

# Geni bant Hücresel İletim : LMDS

Orhan Sümer  
sumero@sumero.com

## Giriş

İnternet artık sadece basit web sayfalar ve mail trafiğinin karlanmasından farklı olarak gerçek zamanlı görüntü ve ses aktarım ihtiyaçlarının da karlanması istenmektedir. İnternet'in kurumsal açılarından B2B B2C çözümlerinden ve şirket içi performansla verimlilikten vazgeçilmez bir nitelik kazandı. İnternet hizmeti almak isteyen fakat hizmet sağlayıcıların servis noktalarına uzak olan bölgelerde hizmet verilmesi maliyeti birçok firmanın hizmeti alamamasına yol açmakta. Bu faktörleri göz önüne aldığımızda ihtiyaçlar yüksek hız, ses ve video aktarımının sağlanması için servis kalitesi ve servis sürelerinin desteklenmesi, uzak noktalara hizmetin düşük maliyetle götürülmesi olarak karşımıza çıkıyor. Bu ihtiyaçları destekleyecek teknoloji de LMDS'dir. LMDS ile istenen tüm trafik (Ses, Video, Veri) yüksek hızlarda mikro dalga teknolojisi ile uzak noktalara hizmet verilmesi sağlanıyor.

## Tanıtım

LMDS geniş bant, noktadan çok noktaya ve 20 GHz üzerinde frekanslarda iletilen hücre tabanlı haberleşme sistemleridir. Kullanılan frekans bandı, sistemin kurulduğu ülkedeki lisanslama modeline göre belirlenir. Bu tür sistemler iki-yönlü ses, görüntü ve veri iletimi için geniş bant genişliktir.

Ülkelere göre frekans dağılımı aşağıdaki şekilde olmaktadır.

10 GHz	Arjantin, Meksika, Avusturya, Belçika, İngiltere, Finlandiya
22 GHz	Japonya
24 GHz	Amerika, Kanada, Malezya
25 GHz	TÜRK YE, İsviçre, İspanya, Avusturya, Fransa, İsveç, Belçika, Hollanda, İtalya, Norveç, Danimarka, Arjantin, Almanya
27 GHz	Kore
28 GHz	Arjantin, Avusturya, İsveç, İngiltere, Yugoslavya, Hollanda, Rusya, Romanya, Kanada, Avustralya, Amerika
31 GHz	Malezya, Avustralya, Amerika
35 GHz	Japonya, Arjantin, Kanada, İngiltere, Amerika
40 GHz	Belçika, İtalya, İngiltere, İsveç, Almanya, Fransa, İsviçre

LMDS lisanslarının verildiği ülkelerde, lisans sahibi kurumun vereceği hizmet türlerine herhangi bir kısıtlama getirilmemiş olması nedeniyle, ilk uygulamaların İnternet erişimi için olacağı öngörülmektedir.

Sözcüklerin baş harflerinden alfabedakileri türetilmektedir

L (local) - Frekans dağılımındaki sinyallerin karakteristik yayılım potansiyellerinin bir hücre alanını belirtiyor, büyük şehir merkezlerinde devam eden saha denemelerinde LMDS vericisi 5 km menzile ulaşmıştır.

M (multipoint) - Sinyallerin bir vericiden noktadan çok noktaya veya yayınlama metodunu belirtiyor; kablosuz alfabeda geri dönüş yolu kullanıcılardan baz istasyonuna noktadan noktaya gönderilir.

D (distribution) - Dağıtım sinyalinin hangi eş zamanlı ses, veri, internet ve video trafiklerinde olduğu hakkında söz etmektedir

S (service) - Operatör ve müşteri arasındaki bağlantının aboneler türünde ilişkileri gösterir,

LMDS (Yerel Çok Noktalı Dağıtım Sistemi) avantajlar

- Giriş ve genişleme maliyeti düşük
- Ortam ve ortak kullanım çok düşük etkiye hızlı ve kolay şekilde genişleme
- Düşük maliyetli alfabedatma, bakım ve yönetimi
- Ölçeklenebilir hücreler
- Maliyetin karasal hatlardan müşteri tarafında konulan ekipmana kayması; karasal sistemlerde maliyetlerin önemli bir bölümünü hatların çalıştırılmasında tutulması için gereken çalışmalar oluşturur.

Çeşitli alfabemimarilerini LMDS ile birlikte tasarlamak yapılabilir. Sistem işletimi çoklu noktada çok noktaya eklendiğinde tasarlanabilir, yapı noktadan noktaya televizyon dağıtım sistemi eklendiğinde de tasarlanabilir. LMDS sistemini ses, video ve data trafiğini birlikte kullanımları beklenmektedir. Yapı IP ve ATM iletişimi içinde kurulabilir.

LMDS yerel hücre tabanlı olduğu için burada bir hücreden bahsedebileceğimiz gibi birkaç hücreden de bahsedilmesi gerekir. Birden fazla hücre oluşturulduğunda hücreleri karışık olarak haberleştirmek için fiber optik hatlardan oluşan karasal omurga ya da noktadan noktaya RF linklerinin kullanılabilir. Omurga bağlantısı için LMDS herhangi bir sorun getirmeden dolayı istenilen her altyapı kullanılabilir. Burada verilecek olan hizmet miktarına göre ATM, F/R, xDSL teknolojilerinin tüm hızları kullanılabilir. Giriş maliyetini düşük tutmak için ATM protokolü üzerinde n x E1 bağlantılar göz önünde bulundurulması gereken önemli bir seçenektir. ATM, LMDS hizmetindeki ses, görüntü ve data hizmetlerinin verilebilmesi için servis kalitesi(QoS) ve hizmet sorunları (CoS) sunan en uygun alt yapı olduğundan dolayı bizde LMDS kullanım için ATM omurgası önerisi üzerinde duracağız.

## Sistem Donan m

LMDS a mimarisi dört önemli bölümden oluşur: a i letim merkezi, fiber tabanlı omurga, baz istasyonu ve al c bina donan m .

A i letim merkezi (Network Operations Center – NOC) bölgedeki büyük kullanıcıların yönetildi i a yönetim sistemi (Network Management System – NMS) donanımlarından oluşmaktadır. Sistemde birkaç tane NOC mevcutsa bunlar birbirlerine ba lanır. Fiber tabanlı omurganın E1 (n x 2 Mbps), E3 (34 Mbps) veya STM-1 (155 Mbps) ba lantlarıyla kullanılabilir. A i letim merkezlerinde ATM ve IP anahtarlama cihazları ile a yönetim yazılımlarının çal t sunucuları bulunmaktadır.

Baz istasyonu, fiber olarak gelen omurgaya kablosuz altyapıya dönüşmesini sağlar. Baz istasyonu donan m a arabirimi için fiber sonlandırıcı, modülasyon ve demodülasyon; kısa dalga transmisyonu ve çat montaj için genel donanımları içerir. Yerel anahtarlama özelli i sayesinde baz istasyonu fiber omurgaya ç kmadan bir ba kasıyla haberleşmeye geçebilir. Bu özellik ek donan m özellikleri gerekti inden maliyeti yükseltir. Burada 90, 45, 30, 22.5 derece açılı antenler kullanılabilir.

Bir di er baz istasyonu mimarisi, sadece fiber omurgaya ba lantlıdır. Bu mimari ile tüm trafik fiber omurgadaki ATM anahtarları üzerinden geçer. Bununla aynı baz istasyonundan ba lant kuran iki kullanıcı arasındaki haberleşme, merkez anahtardan geçti inden dolayı merkezde toplanır.

Al c bina donan m (Customer Premises Equipment – CPE) üreticiden üreticiye oldukça çe itlidir. CPE, baz istasyonu haberleşmesinde TDMA, FDMA veya CDMA yöntemlerinden birisi olabilir. Kullanıcı tarafındaki arabirim seri, Ethernet, ATM, xDSL, E1, STM-1 ve bunların türevlerinde olabilir. Ayrıca, al nan hizmet gerek duyulursa bina içinde (merkez ofis, hastane, kampüs) paylaşılabilir.

## Modülasyon Yap s

Ço llama yöntemi için TDMA, FDMA ve CDMA yöntemleri CPE ile baz istasyonu arasında gerçekleşir. Genelde birçok sistemi leticileri ve standart faaliyetlerde al kanalında TDMA ile tüm kullanıcılara hizmet verilmesi, veri kanalında FDMA ile her kullanıcının ayrı bir bant genişliği sağlanması eklenmiştir. Bunun yanında bir ba ka çözümde al kanalında bir de i iklik olmadan, veri kanal ortak bir ba lant TDMA ba lantı ekleden veya iki seçeneğin bir arada kullanıldığı ba ka bir durum rastlanabilir. Peki sistem operatörü ne zaman TDMA ne zaman FDMA kullanmaya karar verecek? Öncelikle potansiyel ve teklif edilen bölgelerin maksimum ve ortalama veri trafiğinin beklenen değerlerinin hesaplanır. Sonra, trafik ço llanıyor ve düzgün trafik biçimindeyken trafik patlaması olması karar vermek için önemlidir. Eğer, patlama yeterince düzgün oluyor, veri yönünde, FDMA teknolojisi kullanılması gereksinim vardır. Ötekisi de, e er trafik ak ında patlama devam ediyorsa, iyi seçim TDMA olacaktır. A a daki tabloda 2 Mbps CBR haberleşmesi için hangi modülasyonun ne kadar bant genişliğine ihtiyaç olduğu gösterilmektedir.

Modülasyon	Gerekli Bandgeni li i
BPSK	2.8 MHz
DQPSK	1.4 MHz
QPSK	1.4 MHz
8PSK	0.8 MHz
4-QAM	1.4 MHz
16-QAM	0.6 MHz
64-QAM	0.4 MHz

LMDS sistemlerinde modülasyon yöntemi olarak faz (PSK, Phase Shift Keying) ve genlik (AM, Amplitude Modulation) yöntemleri kullanılmaktadır. FDMA ve TDMA için yaklaşık olarak aynı modülasyon yöntemleri geçerlidir. FDMA için BPSK, DQPSK, QPSK, 8PSK, 4-QAM, 16-QAM ve 64-QAM modülasyon seçenekleri mevcuttur. Kullanılan sembol uzayının genliliği, birim band genliliğinde taşıyabilen verinin miktarını artırmakta; ancak, iletim mesafesi kısalmaktadır. LMDS sistemlerinde kapasite, veri oranı ve desteklenen kullanıcı sayısıyla ölçülmektedir. Her hücredeki kapasite, hücredeki sektör sayısı ve sektör başına kullanıcı sayısının çarpımına eşittir. Bazı istasyonlardaki anten ile kullanıcı antenlerinin görüş hızında olması gereklidir. Benzer diğer iletim sistemlerinden etkilenmemesi için bina çatılar veya yüksek kuleler tercih edilmelidir. LMDS'de erişim mesafesi, kullanılan modülasyonla ilgili olduğu kadar, nemlilik ve yağış miktarı ile de yakından ilgilidir.

### FDMA'de Veri Oran Kapasitesi

Veri oranı kapasite hesabı için, LMDS sistem kapasitesi her hücrenin kapasitesinin hücre sayısına çarpımına eşittir. Hücre kapasitesi her bölümün kapasitesinin sektör sayısının çarpımına eşittir. Aşağıdaki tabloda FDMA'nın modülasyon yöntemleri ve erişim mesafeleri verilmektedir.

Modülasyon	Mesafe
QPSK, 4-QAM	10 km
16-QAM	5 km
64-QAM	2.5 KM

Örnek olarak 500 MHz toplam bandgenliliğini, her bir kullanıcı için 5 MHz bandgenliliği ve modülasyonun 4-QAM verildiğini göz önüne alalım. Böyle bir durumda her kullanıcıya  $5 \times 1.5 = 7.5$  Mbps sağlanabilir. Toplam 100 link ( $500 / 5 = 100$ ) olduğu da düşünülürse, veri yönünde toplam 375 Mbps veri akışı olur.

Her bir sektör için daha fazla kapasiteli alanlar içinde kullanılabilir mümkündür. Bu sebepten dolayı, LMDS sistemi menzil-limitliden çok kapasite-limitli olabilir. Daha yüksek modülasyonla menzili arttırmak da bir seçenektir.

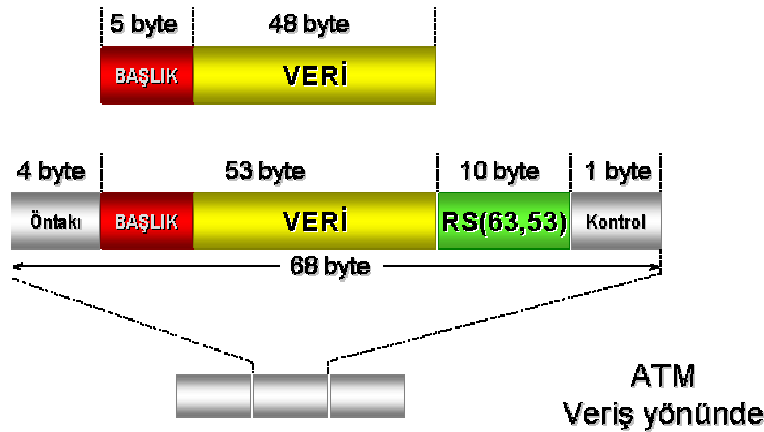
Önceki hesaplamada FDMA bandgenliliği 5 MHz olarak varsayıldı. Bu varsayımın yola çıkarak toplam  $500 / 5 = 100$  adet alıcıya ulaşmak mümkündür. Alıcı sayısı her bir bölüm için verilen 5 MHz bandgenliliği düşünülerek artırılabilir.

## TDMA'da Veri Oran kapasitesi

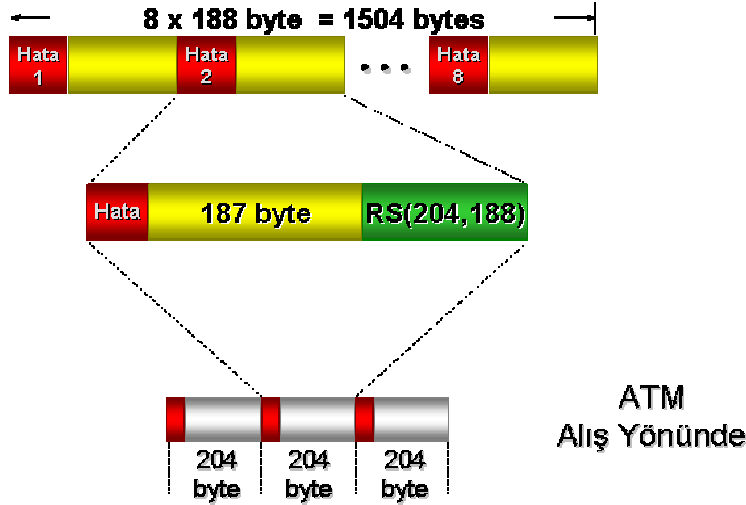
TDMA sistemi MAC kapsüllemesi yaptı ndan dolayı veri oran n FDMA'e göre %80 indirir. Bir de TDMA sistemi FDMA'deki gibi çok yo un veri oran ba ar m olmad nndan 64-QAM modülasyonu yap lamaz. Yine de 64-QAM modülasyonu k sa linklerde sinyal art r lmas yla mümkündür.

TDMA, e er kullan c lar dü ük bandgeni li ine ihtiyaç duyduklar nda en iyi seçenektir. Örne in, veri yönünde toplam 500 MHz bandgeni li imiz ve kanal ba na da 5 MHz bandgeni li imiz TDMA kanal m z oldu unu varsayal m. Her 5 MHz'lik kanalda yakla k 80 DS-0 olabilece inden, Kullan c lara da 64 Kbps'lik bir ba lantı hizmeti verilece i öngörüldü ünde hizmet verebilece imiz kullan c say s  $(500/5) \times 80 = 8.000$  kullan c olur. Say Türkiye overbooking oran eklendi inde 24.000 kullan c ya bir hücre içersinde hizmet verilebilir. (Türkiye overbooking oran 1/6'd r.)

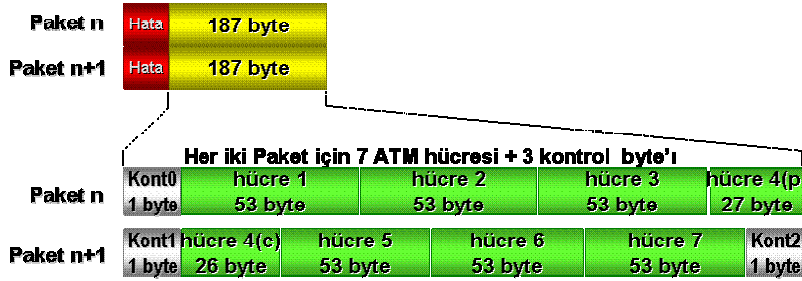
Burada verilen baz istasyonuna götürülen hizmetin ATM omurgan n oldu unu varsayal m. ATM hizmetinde 53 byte'lık her bir pakette 48 byte'lık veri oldu undan dolayı verim  $48/53 = \%90.5$  olmaktadır. Bu verim LMDS'de veri paketinde olu an farklı lklardan dolayı de i mektedir. ATM paketine ek olarak 4 byte öntak , 10 byte ek bilgiler, 1 byte'da kontrol bilgileri ekleniyor. Bu durumda toppam paket uzunlu u 68 byte oluyor ve verimde  $48/68 = \%70.5$ 'e dü mekte. Bu oran al yönündeki verimdir.



Al yönünde bir örnekle hareket edelim, gelen paketin say sal video paketi MPEG2 oldu unu varsayarsak



toplam paket parçalarına ayrılarak ek 16 byte bilgileri eklenerek oluşturuluyor. Burada her iki parça için bir ilemden daha geçirilerek iletilmesi için hazırlanıyor. Toplamda 1504 byte uzunluğundaki data 1632 byte ulaşılıyor. Verimliliği ise  $1504/1632 = \%82.3$  oluyor. [2]



## A planlaması

LDMS a 'da hücre planlamasında a 'daki özellikler önemle hesaba katılmalıdır.

- Abone bilgileri: Sistem performans ölçülebilmesinde abone kullanım bilgileri alınmalıdır. Bu sayede yeterli oranda sinyal düzeyiyle çok iyi servis kalitesine ulaşılabılır.
- Hizmet Kalitesi (QoS): QoS, taşıma yolu engellenmesi, hücrelerin üst üste bindirmesi ve sistemin gereksiz yapılar gibi birkaç faktörden zarar görebilir.
- Bant bütçeleme: Bant bütçeleme, hücre içersinden uzak mesafedeki abonenin güvenli uygun servis tahmin etmede kullanılır. Bant bütçeleme birkaç parametresini analiz eder, bunlar, taşıyıcıdan gürültü oranı içerir, taşıyıcıdan bileşen tempusunu üç katına çıkarır ve kendini tekrarlayan parazit. Bazı durumlarda, tek taşıyıcıda mikro dalga donanım kanallamaya destekler.

- Hücree boyu seçimi: Maksimum hücre boyu için hizmet alan ba lant bütçelemenin bölüm güvenli i sa lamas istemiyle ilgilidir. Hücre boyu anten tipine göre gerekli saha kapsam na göre birçok tiptedir. Bunun sonucu olarak yerle tirilecek anten populasyon yo unlu una göre de i ebilir. Gerekli kapsama alan için hücre boyu seçimi toplam maliyeti etkiler
- Sermaye maliyet modeli: Sermaye maliye modeli a ' n sermaye ihtiyac n hesaplamakta kullan l r. ihtiyaç modeli ba lant bütçeleme, hücre boyu, hücre bindirme, hücre say s , trafik kapasitesi, bölüm say s , tek hücrenin maliyeti, toplam maliyet etmenlerini kapsar.[3][4]

## Sonuç

Öncelikle kablosun ba lant sa l yor. Böylelikle yap sal bir kablo a n n kurulmas n gerektirmiyor. Omurga yap s nda k s tlama getirmed i inden ihtiyaç olan hizmeti hangi teknoloji sa l yorsa birlikte çal mayaya olanak sa l yor ve tüm uygulamalarda kullan labiliyor. Kullan c taraf nda donan mlar yerle tirildikten sonra hemen kullan lmaya ba l yor. 1-1,2 GHz frekans aral nda kullan ma aç lmas dü ünüldü ünden çoklu ortam uygulamalar nda ihtiyaç duyulan yüksek band geni li i ihtiyaçlar na oldukça çabuk bir ekilde cevap verilebilmesini sa layabilecek. Yüksek band geni li i sayesinde Internet eri imi ve kurumsal VPN'in yan s ra ses ve video çözümleri hizmeti de verebilecektir. Servis sa lay c lar kuracaklar alt yap ekline göre hizmet verecekleri abone say s n ya çok dü ük bir maliyetle yada sadece parametre de i ikli le artt rabilecek olmalar tekonojiye geçi lerini hızlandıracakt r.

## Kaynaklar

- [1] Çölkesen R., Kaplan Y. "Yüksek H zlı Kablosuz Hücresel A Eri imi" Elektrik Mühendisleri Odası Dergisi Say : 409
- [2] Kuri J., Gagnaire M. "ATM Traffic Management in an LMDS Wireless Access Network" IEEE Communication, Eylül 2001
- [3] - International Engineering Consortium, "Local Multipoint Distribution System (LMDS)", Web Proforum Tutorials.
- [4] Ukrainian High Technologies LMDS, Web Platform.