

Kablosuz Bilgisayar Ağlarının Karşılaştırmalı İncelemesi

Cüneyt BAYILMIŞ, İsmail ERTÜRK, Celal ÇEKEN
Kocaeli Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi,
Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi Bölümü
41300, KOCAELİ

ÖZET

Bu çalışmada farklı ihtiyaçlara cevap vermek üzere mevcut ve geliştirilmekte olan kablosuz bilgisayar ağ türleri, yapıları ve genel özelliklerine göre incelenerek, destekledikleri uygulama çeşitlerine, veri iletim hızlarına, kapsama alanlarının büyüklüğüne, coğrafik ağ yapılarına ve maliyetlerine göre detaylı bir değerlendirme sunulmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Kablosuz bilgisayar ağları, KATM, HiperLAN2, KLAN, Bluetooth, ZigBee, LMDS.

A Comparative Review Study of Wireless Computer Networks

ABSTRACT

This paper reviews several existing and recently developed wireless computer network types, their structures and general specifications considering the wide range of current and future wireless/mobile user applications requirements. In addition, comparisons of their supported application types, data rates, size of coverage area, geographical network types and cost functions are provided.

Keywords: Wireless computer networks, WATM, HiperLAN2, WLAN, Bluetooth, ZigBee, LMDS.

1. GİRİŞ

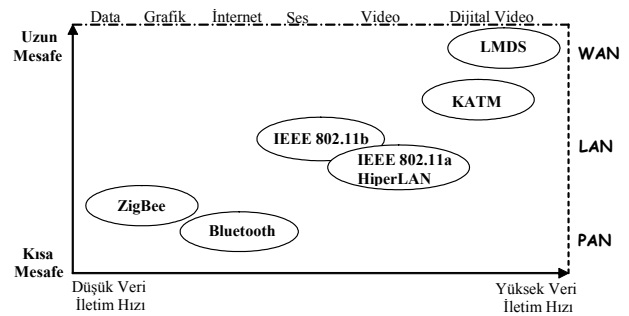
Bilgi çağı, insanlar ve kuruluşlar arasında bilgi aktarımının hızlı ve etkin olarak yapılmasını gerektirmektedir. Bu gereksinim, bilgi teknolojileri sahasındaki gelişmelerin mobil iletişim ve kablosuz teknolojiler alanına kaymasına sebep olmuştur. Bilgisayar ağları, bilgi ve servislerin bir iletişim ortamı üzerinden belli kurallar çerçevesinde paylaşımıdır. Mevcut bilgisayar ağlarının kablosuz ortam üzerinden haberleşmesi düşüncesi ile ortaya çıkan kablosuz bilgisayar ağları, radyo frekans (RF) tekniğini kullanarak fiziksel bir bağlantı olmaksızın bir noktadan başka bir noktaya haberleşebilirler (1).

Kablosuz iletişim ortamının sınırlamalarına rağmen, kablosuz bilgisayar ağlarının popülaritesi, kurulum kolaylığı ve basitliği, esnekliği, ileriye yönelik maliyet kazancı, hareketlilik ve mevcut yerel alan ağ yapısını genişletme gibi avantajlarından dolayı gün geçtikçe artmaktadır. Son yıllarda bilgi teknolojileri sahasında yaşanan hızlı gelişmeler, mobil iletişim ve kablosuz teknolojiler alanına da yansarak, kablosuz iletişimin çağımızın en popüler olaylarından biri haline gelmesine yol açmıştır.

Bu makalenin amacı, önemli bir kullanım alanına sahip olan kablosuz bilgisayar ağlarının, yapıları, genel özellikleri, çeşitleri hakkında literatürde yapılan önemli çalışmaları ana hatlarıyla karşılaştırmalı olarak sunmaktır.

Günümüzde mevcut ve geliştirilmekte olan kab-

losuz bilgisayar ağ standartlarının, destekledikleri uygulama türlerine, veri iletim hızlarına, kapsama alanlarının büyüklüğüne ve coğrafik ağ yapılarına göre yapılan sınıflandırmaları Şekil 1'de özetlenmektedir. İzleyen bölümlerde bu kablosuz ağ türleri detayları ile açıklanmaktadır.



Şekil 1. Kablosuz bilgisayar ağları ve uygulamadaki yeri

2. ZİGBEE KABLOSUZ HABERLEŞME TEKNOLOJİSİ

IEEE 802.15.4 ZigBee standardı, endüstriyel kontrol, bilgisayarların çevresel aygıtlarla bağlantısı, oyuncak, ev ve bina otomasyonu v.b. alanlarda kablosuz haberleşme protokolü olarak geliştirilmiştir. Bu standardın genel özellikleri ağ esnekliği, 2 Dolar gibi çok düşük maliyet, çok düşük güç tüketimi, düşük veri iletim hızı (<200 Kbit/s), güvenlik ve güvenilirliktir. ZigBee teknolojisinin en dikkat çeken

özelliği ise çok düşük güç tüketimi ile uygulamaya bağlı olarak 6 aydan 2 yıla kadar değişen bir süre ile uzun pil (tekrar şarj edilemeyen 2 adet “AA”) ömrüdür (2).

ZigBee Avrupa’da 868 MHz, ABD’de 915 MHz ve dünya genelinde 2,4 GHz ISM (Industrial, Scientific, Medical) frekans bantları olmak üzere 2 ayrı fiziksel katman kullanır. Veri iletim hızı, kullanılan frekans bantlarına göre değişiklik gösterir (2,4 GHz’de 250 Kbit/s, 868 MHz’de 20 Kbit/s ve 915 MHz’de 40 Kbit/s’dir). Kapsama alanı ise çıkış gücüne bağlı olarak 10–75 m arasındadır.

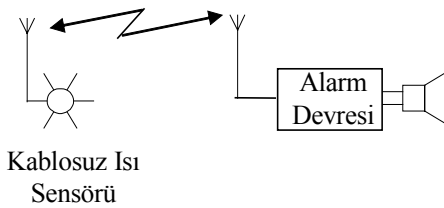
ZigBee teknolojisinde kullanılan paket boyutları küçüktür ve uzun aralıklarla gönderilir. Gönderilen paketlerin alınıp alınmadığını kontrol eden ACK (acknowledgement–alındı bilgisi) mesajları üretildiğinden veri kaybı yok denecek kadar azdır.

Bu teknolojinin önemli özelliklerinden bir diğeri de farklı üretimlerle birlikte çalışabilirliktir. Ayrıca uygulamalara bağlı olarak mevcut cihazlara ZigBee teknolojisini eklemek de mümkündür.

Bluetooth’tan farklı olarak aynı anda 30–40 birim ile aktif olarak haberleşme imkanı sağlayabilir (bu sayı Bluetooth’da 8’dir) (3).

ZigBee, IEEE 802.15.4 standardı olarak tanımlansa da aslında IEEE 802.15.4 ile ZigBee Alliance gruplarının ortak bir çalışmasıdır. IEEE 802.15.4, IEEE’nin düşük veri iletim hızlı kablosuz alan ağı (Personal Area Network, PAN) standardını geliştirmektedir. Bu grup ZigBee protokol yığınının Fiziksel ve Veri Bağı Kontrol katmanlarını tanımlamak üzere çalışmaktadır. Philips, Invensys, Mitsubishi, Motorola gibi firmaların öncülüğünde oluşturulan ZigBee Alliance ise birlikte çalışabilirlik ve uygulama profillerini içeren protokol katmanları üzerinde çalışmaktadır (4).

2004’de ilk ticari örneklerinin görülmesi beklenen (2), ZigBee teknolojisinin uygulama alanlarının başında düşük veri iletim hızı gerektiren sensörlü kontrol uygulamaları gelmektedir (Şekil 2).



Şekil 2. ZigBee kullanılan yangın alarm uygulaması

3. BLUETOOTH KABLOSUZ HABERLEŞME TEKNOLOJİSİ

Son yıllarda kısa mesafeli alanlardaki kişisel, ev, ofis ve endüstri cihazlarının birbirleri ile kablolarla ihtiyaç duymadan veri ve ses transferi yapabilecek bir teknolojiye olan gereksinim her geçen gün daha da büyük bir hızla artmaktadır. Bluetooth, bu önemli

iletişim boşluğunu doldurmakta; düşük güç tüketimli, ucuz, güvenilir, hızlı ve tüm cihazlara entegre edilmeye imkan veren bir teknikte kablosuz veri ve ses iletişiminin kapılarını açmaktadır (5).

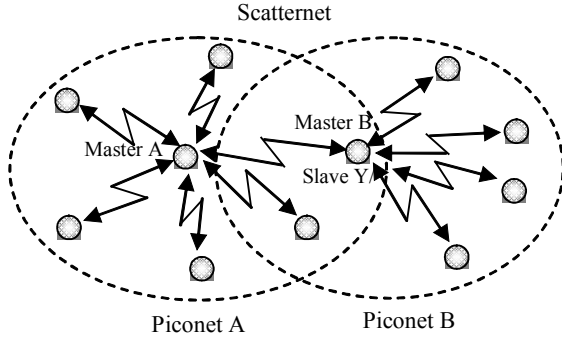
Bluetooth standardı, IEEE tarafından kablosuz özel alan ağları (PAN) için haberleşme standartları geliştirmek amacıyla oluşturulan IEEE 802.15 standart ailesinin temeli olarak kabul edilmektedir (6). Bluetooth kablosuz haberleşme teknolojisinin genel özellikleri ve sunduğu avantajlar şu şekilde özetlenebilir:

- Ofis içi kablosuz bağlantılar için yüksek performanslı, uygun ve düşük maliyetli bir çözüm sunar.
- Uluslararası bir standarttır. Bu nedenle Bluetooth cihazlar, üreticisi ne olursa olsun diğer Bluetooth cihazlar ile haberleşir.
- 10 m’lik bir alan içerisinde çok büyük bir hareket esnekliği sağlar.
- Bluetooth cihazlar, aynı özel alan ağına üye olan eş Bluetooth cihazların kapsama alanı içerisinde her zaman bir kablo bağlantısı olmaksızın veri senkronizasyonu sağlar. Böylece bilgiler sürekli güncellenir.
- 2,4 GHz lisans gerektirmeyen ISM frekans bantında FHSS (Frequency Hopping Spread Spectrum) tekniği ile çalıştığından, aynı frekans bandında çalışan KLAN (Kablosuz LAN) cihazları, mikrodalga fırınlar, kablosuz telefonlar gibi diğer cihazlardan kaynaklanan parazitlerden etkilenmez.
- Kimlik belirleme, kodlama ve gizlice dinlemeyi ortadan kaldıran FHSS tekniği ile güvenli bir iletişim sağlar.
- Bluetooth cihazlar 10 m gibi kısa mesafelerde etkin olduklarından çok düşük güç tüketimi gerektirir. Bu da mobil cihazlar için batarya sorununa büyük bir çözümdür (aktif modda 30–100 mW).
- 721 Kbit/sn gibi yüksek hızlı veri ve ses transferine olanak sağlar.

3.1. Bluetooth Kablosuz Haberleşme Teknolojisi Ağ Topolojisi

Birbirleri ile haberleşen Bluetooth elemanların oluşturduğu en küçük ağ birimi Piconet olarak adlandırılır (7). Yıldız topolojide olduğu gibi Piconet topolojisinde de Slave’ler (Köleler) ağ içerisinde bir Master (Efendi) ile haberleşirler. Ağ içerisinde haberleşmenin gerçekleşebilmesi için Slave’ler, Master’ın kapsama alanı içerisinde olmalıdır. Bluetooth cihazlar ağ içerisinde Slave ya da Master olabilirler. Birden fazla Piconet’in birleştirilmesi ile Scatternet oluşur. Bir Piconet’teki Master Bluetooth cihaz başka bir Piconet’te Slave olabilir (Şekil 3). Piconet içerisinde bir Master ve maksimum 7 aktif Slave bulunurken, atıl mod (parked mod) durumundaki Slave’ler ile bu sayı 255’e kadar

yükselebilir.



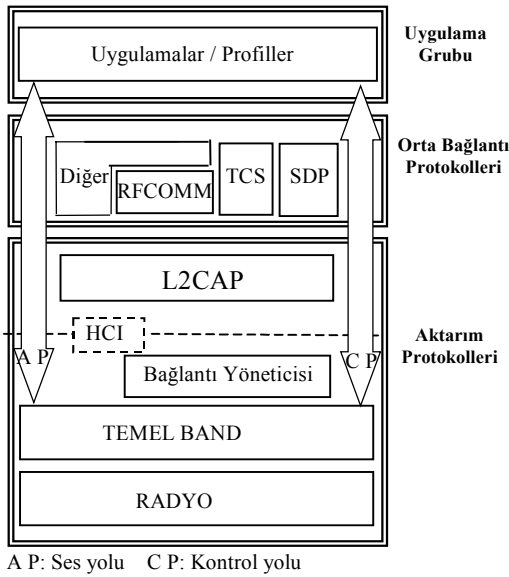
Şekil.3 Scatternet

Bluetooth spesifikasyonu, Bluetooth cihazların kapsama alanları içerisinde otomatik olarak birbirlerini bulmasını ve haberleşme için Ad-Hoc ağ oluşturan mekanizmaları tanımlar (7).

Piconet içerisinde Master ile Slave'ler arasında bir haberleşme olabilmesi için bütün cihazların aynı frekans atlama dizisini ve aynı saati kullanması gerekir. Bundan dolayı Slave'ler, frekans atlama dizisini belirleyen frekans seçme modülünde adres ve saat girişi olarak, Master'ın adres ve saat bilgilerini kullanır. Böylece Piconet içerisinde eş bir zamanlama ve frekans atlama dizisi sağlanır (8).

3.2. Bluetooth Protokol Mimarisi

Aktarım Protokolleri, Orta Bağlantı Protokolleri ve Uygulama Grubu katmanları olmak üzere 3 temel kısımdan oluşan genel Bluetooth protokol yapısı Şekil 4'de görülmektedir.



A P: Ses yolu C P: Kontrol yolu

Şekil 4. Bluetooth protokolü

Aktarım Protokolleri, Radyo, Temelband, Bağlantı Yöneticisi, Mantıksal Bağlantı ve Adaptasyon (L2CAP) katmanları ile Host Kontrolcü Arayüzü (HCI) katmanlarından oluşur. Bluetooth cihazların birbirleri ile haberleşmesini sağlayan fiziksel ve mantıksal bağlantıların oluşmasını ve yönetimini belirler. Aktarım Protokolleri katmanı, OSI protokol modelindeki fiziksel katman ile veri bağlantı katmanına karşılık gelmektedir.

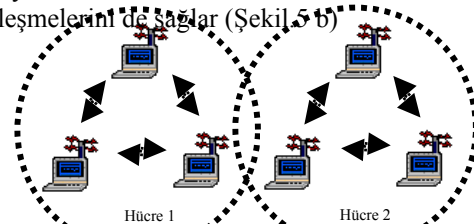
Orta Bağlantı Protokolleri, Bluetooth cihazların birbirlerinin servislerini bulmalarına izin veren Servis Bulma Protokolü (The Service Discovery Protocol, SDP), telefon işlemlerinin ileri kontrolü için paket temelli Telefon Kontrol İşaretleme Protokolü (The Telephony Control Signaling, TCS), Bluetooth aktarım protokolleri üzerinden bağlantısız seri port işlemleri için Seri Port Emülatör Protokolü (RFCOMM) ile noktadan noktaya haberleşme gibi protokolleri içeren Diğer alt katmanından oluşur.

Uygulama Grubu, Bluetooth bağlantılarını kullanan gerçek uygulamaların çalıştırılması için ihtiyaç duyulan fonksiyonlardan oluşur. Uygulama grubu SIG ile değil Uygulama Programlama Arabirimi (Application Programming Interfaces, APIs) ile tanımlanır. Bu grup Bluetooth modüllerin çalışması için gerekli olan protokollerden oluşur (7-9).

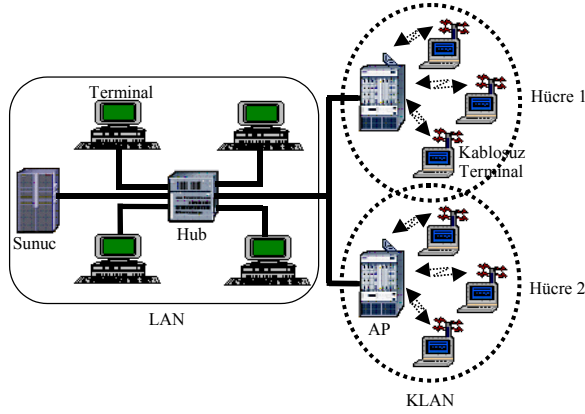
4. KABLOSUZ YEREL ALAN AĞLARI (KLAN)

Kablosuz Yerel Alan Ağları alanında IEEE 802.11 standart ailesi ve HiperLAN standartları mevcuttur. Aşağıdaki alt bölümlerde bu standartlar detaylı olarak incelenmektedir.

Kablosuz yerel alan ağları, eşe-eş ağ haberleşmesi olarak bilinen Ad-Hoc ağ yapısı ile erişim noktalı kablosuz yerel alan ağı yapısını destekler. Ad-Hoc ağlar, sadece kablosuz ağ elemanlarının kendi aralarında veri alışverişinde bulunduğu ve bir ana bilgisayar olmaksızın birbirlerinin imkanlarından yararlanmalarına izin veren, en az iki kablosuz ağ elemanın bir araya gelmesi ile kurulumu hızlı ve kolay bir ağ yapısıdır (Şekil.5 a). Bu şekildeki ağların genişletilmesi ve mevcut kablolu yerel alan ağları ile bütünleşmesi ve kablolu yerel alan ağları üzerinden sunuculara ulaşabilmesi için erişim noktalarından (AP-Access Point) faydalanılır. AP'ler kablolu ve kablosuz yerel alan ağları arasında köprü görevi gördüğü gibi kablosuz yerel alan ağlarının bant-genişliklerini artırarak daha çok sayıda kablosuz terminalin daha uzun mesafeli haberleşmelerini de sağlar (Şekil.5 b)



Şekil.5 a. Ad-Hoc ağ topolojisi



Şekil.5 b. Erişim noktalı ağ topolojisi

4.1. IEEE 802.11 Standard Ailesi

IEEE 802.11 Kablosuz Yerel Alan Ağları, kablolu sınırlamaları olmaksızın Ethernet ve Token Ring gibi geleneksel LAN teknolojilerinin tüm özelliklerini ve yararlarını sağlar. Bu nedenle mevcut yerel alan ağlarının kablosuz ortam üzerinden haberleşen şekli olan kablosuz yerel alan ağları hava üzerinden Ethernet (Ethernet on air) olarak da adlandırılır (10).

IEEE 802.11 standardı 2,4 GHz lisansız ISM bandında FHSS, DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum) ve kızılotesi uygulama seçenekleri ile 2 Mbit/s'e kadar veri iletim hızlarını destekleyebilmektedir. Kızılotesi teknolojisinin sınırlamalarından dolayı genellikle RF teknolojisi tercih edilir. Diğer IEEE 802.11 versiyonları ortak bir MAC (Medium Access Control) kullanır. Bu standart ailesinin en popüler ve yaygın örnekleri IEEE 802.11a ve IEEE 802.11b'dir.

IEEE 802.11b standardı 2,4 GHz ISM bandında çalışır ve yalnızca DSSS kullanır. 1 Mbit/s, 2 Mbit/s, 5,5 Mbit/s ve 11 Mbit/s veri iletim hızlarını destekler. Kablosuz yerel alan ağlarının 2,4 GHz ISM bandını mikrodalga fırın ve Bluetooth gibi ürünler ile paylaşması, olası parazitlerden dolayı kayıplara ve veri iletim hızlarının düşmesine neden olmaktadır.

IEEE 802.11a standardı, 2,4 GHz'deki bantgenişliğini kullanan değişik uygulamalara, 5 GHz'lik frekans bandını tanımlayarak alternatif oluşturmaktadır. 5,15–5,25 GHz, 5,25–5,35 GHz, 5,725–5,825 GHz frekansları arasında 300 MHz'lik bir frekans bandında çalışır. IEEE 802.11a standardı 5 GHz lisanssız bantta OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) modülasyonunu kullanarak veri iletim hızını kanal (üst üste binmeyen 8 kanal kullanır) başına 54 Mbit/s'e kadar çıkartmak mümkündür (11).

IEEE 802.11 standartları ile bu standart ailesi üzerine yapılan diğer çalışmalar Tablo 1'de özetlenmektedir (10).

Tablo1. IEEE 802.11 standart ailesi.

Standart	Açıklama
802.11	Temel KLAN standardıdır. 1–2 Mbit/s veri iletim hızını destekler.
802.11a	5 GHz bantında çalışan yüksek hızlı KLAN standardı. Kanal başına 54 Mbit/s veri iletim hızı sağlar.
802.11b	Günümüzde en yaygın olan KLAN standardı. 2,4 GHz'de 11 Mbit/s veri iletim hızı sağlar.
802.11e	IEEE KLAN yapıları için QoS (servis kalitesi) mekanizmaları tanımlar.
802.11f	AP'ler arası haberleşme protokolü.
802.11g	802.11b standardı üzerine kurulu standart, 2,4 GHz'de 54 Mbit/s veri iletim hızı sağlamaktadır.
802.11h	802.11a için dinamik kanal seçimi ve iletim gücü kontrolü sağlar.
802.11i	802.11 için kombine güvenlik özellikleri sunar.

Tablo 2. Kablosuz ağ kurulum gereksinimlerinin maliyet araştırması (<http://www.dijitalcenter.com>)

Ürün Adı	Birim Fiyatı
Standartı	IEEE802.11g
Veri İletim Hızı	54 Mbit/s
İstemci NIC kartı	99 \$
NIC kartları için masa üstü anten	25 \$
Erişim Noktası	175 \$
Cable/DSL Router	190 \$

4.1.1. IEEE 802.11 Protokol Mimarisi

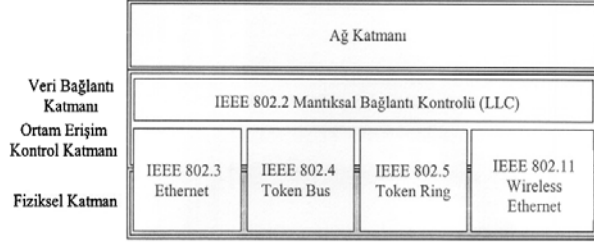
IEEE 802.11 standartları, mevcut yerel alan ağları ile kolaylıkla bütünleşebilmektedir. Şekil 6'da fiziksel katman seviyesinde Ethernet, Token Bus, Token Ring gibi kablolu yerel alan ağı standartları ile birlikte Wireless Ethernet olarak adlandırılan kablosuz fiziksel katman standartları beraber gösterilmiştir.

MAC katmanı, tüm fiziksel katmanlar tarafından desteklenir ve kablosuz kanalların kullanıcılar arasında verimli olarak paylaşımını sağlar (12). IEEE 802.11 ağı erişimi kontrol etmek için CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance) protokolünü tanımlamıştır. CSMA/CA birçok düğümden (node) aynı andaki iletimden doğan çakışmaları en aza indirgeyen (fakat yok edemeyen) bir "konuşmadan önce dinle" ("listen before you talk") metodudur (11).

CSMA/CA katılımcılarının sessizlik periyotlarında konuştuğu, eğer konuşma var ise sustuğu şeklinde geçen bir tele-konferans gibidir. Bu, 802.11'i kullanan düğümlerin veri transfer etmek istediklerinde tüm bantgenişliğini elde tutmaları anlamına gelir. Bununla birlikte ağı yeni düğümler eklendikçe kanalı elde etmek için çekişme artar, önemli bir süre olası çakışmaları çözmek için harcanır. Bu nedenle bant-

genişliğinin etkin kullanımında önemli sorunlar ortaya çıkar. Geleneksel kablolu Ethernetlerin aksine, iletim anında KLAN istasyonları çakışmayı saptayamazlar.

Kablosuz ortamların bit hata oranı çok yüksek olduğundan akış ve hata kontrolü zorunludur. DLC (Data Link Control) katmanı, fiziksel katmandan Ağ katmanına hücreler gönderilmeden önce radyo kanal hatalarının etkisini azaltmak için kullanılır.



Şekil 6. IEEE 802.11 standardı protokol yapısı.

4.2. HiperLAN2 (High Performance Radio Local Area Network type 2)

ETSI (European Telecommunications Standards Institute) tarafından BRAN'ın (Broadband Radio Access Networks) parçası olarak geliştirilen HiperLAN2'nin amacı bantgenişliğinin artırılması, servis kalitesi desteği (Quality of Service, QoS), güvenlik ve farklı ağ ortamları arasında el değiştirme (Handover) gibi gelecek nesil ağ gereksinimlerini karşılamak için KLAN teknolojilerini standartlaştırmaktır. HiperLAN2, Bosch, Nokia, Ericsson, Dell, Telra ve Texas Instruments gibi firmalar öncülüğünde kurulmuş HiperLAN2 Global Forum (HLGF) tarafından desteklenmektedir (13).

Avrupa'da yaygın olarak kullanılan HiperLAN2, IEEE 802.11a standardına rakiptir. Her iki standart da OFDM tekniğini kullanarak 5,4 GHz'de 54 Mbit/s veri iletim hızına ulaşmaktadır. Aralarındaki en büyük fark MAC katmanındadır.

HiperLAN2'nin sunduğu avantajlar;

- Gerçek zamanlı uygulamalar için QoS desteği sunar,
- Uyku (Sleep) modu ile enerji tasarrufu sağlar,
- Geliştirilmiş MAC katmanı ile bir hücre içerisinde daha fazla kullanıcıya hizmet sağlar,
- Birleştirme (Convergence) katmanı ile Ethernet, IEEE 1394 (Firewire), ATM, 3G mobil sistemlerin birlikte çalışmasına izin veren omurga ağ desteği sağlar,
- Güçlü güvenlik özellikleri sağlar,

- IEEE 802.11a ile karşılaştırıldığında daha az sayıda AP ile aynı kapsama alanı sağladığından daha düşük maliyet gerektirir.

5. KABLOSUZ ATM (WIRELESS ATM)

Günümüzde farklı kablosuz servislere hizmet vermek üzere bir çok sistem geliştirilmiştir. Mevcut sistemler düşük veri iletim hızına sahip olduklarından ya da servis kalitesi garantisi sağlayamadıklarından dolayı özellikle çoklu ortam uygulamaları için yetersiz kalmaktadır.

ATM (Asynchronous Transfer Mode) kablolu ortamda tüm trafik sınıflarına servis kalitesi desteği sağlanmış hizmetler sunabilen ve B-ISDN (Broadband Integrated Services Digital Network) için standart olarak kabul edilen iletim teknolojisidir. ATM teknolojisinin kablolu ortamdaki başarısı, kablosuz ATM düşüncesinin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Ses, veri ve video gibi farklı karakteristiklere sahip servislerin kablosuz ortamdan aktarılmasını öngören Kablosuz ATM, ATM'nin kablolu ortamda sağladığı yüksek veri iletim hızı ve servis garantisi özelliklerini kablosuz ortamda da gerçekleştirebilecek potansiyele sahiptir. Kablosuz ATM ile yüksek veri iletim hızı gerektiren genişbant (broadband) çoklu ortam uygulamalarına servis kalitesi (QoS) sağlanmış hizmetler sunulması amaçlanmaktadır. Çoklu ortamdan kasıt ses, video, metin ve görüntü gibi farklı karakteristiklere sahip bilgilerin birleşimidir (14).

5.1. Kablosuz ATM Ağ Bileşenleri

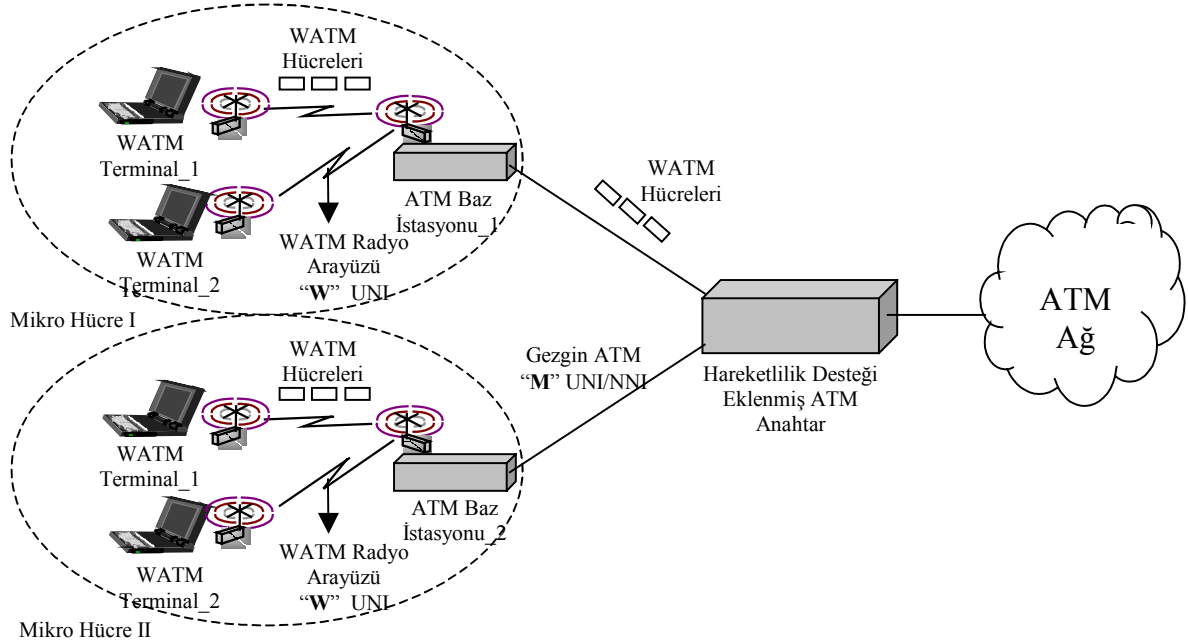
Kablosuz ATM, sabit baz istasyonlarının kullanıldığı sistemlere uygulanabildiği gibi, hareketli baz istasyonlarının kullanıldığı nispeten karmaşık sistemlere ya da baz istasyonu kullanmayan daha basit sistemlere de uygulanabilir. Uygulandığı sistemin yapısına göre Kablosuz ATM ağını oluşturan bileşenlerin yapıları farklılık gösterir. Çoğunlukla Kablosuz bir ATM sistemi gezgin terminallerden ve bunların haberleşmesini kontrol eden sabit baz istasyonlarından oluşmaktadır (Şekil.7).

Yaygın olarak kullanımı düşünülen KATM'de üç temel bileşen bulunmaktadır. İlk bileşen uygulamaların çalıştırıldığı gezgin terminaldir. Gezgini terminalde kablosuz ATM radyo ağ arayüz kartı (Network Interface Card, NIC) ile radyo ve hareketlilik özellikleri eklenmiş UNI (User Network Interface) yazılımı bulunur. İkinci bileşen hücre içerisindeki gezgini terminalin haberleşmesini kontrol eden radyo arayüzüne ve hareketlilik desteği eklenmiş UNI/NNI (Network to Network Interface) yazılımına sahip baz istasyonudur. Üçüncü bileşen ise standart UNI/NNI özelliğinin yanı sıra hareketlilik destek yazılımı eklenmiş ATM anahtarlarıdır.

Şekil.7'de görülen sistem, kablolu ATM'den farklı olarak iki yeni protokol arayüzleri gerektir-

mehtir. Bunlar; gezgin/sabit kullanıcı uç birimleriyle ATM baz istasyonları arasındaki “W” kullanıcı-ağ arayüzü ve hareketlilik destekli ATM anahtarlar ile baz istasyonları arasındaki “M” UNI/NNI arayüzüdür. Uç

KATM sistemi oluşturan Mobil ATM ağ ve Radyo Erişim kısımlarının içerdiği alt protokoller aşağıda özetlenmektedir:

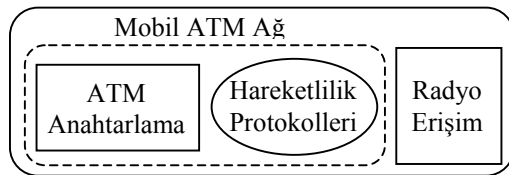


Şekil 7. Kablosuz ATM ağ bileşenleri.

istasyon tarafından iletilen tüm veriler, başlarına W arayüzü ile belirlenmiş radyo bağlantı düzeyi başlığı (radio link level header) eklenerek ATM hücrelerine ayrılırlar. Gezgin terminalin hareketliliği (el değiştirme, konum yönetimi v.s.) ise, “M” arayüzünde tanımlanan NNI işaretleme protokol uzantıları ile sağlanır (15).

5.2. Kablosuz ATM Protokol Mimarisi

Kablosuz ATM (KATM) protokol mimarisi, standart ATM protokol yığını içerisinde radyo erişim ve hareketlilik özelliklerinin tümleştirilmesine dayanır. ATM’e genişbant radyo erişim ve hareketlilik eklenmesi işlemi için genel düşünce Şekil 8’de özetlenmektedir (15).



Şekil 8. KATM modüler protokol yapısı.

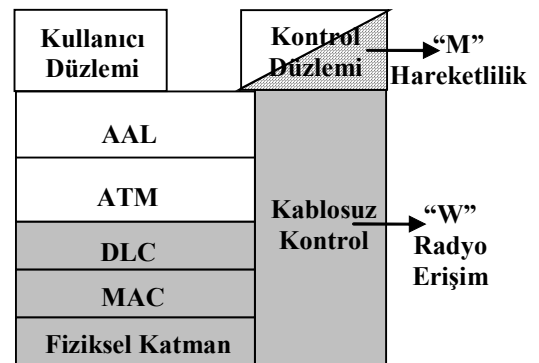
KATM sistem, Mobil ATM ağ alt yapı sistemi ve Radyo Erişim kısmı olmak üzere birbirinden oldukça bağımsız iki parçadan oluşmuştur. Bu, çok sayıda kurum/kuruluşun standartlaştırma çalışmalarını kolaylaştırır ve mobil ATM ağ yapısını değiştirmeye gerek kalmaksızın radyo erişim teknolojilerinin aşamalı olarak gelişimine izin verir (15).

Radyo Erişim Katmanı Protokolleri (Radyo Access Layer, RAL):

- Fiziksel Katman (Radio Physical Layer)
- Ortam Erişim Kontrol (Medium Access Control, MAC)
- Kablosuz Veri Bağlantı Kontrol (Wireless Data Link Control, DLC)
- Kablosuz Kontrol (Wireless Control)

Mobil ATM Ağ Katmanı Protokolleri

- El Değiştirme İşaretleşmesi (Handoff Control)
- Konum Yönetimi (Location Management)
- Gezgin Yönlendirme (Routing) ve QoS Kontrol



Şekil 9. KATM protokolü.

5.2.1. Radyo Erişim Katmanı Protokolleri

Kablosuz ATM Radyo Erişim Katman protokolleri, Şekil 9'da görüldüğü gibi Fiziksel Katman, MAC, DLC ve Kablosuz Kontrol olmak üzere 4 temel kısımdan oluşur.

Radyo Fiziksel Katmanı veri gönderme/alma için kullanılan gerçek modülasyon metodunun tanımlandığı Radyo Fiziksel Ortam Katmanı ile radyo kanalları üzerinde senkronizasyon ve çerçeveleme gerektiren ve MAC katmanı ile bağlantı kuran Radyo İletim Birleştirme Katmanlarından oluşur. Kablosuz ATM'nin genel olarak 5 GHz bantında çalışacağı düşünülmektedir. Bu frekans bantı FCC tarafından NII (National Information Infrastructure) lisanssız bantı olarak ve CEPT tarafından HiperLAN bantı olarak ayrılmıştır. Bununla birlikte üzerinde çalışmalar yapılan Kablosuz ATM sistemleri 20 GHz, 30 GHz ve 60 GHz frekanslarını da kullanmaktadır. Kablosuz ATM'de data hızı hedefi 25 Mbit/s'dir. Kullanılan modülasyon tekniklerine bağlı olarak KATM data hızı 150 Mbit/s'e kadar çıkabilmektedir (16).

Kablosuz Ortam Erişim Kontrol Katmanı (MAC) protokolü sınırlı bantgenişliğine sahip kablosuz iletim ortamını kullanıcılar arasında etkin olarak paylaşmayı amaçlayan kurallar bütünüdür. MAC katmanı, çok sayıda KATM kullanıcısı tarafından radyo kanal erişimini ve paylaşımını sağlar. Yani bağımsız haberleşme kanallarının terminaler arasında verimli ve adil tahsis edilmesi için çalışır (15). Bu katman UBR (Unspecified Bit Rate), ABR (Available Bit Rate), VBR (Variable Bit Rate) ve CBR (Constant Bit Rate) trafik sınıfları yardımıyla QoS gibi standart ATM hizmetlerini sağlayabilmelidir. MAC protokolünün seçiminde anahtar faktör, yüksek radyo kanal verimliliği korunurken uygun QoS seviyelerinde ATM trafik sınıflarını destekleme yeteneğidir (17). Kablosuz ATM'de kullanılması düşünülen MAC protokolleri kullandıkları çoklu erişim tekniklerine göre TDMA ve CDMA temelli olmak üzere iki sınıfa ayrılır (18).

Kablosuz Veri Bağı Kontrol Katmanı fiziksel katmandan ATM katmanına hücreler gönderilmeden

önce radyo kanal hatalarının etkisini azaltmak için gereklidir. Kablosuz ortamların bit hata oranı (Bit Error Rate, BER) çok yüksek olduğundan akış ve hata kontrolü zorunludur. Uçtan uca KATM haberleşmesinde hücre kaybı önemlidir. Bu nedenle KATM radyo erişim katmanı için güçlü hata kontrol prosedürleri gereklidir. Çoğunlukla kullanılan prosedürler otomatik tekrarlamaya isteği (Automatic Repeat Request, ARQ) ve ileri hata düzeltme (Forward Error Correction, FEC) tekniklerinin çeşitli türleridir. Bu katmanın işlevleri için KATM hücre sonuna 2 baytlık CRC (Cyclic Redundancy Check) eklenir (19).

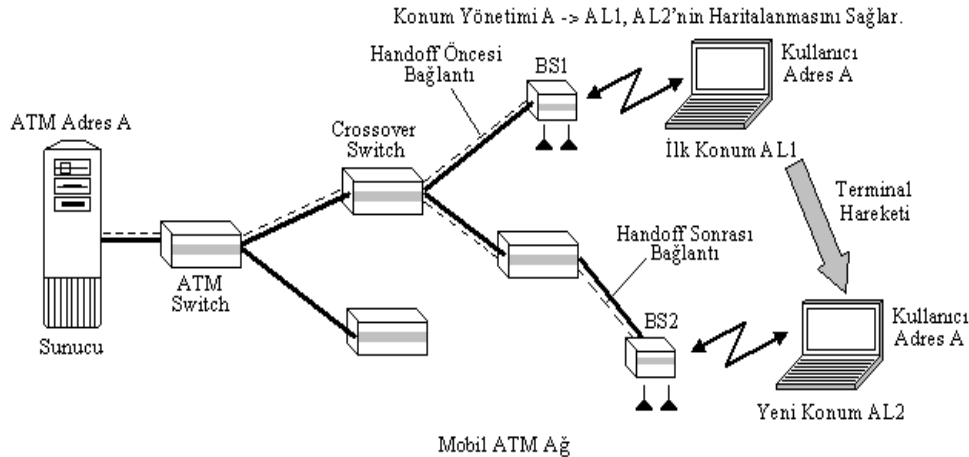
Kablosuz Kontrol Katmanı bağlantı kurulumu sırasında radyo kaynaklarının gezgin terminallere ayrılmasından ve bu kaynakların el değiştirme (handover) esnasında yönetiminden sorumludur. Kablosuz kontrol mesajları, baz istasyonları ile terminaler arasında ve baz istasyonlarının kendi aralarında terminal kayıtları, kimlik doğrulama, el değiştirme ve el değiştirme anında bağlantı durum aktarımı gibi fonksiyonları gerçekleştirmek üzere kullanılır.

5.2.2. Mobil ATM Ağ Katmanı Protokolleri

Mobil ATM ağ terimi, terminalerin bulunduğu yerlerin haritasını oluşturmak için konum yönetimi fonksiyonu, terminal hareketi esnasında sanal devrelerin güzergahlarını değiştirme işlemi olan el değiştirme kontrol fonksiyonu ve mobil servis kalitesi/yönlendirme (QoS/Routing) gibi hareketlilik fonksiyonlarını destekleyen "M" UNI/NNI protokolleri kullanan ATM anahtarlar ve baz istasyonlardan oluşan bir ağ olarak özetlenebilir (15).

El Değiştirme İşaretlemesi bir mobil ATM terminalin bağlantılarının bir erişim noktasından diğerine aktarılması işlemidir. El değiştirme (handover) kullanıcılar bir baz istasyonu kapsama alanından diğerine geçtiğinde aktif bağlantıların dinamik olarak sürdürülmesini sağlar.

Konum Yönetimi, mobil terminalin pozisyonunu izleme ve yeri hakkındaki işaretleri işleme olmak üzere iki fonksiyondan sorumludur. Konum yönetiminin terminalerin bulunduğu yerin haritasını



Şekil 10. Mobil ATM ağ fonksiyonlarının özeti

çıkarabilmesi için her terminalin bir ad (Name) ve yerel adres (Routing_id) sahibi olması gerekir. Mobil terminalin adı ATM son sistem adresidir, bu ad sabittir ve terminal hareket ederken değiştirilemez. Terminal ağa bağlandığında adı anahtar tarafından bildirilir ve diğer anahtarlara eklenir. Mobil terminal hareket sırasında farklı anahtara eklendiğinde bir yerel adres tahsis edilir. Haritalamada bu adres kullanılır (17).

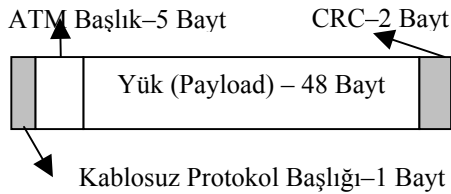
Gezgin Yönlendirme (Routing) ve Servis Kalitesi (QoS) Kontrol Mobil ATM el değiştirme ile birleştirilen optimizasyonlar ve güzergah (route) değişimlerini ele alan mevcut yönlendirme prosedürlerinin genişletilmesini gerektirir.

Yönlendirme, Mobil ATM'de mobil bağlantı süresince seçilen servis parametrelerini korumak için QoS kontrolü ile ilgilidir. KATM'de QoS çözümü için terminalin yerini ve hareketliliğini ölçecek bazı kriterleri içermesi gerekmektedir(15).

5.3. Kablosuz ATM Hücresi

Kablosuz ATM protokol yapısıyla beraber hücre yapısı da standart ATM hücre yapısından farklılık gösterir. Şekil 11'de Kablosuz ATM hücresinin yapısı gösterilmiştir.

48 baytlık yük ve 5 baytlık başlık bilgisi standart ATM hücre yapısındaki gibidir. Kablosuz ortamdan iletilecek hücredeki hataları bulup düzeltmek için eklenen 3 baytlık CRC bilgisi ve hücre sıra numarasını gösteren 1 baytlık kablosuz protokol başlığı standart ATM hücrelerine eklenen alanlardır.



Şekil 11. KATM hücresi

ATM hücre boyutu 53 bayt iken kablosuz ATM hücre boyutu 56 bayt'tır. Ancak iletim esnasında kablosuz ATM hücresinin başlık kısmı sıkıştırılarak iletilecek hücre boyutu ATM'de olduğu gibi 53 bayt olarak kullanılabilir.

5. YEREL ÇOK NOKTALI DAĞITIM SİSTEMİ (LMDS)

LMDS (Local Multipoint Distribution System), özel kullanıcılara ve şirketlere esnek, yüksek kapasiteli bağlantılar sunan hücresel mimari ile yeni bir radyo tabanlı erişim teknolojisi sunar. LMDS, yüksek hızlı radyo tabanlı sistemler ile dijital TV gibi açık yayın (broadcast) sistemleri birleştirmektedir (20).

LMDS, 20 GHz üzerinde çalışan noktadan çok noktaya kablosuz genişbant haberleşme sistemidir.

Binalar arasında oluşturulan bir LAN olarak da düşünülebilir. LMDS 1,3 GHz bantgenişliği sağlar. ABD'de 28-31 GHz arasında, Avrupa'da 40 GHz üzerinde çalışır.

LMDS, IEEE tarafından IEEE 802.16 standart numarası ve "Sabit Genişbant Kablosuz Erişim Sistemleri" adı altında, yerel ve şehirselle alan ağları için standartlaştırılmaktadır. IEEE 802.16 standardının 2-66 GHz arasında çalışması öngörülmektedir (21).

LMDS'in yerel olması bu frekans bantında yapılan yayının bir hücre oluşturacak şekilde sınırlı bir alanda kalması anlamına gelir. Bu mesafe sistemin çıkış gücüne ve coğrafi yerleşime bağlı olarak merkezi sistemle kullanıcı arasında 3-4 Km'lik bir mesafedir (22).

Bu sistemlerin avantajları olarak, ilk kurulum maliyetleri ile bakım, yönetim ve işletme maliyetlerinin düşüklüğü, kısa sürede uygulanabilir hale getirilmesi ve kurumsal/kamusal maliyetlerin kullanıcı tarafına kayması sayılabilir.

LMDS kablosuz sistemler için ATM Forum, DAVIC (Dijital Audio Video Council), ETSI (European Telecommunications Standards) ve ITU (International Telecommunications Union) tarafından standartlaştırma çalışmaları halen sürdürülmektedir. Bu çalışmaların çoğunda temel taşıma birimi olarak ATM hücreler kullanılmaktadır (23).

5.1. LMDS Ağ Mimarisi

LMDS ağ yapısı;

- Ağ İşlem Merkezi (Network Operations Center, NOC)
- Fiber Tabanlı Omurga
- Baz İstasyonları
- Kullanıcı Cihazları (Customer Premises Equipment, CPE)

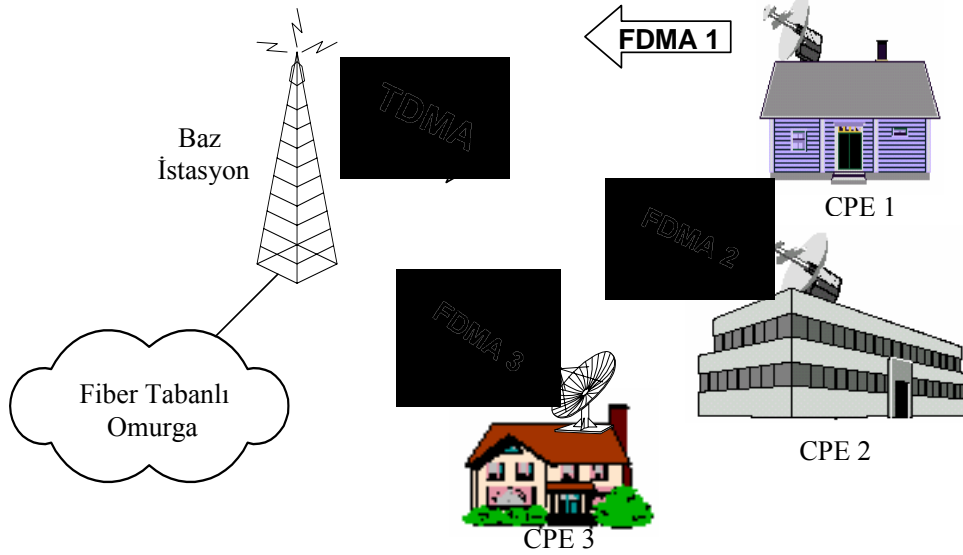
olmak üzere dört temel kısımdan oluşmaktadır (22).

Ağ işlem merkezlerinde ATM ve IP anahtarlama cihazları ile ağ yönetim yazılımlarının çalıştığı sunucular bulunmaktadır. Baz istasyon, fiber altyapı sisteminden kablosuz altyapı sistemine dönüşümde kullanılır. Yani omurga bağlantısının sonlandırıldığı ve kablosuz altyapıya geçiş yapıldığı yerlerde kullanılır. Baz istasyon, fiber sonlandırıcı için ağ arabirimi, modülasyon/ demodülasyon fonksiyonları ve mikrodalga iletim birimi içerir (22). Baz istasyonlar ile oluşturulan hücrelerde erişim yoğunluğunu arttırmak için sektörel antenler kullanılmaktadır. Her baz istasyonun tek bir antene sahip olduğu veya bir baz istasyonuna fiber ara bağlantılarla bir çok antenin bağlı olduğu yapılar olasıdır (20). LMDS ağ mimarisi Şekil.12'de görülmektedir. Şekilden anlaşıldığı gibi LMDS için binalar arası bir LAN da denilebilir.

5.2. Kablosuz Erişim Seçenekleri

Alıcı bina ekipman konfigürasyonları üretici firmalara bağlı olarak çok değişiktir. Kullanıcı cihazları baz istasyona erişim için TDMA (Time Division Multiple Access), FDMA (Frequency Division Multiple

Bu makalede mevcut ve geliştirilmekte olan ZigBee, Bluetooth, KLAN, HiperLAN2, KATM ve LMDS standartları incelenmiş ve bu standartların genel yapıları hakkında bilgiler sunulmuştur. Bu teknolojiler birbirlerinin rakibi olarak görülmekle birlikte her biri



Şekil 12. LMDS ağ mimarisi.

Access) veya CDMA (Code Division Multiple Access) çoklu erişim yöntemlerini kullanabilir. Uygulamada kullanıcıdan baz istasyona veri (uplink) bağlantıda FDMA ile her kullanıcıya ayrı bir bantgeniği tahsis tercih edilirken, baz istasyondan kullanıcıya alış (downlink) bağlantıda yaklaşım TDMA ile kanalın paylaşımı kullanılmasıdır. Bu şekildeki bir erişim mekanizması ile alış yönünde noktadan çok noktaya (point-to-multipoint) bağlantı, veri yönünde noktadan noktaya (point-to-point) bağlantı sağlar (23).

farklı hizmetlerin sağlanması için kullanılmaktadır.

İncelenen kablosuz bilgisayar ağ türlerinin kullandıkları modülasyon teknikleri, erişim mekanizmaları, fiziksel katman, destekledikleri veri iletim hızları, kapsama alanları ile kullanım alanlarına göre yapılan karşılaştırmaları Tablo 3’de özetlenmektedir.

Tablo 3. Kablosuz bilgisayar ağ türlerinin karşılaştırılması.

	ZigBee	Bluetooth	IEEE 802.11		HiperLAN	KATM	LMDS
			802.11b	802.11a			
Modülasyon	DSSS	FHSS	DSSS	OFDM	OFDM	OFDM	OFDM
Erişim Metodu	CSMA/CA	TDMA	CSMA/CA	CSMA/CA	TDMA	TDMA / CDMA	TDMA / FDMA
Veri İletim Hızı (max)	250 Kbit/s	1 Mbit/s	11 Mbit/s	54 Mbit/s	54 Mbit/s	155 Mbit/s	1,5 Gbit/s
Fiziksel Katman	868/915 Mhz 2,4 GHz	2,4 GHz	2,4 GHz	5 GHz	5 GHz	5, 20, 30, 60 GHz	5, 20, 30, 60 GHz
Kapsama Alanı	30 m	10 m	Açık 150 m Kapalı 30 m	Açık 100 m Kapalı 30 m	Açık 100 m Kapalı 30 m	300–3000 m	3–10 km
Kullanım Alanları	Sensörlü kontrol uygulamaları	Kısa mesafeli RF bağlantıları	Yüksek hızlı ağ erişimi	Yüksek hızlı ağ erişimi	Yüksek hızlı ağ erişimi	Yüksek hızlı ağ erişimi ve omurga ağ yapısı	Binalar arası ağ haberleşmesi

6. SONUÇ

7. KAYNAKLAR

1. Bayılmış, C., “Kablosuz Bilgisayar Ağlarının Performans Analizi”, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2003.
2. Leung, E., “ZigBee: A New Era of Wireless Communications”, China Wireless Communications, December 2002.
3. Bahl, V., Heile, B., Naeve, M., “Home Networking with IEEE 802.15.4: A Developing Standard for Low-Wireless Personal Area Networks”, IEEE Communications Magazine, Vol. 40, No. 8, 70–77, August 2002.
4. Zigbee Alliance: <http://www.zigbee.org>
5. Shepherd, R., “Bluetooth Wireless Technology in the Home”, Electronics & Communication Engineering Journal, 195–203, October 2001.
6. Bisdikian, C., “An Overview of the Bluetooth Wireless Technology”, IEEE Communications Magazine, 86–94, 2001.
7. Bayılmış, C., Ertürk, I., Ceken, C., “Bluetooth Kablosuz Haberleşme Tekniği Kullanarak Veri Transferi Uygulaması”, 3. International Advanced Technologies Symposium, 305–313, August 2003.
8. Miller, B., A., Bisdikian, C., “Bluetooth Revealed”, Prentice Hall, 2001.
9. Bisdikian, C., “An Overview of the Bluetooth Wireless Technology”, IEEE Communications Magazine, 86–94, 2001.
10. Levillain, P., “Wireless LAN for Enterprises”, Alcatel Telecommunications Review, Vol. 4, 287–291, 2002.
11. Gast, M., “802.11 Wireless Networks: The Definitive Guide”, Q'Reilly, 2002.
12. Lindgren, A., Almquist, A., Schelen, O., “Quality of Service Schemes for IEEE 802.11 Wireless LANs – An Evaluation”, Mobile Networks and Applications, Vol. 8, No. 3, 223–235, June 2003.
13. Doufexl, A., Armour, S., Butler, M., Nix, A., Bull, D., Mcgeehan, J., “A Comparison of the HIPERLAN/2 and IEEE 802.11a Wireless LAN Standards”, IEEE Communications Magazine, 172–180, May 2002.
14. Çeken, C., Ertürk, I., Bayılmış, C., “Kablosuz ATM Teknolojisi ile Çoklu Ortam Trafiklerinin Transferi”, Otomasyon, 122–127, Ağustos, 2003.
15. Raychaudhuri, D., “Wireless ATM Networks Technology Status and Future Directions”, Proceedings of IEEE, Vol. 87 No.10., October 1999.
16. Hac, A., “Multimedia Applications Support for Wireless ATM Networks”, Prentice Hall, 2000.
17. Ayanoğlu, E., Eng, K. Y., Karol, M. J., “Wireless ATM: Limits, Challenges, and Proposals”, IEEE Personal Communications, 18–34, August 1996.
18. Akyıldız, I., F., McNair, J., “Medium Access Control Protocols for Multimedia Traffic in Wireless Networks”, IEEE Network Magazine, vol 13, no 14, 39–47, August 1997.
19. Ayanoğlu, E., “Wireless Broadband and ATM Systems”, Computer Networks, Elsevier Science B.V., 395–409, 1999.
20. Nordbotten, A., “LMDS Systems and Their Application”, IEEE Communication Magazine, 150–154, June 2000.
21. IEEE 802.16 Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems, IEEE Standarts, Nisan 2002.
22. Kaplan, Y., Çölkesen, R. “Yüksek Hızlı Kablosuz Hücreli Ağ Erişimi”, EMO–Dergi, Sayı 409.
23. International Engineering Consortium, “Local Multipoint Distribution System(LMDS)”, <http://www.iec.org/online/tutorials/lmlds>