ile Karđılađtırma

IrDA

The Infrared Data Association, IrDA , kurulup maliyeti düğük, aynı mekanda çalığan cihazlar arasındaki bağlantıyı, noktadan noktaya haberleşmeyi sağlayan, infrared data iletiğimli bağlantıdır. IrDA 1.152 Mbps, 4 Mbps ve 16 Mbps gibi yüksek hızlarda iletiğimi sağlayan, uzak mesafede çalığan computing cihazlar ve haberleşme cihazlarını destekler. Çok kısa mesafede kablonun yerini almasından ve pek çok cihazda yaygın olarak kullanılmasıyla dolaylı popüleritesini sürdürmektedir. Bu uygulamadaki önemli kısytlama, iletiğim kurulacak cihazları 1 m gibi çok kısa bir mesafede görüyor olma gerekliliğidir. Bunun olumlu yanısıya oldukça güvenli bir iletiğim metodu olmasındır. Çok az güç gereksinimi sayesinde pillerin uzun süreli kullanımını sağlar fakat ad-hoc ağlarda için kullanılamaz.

DECT

TDMA/TDD iletim yapısını 1.88-1.9 GHz frekanslarında kullanarak, aynı anda tam-dupleks 12 ses kanalını destekleyebilen, kablosuz telefon pazarındaki önemli paya sahip bir teknolojidir. Data iletim hızı 1.152 Mbps'dir. Bir baz istasyonu (DECT Fixed part) ve bir veya daha fazla tağınabilir parça gerekmektedir. Fakat ad-hoc ağları için kullanımı uygun değildir.

802.11b

Bu IEEE kablosuz standardı, prensip olarak Bluetooth teknolojisiyle tamamen farklı olsa da, işlevsel olarak Bluetooth teknolojisine en yakın standarttır. CSMA/CA erişim yapısına dayanmakta ve iki tip konfigürasyon sunmaktadır:

- Doğrudan (bağımsız) konfigürasyon, access point'e ihtiyaç olmaksızın hareketli cihazlar arasındaki haberleşmeyi sağlar ve ad-hoc ağları destekler.

- ◆ Altyapı konfigürasyonu, hareketli cihazlar access point aracılığıyla ile haberleşirler.

802.11b geni° spektrumlu iletimin değişik bir tipi olan, 2.4 GHz'lik frekans bandında Direct Sequence Spread Spectrum (DSSS) 'u kullanır. Bu band, 26 MHz band genişliğinde ve 100 metre mesafe içinde 1 Mbps, 2 Mbps, 5.5 Mbps ve 11 Mbps hızlarını destekleyebilir. Bazılarını 802.11b'yi, yüksek hızlı ve çok uzun mesafeli Ethernet'in, kablosuz bir versiyonu olarak değerlendirir. Kapsamın genişlemesi erişim noktalarının birbirine geçmiş olmasına dayanır, bu "hot spots" ("sıcak nokta") olarak da adlandırılır.

IrDA'dan farklı olarak bu standart, ortamdaki çeşitli RF cihazlarından gelen parazitlere maruz kalır. Ýzinsiz girişin çok zor olmadığı bu sistemler, güvensiz olarak değerlendirilir. Güvenlik, uygulama seviyesindeki yetkilendirmeye ve kriptolamaya dayanır. Güç tüketimi çok fazla olduğunda, laptop ve özellikle PDA'ların kullanımını kısıtlamaktadır. Bu özelliğe baştan beri sahip olan çok az model vardır. Buna rağmen piyasada ortalama ve ortalamanın üzerinde fiyata sahip olan pek çok cihaz bulunmaktadır. Bluetooth tabanlı devre ile fiyat karşılaştırması yapıldığında, Bluetooth günümüzde 10 \$'dan daha ucuz iken, 802.11b'nin fiyatları 46 \$ civarındadır.

IEEE 802.11g

Bu standart henüz ortaya çıkmamış halen geliştirilme aşamasında olan ve son versiyonu 2003 başlarında beklenmekte olan bir standarttır. 2003 sonlarında radyo kartları ile access pointlerin ticari olarak satışa sunulması beklenmektedir. Bu standart, 802.11b standardının bir uzantısı olarak dđünülebilir. En önemli avantajı OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) kullanarak 802.11b ile aynı frekans bandındaki 54 Mbps hızına ulaşabilmesidir. Fakat 54 Mbps hızında, 11 Mbps'deki 802.11b'ninkinden daha az mesafede çalışabilmektedir. Sinyal iletimi

için 30 MHz'lik bir band genişliğine ihtiyaç vardır. Özellikle Bluetooth tabanlı cihazlarda, aynı banttaki diğer cihazlarla girişim olması büyük bir sorun olmaktadır.

HiperLAN2

Avrupa'da popülaritesi artan diğer bir kablosuz haberleşme teknolojisi de HiperLAN2'dir. 5 GHz'lik band kullanılan bu teknoloji, ETSI (the European Telecommunication Standards Institution) tarafından geliştirilmiştir. 52 kanallı OFDM (48 data ve 2 pilot sinyal), 2 ms zaman içerisinde TDMA/TDD tekniği uygulanmasına dayanmaktadır. Bir kanal 54 Mbps maksimum data hızını sağlayabilmek için 20 MHz band genişliğine ihtiyaç duymaktadır. HiperLAN2 ad-hoc ağları desteklemektedir.

Diğer 802.11 Standartlar

802.11a fiziksel alanı HiperLAN2 ile aynı, fakat kontrol alanı tamamen farklı olan bir standarttır.

Radyo sinyal emisyonunu azaltmak için TPC (Transmit Power Control) ile kanallarda toplanacak radyo sinyallerini gözlemek için DFS (Dynamic Frequency Selection) eklenen 802.11h standardı da bulunmaktadır. Bu özelliği peer-to-peer ad hoc ağları ile de desteklenmektedir. Daha az yodun olan 5 GHz'lik band kullanıldığından giri°im de daha az olmaktadır. Fakat 802.11b gibi dü°ük frekanslı sistemlerle karşılaştırıldığında daha düşük hıza sahiptir.

Standartların içerikleri üzerine yapılan karşılaştırmada iki aşamalı yaklaşımı izleyeceğiz.

Kablosuz haberleşme teknolojisinin, kablolu LAN teknolojisinin bir uzantısı gibi davranması için ağ yapısı içinde çok değişik yeteneklere sahip olması gerektiği açıkça ortadadır. Bu yüzden DECT ve IrDA'nın hızlı data iletimi sağlamalarına rağmen, çok daha esnek bir yapıya sahip Bluetooth veya 802.11b ile rekabet edebilmelerini dü°ünmek zordur.

Diğer yandan, HiperLAN2 geniş bir pazara sahip olmamasına rağmen (USA ve Japonya'dan çok Avrupa'da özellikle kullanılmaktadır), araştırma gruplarının etkilemiştir. Bu açıdan bakıldığında Bluetooth, tüm dünyada Sony, IBM, Nokia gibi geniş bir şirketler grubu tarafından desteklenmektedir. HiperLAN2, 802.11h ile rekabet edebilir ve Wi-Fi5 özel adı ile daha düşük fiyata benzer olasılıklar sağlayarak, bu rekabeti kazanabilir. Buna ilaveten Wi-Fi piyasa adı halk tarafından daha çok bilinmektedir[18]. NTNU'dan K.J.Hole'e göre, Wi-Fi5 ve 802.11h belirli bir zaman için birlikte kullanılacak, fakat sonunda 802.11h, 802.11a ile uyumundan dolayı bu yarış kazanacaktır. Öyle görünüyor ki, yakın gelecekte Wi-Fi5 fiyatları hala çok yüksekken, 802.11b Bluetooth için tek alternatif olarak kalacaktır. Bluetooth ile 802.11b karşılaştırmasını özetlemeye çalışırsak:

1. 802.11b pazara girmeye imdiden başladığı ve özellikle ip gezilerinde yüksek hızlı erişime ihtiyacı olan insanlar için "sıcak nokta" fikri kuvvetlenmektedir.
2. Kart fiyatlarının 110-150 \$ ve access pointlerin 500 \$'a düşmesine rağmen, Bluetooth ile karşılaştırıldığında hala yüksek kalmaktadır.
3. Bluetooth, 802.11b peer-to-peer (ad-hoc) ağlara göre teknik olarak daha üstündür.
4. Çözümler pazardan alınacaktır, bu da katılımcılar için toplantılarda dokümanların ve sunumların paylaşımını sağlayarak mümkün olacaktır. [4,5,8,9,10,12]
5. 2002'nin ikinci yarısında Mac OS X ve Microsoft Windows'un, Bluetooth'a destek sağlayacağı beklenmektedir. Böylece Bluetooth satın almak kullanıcılar için daha cazip hale gelecektir.
6. Bluetooth 1.1 standardının kısımları, IEEE 802.15.1 standardı olarak imdiden kabul edilmiştir.

7. Bluetooth, 802.11b'ye göre daha az akım çekmektedir (60 mA – 300 mA) ve bu Bluetooth'u taşınabilir ve el tipi cihazlar için daha cazip kılmaktadır.

Kullanım açısından kablosuz ağlar için üç senaryo tanımlanabilir. Bluetooth ve 802.11b'nin uygulama alanları aşağıda açıklanmaya çalışılacaktır:

1. Data ve ses access pointler – Bu senaryoda kablosuz ağda GSM veya 802.3 ağlar için bir giriş gibi bakacağız. 802.11b daha yüksek data hızı imkanı sağlamaktadır. 802.11b bant genişliği-yoğun bağlantılık sorununun çözümü için kesinlikle uygundur. Kapsama alanının arttırılması ve broadband servisleri için talep gibi faktörler 802.11b ağları destekler. Bunun yanı sıra kablolu haberleşmeyi destekleyen 802.3 altyapısı vardır. Bluetooth tabanlı NAP, daha kısa mesafelerde, düşük band genişliğinde mobil kullanıcılar (PDAs, laptop, mobil telefon) ve ad-hoc ağlar arasında bilgi alışverişi için uygun olacaktır.

2. Ad-hoc ağlar – Bu senaryoda alan slave-master ilişkisi, bağlantı esnekliği, peer-to-peer ve çok noktaya bağlantı sağlayan ad-hoc ağların oluşturulması gibi yanları değerlendirilecektir. 802.11b ile Bluetooth iletişim hızlarının birbirine çok yakın olduğu açıktır. Fiyat ve pazar faktörleri gibi ek faktörler, özellikle scatternet ve BNEP alanlarında aktif araştırmaların desteklenmesi ile Bluetooth'u çok büyük olasılıkla güçlendirir [10,14,15].

3. Kablonun yerini alanlar – Bluetooth oldukça düşük fiyat ve devamlı artış gösteren destekleyici cihaz sayısı ile pazarın tartışmasız lideridir. Rakibi IrDA ise geniş kullanım alanına sahip olmasına rağmen, görüş alanı içinde ve çok sınırlı mesafede çalışması ile sınırlanır.

Açıkça görüleceği üzere teknik olarak Bluetooth, eksiksiz bir teknoloji değildir.

Günümüzde Bluetooth teknolojisinin oldukça az da olsa dezavantajları vardır:

1. Birçok insan Bluetooth standardının piconet ve scatternet-teki yönlendirmeyi desteklemeyeceğini kanıtlamaya çalışmaktadır. Biz her şeye rağmen bu problemin birçok değişik çözümler bulunarak oturma° bir standart° eklini alacağını ve sadece çok kısa bir sürede olacağını düşünmekteyiz.
2. Bluetooth multi-hop multicasting i desteklememektedir. Bu konuda da ciddi çalışmalar sürdürülmektedir. [5]
3. Master bir dar boğaz olarak görülmektedir. Master aktivitelerinin listesinin nasıl belirleneceği hala bir açık kalmış konudur.
4. Standartlar arasında uyumsuzluk problemi bulunmaktadır. Compaq ve bazı diğer şirketler 802.11b, Bluetooth ve paralel modülleri desteklediğini bildirmesine rağmen, karşılıklı girişim problemine çözüm bulunmasından çok uzaktır.
5. Bluetooth'un çalışma prensibi ve destekleyici cihazlardaki topolojik bağlantıların sınırlarının belirlenmesi zor bir araştırma konusudur. Node'ların master ve slave'in rollerini nasıl belirleyeceği, ne kadar piconetin birlikte köprülenebileceği vb. gibi sorular hala tartışılmaktadır.

Bluetooth ve Eğitim Alanı

Günümüzde kablosuz ağların kullanım alanları büyük bir hızla artmaktadır. 250-10000 arasında çalışan ile 300 şirketin yapmış olduğu çalışmalar, kablosuz haberleşme teknolojisinin eğitim ve sağlık sektörlerine de adapte edilebileceğini göstermiştir. WLAN'ın US pazarında yaklaşık %10'luk, eğitim sektöründe ise %26'lık bir paya sahip olduğu görülmektedir. WLAN implementasyonla-

rına en açık çalışma alanları ise eğitim ve bilgi sektörleridir.

“Hot spot” olarak adlandırılan şirketten LAN ya da internete bağlanma alanlarına, araştırmaya katılanların %60'ının yakını olduğu görülmüştür.

Norwegian Üniversitesi'nde yapılan bir başka çalışmada kullanıcıların konuya yaklaşımlarını yansıtmaktadır. Bu çalışmadaki ilk bulgularda ilginç ve çalışmamızla ilgili sonuçlar bulunmaktadır.

Bir üniversitede iletişim ve eğitim sürecini destekleyen yeni formlar çok önemlidir. Yüksek okul ve üniversite eğitiminde her seviyede işbirliği gerektiren karmaşık bir süreç vardır. Öğretmenler ve öğrenciler arasında, okutmanlar ile araştırma görevlileri arasında, öğrenciler kendi aralarında. Bu sistem mobil kullanıcıları, özellikle öğrencileri etkiler. Bu sistem, çoğu öğrencinin cep telefonları, el cihazları ve laptopları ile çalışmalarını sağlar. Öğrenciler “hot spots” denilen alanları kullanmakta istekli olmalıydılar. Diğer taraftan öğrencilere mobil olarak istedikleri verilere ulaşma ve paylaşma imkanı verilirken, kullanılan teknolojinin güncel olmasına dikkat edilmelidir. Kullanım alanları da hollerden kütüphanelere kadar genişletilmelidir.

Üniversitelerin oldukça faydalanabilecekleri bu teknoloji en yaygın kullanım alanlarının başında yer almaktadır. Eğitimcinin tahtayı yazdığı, eğitim alanı bu yazılanları not aldığı dönemler artık geçmişte kalmıştır. Dinamik, araştırmaya açık yeni yaklaşımlar iki ana yönde gelişmektedir: teknoloji tabanlı, ücretsiz, karşılıklı bilgi alışveriş ve yönlendirmeye imkan sağlayan iletişimin sağlanması, kullanıcılara ihtiyaca uygun bilgilendirme sürecini destekleyen uygulama imkanının yaratılması.

SONUÇ

Bluetooth scatternets' lerin çok dinamik ve esnek yapısının olması bize göre öğrenim sürecinin kalitesinin artmasına çok uygundur. Bluetooth teknolojisinin PAN' ların kullanım alanlarının genişlemesini sağlayacak bir potansiyeli vardır. Düşük maliyeti ile de üniversitelerin LAN' larının kurulmasını yaygınlaştıracaktır. Sadece maliyet açısından (alt yapının kurulmasında ve teknolojiye düşük maliyet) değil belki de daha önemlisi uzun vadede eğitim süreci ve bilgi paylaşımında kalite açısından da büyük avantajları görülecektir.

Fakültemizde Bluetooth tabanlı ufak bir test ortamı hazırlanmayacağı ve Eğitim Fakültesi ile beraber kantitatif bir araştırma yaparak eğitim sürecine olan etkilerini incelemeyi ve bundan sonraki araştırmalara yüksek tutacak bir çalışma yapmayı planlıyoruz.

REFERANSLAR

1. A Brief Overview of Ad Hoc Networks: Challenges and Directions, R.Ramanathan, J.Reddi, IEEE Communications Magazine, May 2002
2. Bluetooth in Wireless Communication, K.V.S.S.S.S Sairam et al, IEEE Communications Magazine, June 2002
3. Personal Area Networking Profiles Revision 0.95a, Bluetooth SIG Confidential, 2002
4. Bluetooth – An Enabler for Personal Area Networking, P.Johansson, M.Kazantzidis, R.Kapoor, M. Gerla, IEEE Network, Sept/Oct., 2001
5. Forming Connected Topologies in Bluetooth Adhoc Networks, R.Guerin, S.Sarkar, E.Vergetis, {guerin, swati,vergetis}@ee.upenn.edu
6. WLAN Benefits Study, Cisco Systems, Fall 2001
7. Performance Issues on the Wireless 2.4 Ghz ISM Band in a Multisystem Environment, L.Sydanheimo, M.Keskilammi, M.Kivikovski, IEEE Transactions on Consumer Electronics, Vol.48, No.3, Aug. 2002
8. A Capacity and Utilization Study of Mobile Ad Hoc Networks, N.Gupta, S.R.Das, 0-7695-1321-2/01, IEEE 2001
9. Bluetooth Scatternets: An Enhanced Adaptive Scheduling Scheme, 0-7803-7476-2/02, IEEE 2002
10. Locally Optimal Bluetooth Scatternet Formation, M.Kazantzidis, technical Report #010033, UCLA, 2002
11. Improving Communications Through Mobile Technologies: Which possibilities?, M.Divitini, O.Haugalokken, P.A.Norevik, Proceedings of the IEEE WMTE'02
12. C-Notes: Designing a Mobile and Wireless Application to Support Collaborative Knowledge Building, M.Milrad, J.Perez, U.Hoppe, Proceedings of the IEEE WMTE'02
13. Project Bluetooth: ICT Project Interim Report, Gloucestershire College of Arts and Technology, Red-M, 2002
14. Performance Evaluation of a Bluetooth Network, S.Soussi, E.F.Meihofner, Motorola Personal Communication Technical Report, 2002
15. Routing Security in Wireless Ad Hoc Networks, IEEE Communications Magazine, Oct. 2002
16. Internet Home Control System Using Bluetooth over WAP, K.K.Tan, C.Y.Soh, Engineering, Science and Education Journal, Aug. 2002
17. QoS Issues in Ad Hoc Wireless Networks, S.Chakrabati, A.Mishra, IEEE Communications Magazine, Feb. 2001
18. Bluetooth, K.J.Hole, NTNU, e-mail, kjell.hole@ii.uib.no