

OPTİK LİF HABERLEŞMESİNDE GELİŞMELER ve DALGABOYU BÖLMELİ ÇOĞULLAMA

Adnan CORA<*>

DEVELOPMENT in FIBER OPTIC COMMUNICATIONS and WAVELENGTH DIVISION MULTIPLEXING

SUMMARY:

in this paper, developments in fiber optic communication technology and a new of fiber development the Wavelength Division Multiplexing is discussed. In Section 1. historical development of the optic fiber is given in brief, advantages gained over the conventional transmission system, light source in the optic fiber communication, operating mode of such a system and comparison of the system with single and double fiber is also given. Section 2. shortly gives the conventional technique of the WDM. Section 8. deals with the type of optic fiber, selection of the fiber and multiplexing of light from After Oton, in this Section, an application of the WDM system is explained, type of the WDM device and active components and some examples of already installed and new fiber optic WDM systems are mentioned. Finally, in the fourth and final section, new trends and prospects of the WDM, in the future, are summarized.

(*) Karadeniz Teknik Üniversitesi.
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü

1. OPTİK LİF (optic fiber) TEKNOLOJİSİNİN TARİHÇESİ ve ÖZELLİKLERİ

Optik lif (optic fiber) teknolojisi, 1970'de Corning firmasının düşük kayıplı (20 dB/km)- o zaman için- ilk lifi gerçekleştirdiği ve oda sıcaklığında çalışan bir katihal laser diyodunun Amerika'da Bell Laboratuvarları tarafından elde edildiğinin açıklanmasıyla mümkün olmuştur.

Bu iki gelişme, Charles K. Kao'nun 1966'da yaptığı çalışmayı ispatlamaya yardım etti, yani cam lifler ve modüleli kızılötesi (infrared) radyasyon kullanarak işaretleri uzağa iletme mümkün olacaktı (1). Bundan sonra, 1970'lerin sonlarında ilk optik lifli sistemler kuruldu, 1980'lerin ilk yıllarında da 850 nm'lik pencereci cihazlarla birlikte çok modlu olarak kullanılmaya başlandı (2).

Bugün için bu teknoloji o kadar gelişti ve gelişmeğe devam ediyor ki PIMM y firması 1985 yılında, saçınım kaydırmalı tek-modlu bir Uf (dispersion shifted monomodal fiber) ve karmaşık yerin tek frekanslı basit bir laser kullanılarak 1300 Mbit/s hızında 107 km boyunca hatasız veri (data) iletimi gerçekleştirdiklerini açıklamıştır (3). Şekil 1'de de açıkça, optik lifin henüz gerçekleştirilmemiş potansiyel içinde en büyük paya sahip olduğu, görülmektedir (4).

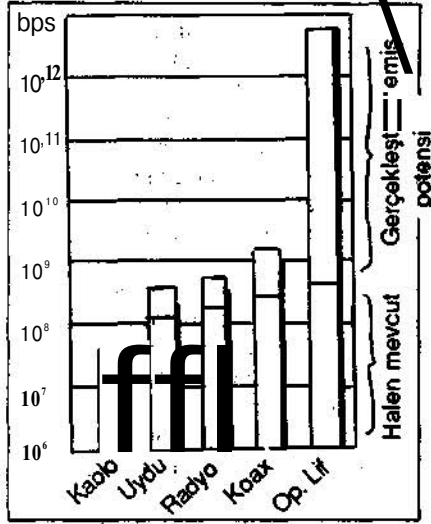
1.1. Niçin Optik Lif?

Daha önceleri, işaretlerin bir yerden diğerine iletilmesi için radyo yayına, tek alternatif metalik kablo idi, halbuki bugün üç ana sebepten dolayı optik lif haberleşmesi metalik kablo piyasasına akın etmeye devam edecektir. Bu sebepler şunlardır:

- (i) GHz mertebesindeki frekanslarda laserlerin geliştirilmesi, bunların fiyatlarındaki çok çabuk düşüş, metalik iletkenlerin bu frekansları taşıma imkânının olmaması ve dijital devreler için VLSI (Very Large Scale Integration) tekniklerinin geliştirilmesi
- (ii) Fiyatların düşüşü ve kalitesi yüksek optik liflerin imalının artması
- (iii) Tek bir optik lif hattının yüzlerce genişbandlı kanalı taşıma imkânı vaadeden bağdaşık (cohererent) ışık modülasyonunun gelecekteki belirtileri.

"Majublex çalışmada veri (data) farklı iki optik dalgaboyu kullanılarak tek bir lif üzerinden iki yönde de iletilebilir. "

Bütün bunlara rağmen, metalik kabloların verecek daha birçok şeyleri vardır ve telekomünikasyon trafiğinin önemli bir kısmını taşımaya devam edeceklerdir.



Şekil 1: Çeşitli iletim ortamları için mevcut veri oranları ve mutlak sınırlar (Kaynak Alman PTT Teşkilatı, Deutsche Bundespost).

öte yandan, fiyat konusu bir tarafa bırakılacak olursa, optik lif haberleşmesinin geniş bir spektrum için birçok sebepten dolayı bu yarışta kazandığı görülür. Bunlardan bazıları şunlardır:

- * Bandgenişliği: Optik lif kablolar bilgi (information) taşımak için çok yüksek kapasiteye imkân verirler. Bu oran birkaç yüz Mbit/s mertebesinde olabilir.
- * Zayıflama: Optik lifler, onlarca km'lık büyük mesafeler boyunca verimli bir haberleşmeyi düşük bir zayıflama ile sağlarlar.
- * Gürültü muafiyeti: Optik lif kablolar bilgiyi ışık olarak iletildiği için ne elektromagnetik girişim (interferens) üretir, ne de elektromagnetik girişimden etkilenirler. Bu durum optik liflerin fabrika vs. gibi gürültülü yerlerde rahatça kullanılmasını sağlar.
- * Güvenlik: Konuşmayı kesmeksizin bir optik kabloya saplantı yapmak kolay değildir. Bu nedenle optik lif kötü amaçlı kesmelere karşı emniyetlidir.
- * Yalıtım: Linklerde yüksek gerilimli cihazlara karşı sonsuz yalıtım bir avantajdır ve kendiliğinden emniyetli endüstriyel alanlar için haberleşme sistemlerinin tasarımında çok önemlidir.
- * Hafiflik ve İncelik (5).

1.2. OPTİK LİF SİSTEMLERİNDE IŞIK KAYNAKLARI

LED'ler veya LASER'ler? Bu iki tip optik kaynak arasındaki seçim, sistemin gerekleri tarafından belirlenecektir. Genel olarak laserler sahip oldukları yüksek performans dolayısıyla genişbandlı uzak-mesafe (Long-haul) haberleşmesi linkleri için tercih edilmektedir. Sürücü ve kontrol devrelerinin nisbeten basitliği, dolayısıyla da kısa mesafeli (Short-haul) darbandlı sistemlerde LED'ler avantajlıdır.

Laserler,

- * Yönlü emisyon.
- * Milivattlar mertebesinde 10W'a kadar yüksek çıkış güçleri,
- * Yüksek tepke hızları (yükselme zamanı) tipik olarak 1 ms, gibi özellikleriyle bilinir.

Laserlerin eksikleri ise,

- * Pahalı,
- * Son derece ısıya hassas ve
- * Nisbeten kısa ömürlü oluşlarıdır.

Her ne kadar bilinenlere dayanılarak yapılan tahmine göre ömürleri 100 000 saat olabilirse de birçok imalatçı bu seviyede bir garanti veremez.

Ledler,

- * Uzunömürlüdürler-10⁶saat
- * Güç sarfiyatları azdır,
- * Basitçe kurulabilirler ve
- * Nisbeten ucuzdurlar.

Ledlerin dezavantajları ise,

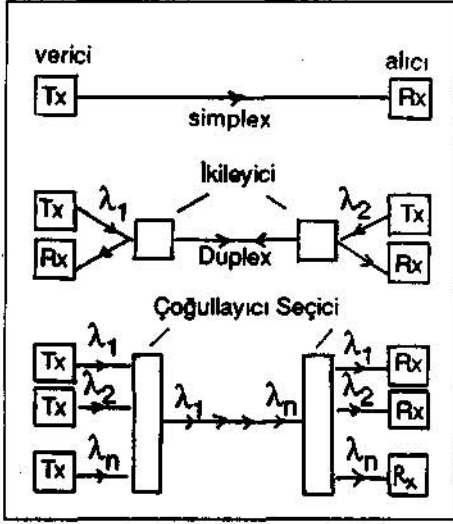
- * Düşük güçlü olmaları-mikrowattlar ile milivattlar mertebesinde
- * Daha düşük tepke süresine sahip oluşları -en iyi durumda birkaç ns-dir.

Bazı kenar yayınlı (edge-emitting) LED'lerin çıkış gücü, başlatma ve modülasyon verimleri bir laserinkine yaklaşabilir.

1.3. Optik Lif Sistemi İşletme Modları

Klasik optik lif haberleşme sistemleri, ışığın life doğru gönderildiği bir optik kaynağa (veya vericiye) ve alıcı tarafta da aynı şekilde belirli bir dalgaboyudaki ışığı detekte eden bir optik detektöre (veya alıcıya) ihtiyaç gösterir (6).

Optik haberleşme sistemleri Şekil 2'de görüldüğü gibi, noktadan-noktaya (simplex), her iki yönde (duplex) ve her iki yönde çoğullamalı (multiplex) çalışma şekillerinden birinde olabilir. Duplex çalışmada veri (data) farklı iki optik dalgaboyu kullanılarak tek bir lif üzerinden iki yönde de iletilebilir. Çoğullamalı çalışmada ise veri, sistemin toplam kapasitesini artıracak şekilde aynı yönde iletilebilir. Çoğullamalı sistemin önemi ise, her bir çoğullama kanalının, tek bir lifin GHz'ler mertebesinde olan top-



Şekil 2:
Optik Lif
Sistemi İşletme
Modları

lam bandgenişliğine giriş yapma imkanının olmasıdır. Çoğullama teknikleri çok yüksek hızlı bir veri iletimi için potansiyel oluştururlar. Her ne kadar Şekil 2'de veri iletimi sadece tek yönlü imiş gibi gösterilmişse de birçok sistemde çoğullayıcı (multiplexer) ve seçici (demultiplexer) cihazları karşılıklı (reciprocal) bir tarzda çalışan aynı cihazlardır. Bu cihazların nasıl çalıştıkları ilerideki bölümlerde, bu yazının esas konusu olan Dalgaboyu Bölmeli Çoğullama (Wavelength Division Multiplexing) da anlatılırken ayrıntılı olarak incelenecektir.

1.4. Tek ve Çift Lif Sistemlerinin Mukayesesi Rekabete dayalı olan bu piyasada da kullanıcılar genellikle servis kalitesi ve fiyatla ilgilenmektedirler. Alışılmış çift lif sisteminin kullanılmasında, her bir yönde iletim için bir Nf gerekir. Halbuki, bir dalgaboyu alma, bir dalgaboyu da iletim için kullanılacak iki ayrı dalgaboyuna sahip tek lifli bir sistem kullanılarak bütün şebekenin maliyeti azaltılabilir. Tek lif metodu, kullanılan özel optik elemanların ve komponentlerin yüksek fiyatlı oluşu nedeniyle pahalıya maloluyor ve WDM (dalga boyu bölmeli çoğullama) sadece uzak mesafe (longhaul) sistemlerinde kullanılıyor ve lokal veri haberleşmesi için çok pahalı oluyordu. Tipik bir noktadan noktaya veri iletim linki tesisinde toplam şebeke maliyeti her iki uçtaki çoğullayıcıları, ana dağıtım çerçevelerini (main distribution frames, MDF), optik lif kabloları (iç ve dış), konnektörler ve eklemeler (iş gücü dahil), yamama kabloları ve tesis aksesuarlarını kapsar <7>. Son birkaç yılda güvenilirliği giderek artan tek-modlu (single-mode) lifler ve ilgili komponentlerin geliştirilmesiyle koaksiyel ve çok-modlu (multi-mode) sistemlerin karşısına çıkmıştır. Tek-modlu teknolojiden sağlanan faydalar şunlardır:

- * Band genişliği yüksektir,
- * Kayıplar çok düşüktür, 1300 nm'de yaklaşık 0,3dB/km
- * Optik kablolar 7 km'ye kadar uzunlukta imal edilebilmektedirler,

*"Bir dalga boyu alma,
bir dalga boyu da iletim için
kullanılabilecek iki ayrı
dalga boyuna sahip
tek lifli bir sistem kullanılarak
bütün şebekenin
maliyeti azaltılabilir.,*

- * Eritme-ekleme teknikleri çok düşük zayıflatma vermektedirler, ekleme başına tipik olarak 0,1 dB
- * Düşük gürültülü ve hassas pin-FEPlı alıcı modülleri dizayn edilebilmektedir.

Tek lifli sistemin bir faydası da servis elemanlarının tek bir lif ile uğraşacak olmalarından dolayı tesis ve bakım kolaylığıdır. Bundan başka bir avantaj da bu yaklaşımı mevcut şebekelere uygulayarak, yeni kablo tesisine para yatırmaksızın toplam sistem kapasitesinin iki katına çıkarma imkânının olmasıdır. Bu metodu ilgili tek eksiklik, ünitelerin çiftler halinde çalışmasının gerektiğidir (yani herbiri farklı dalga boyunda ileten iki tip ünite vardır). Sağladığı maddi tasarruflar ve avantajları gözönüne alındığında bu, küçük bir problemdir.

2. DALGABOYU BÖLMELİ ÇOĞULLAMAYA (WDM) ALTERNATİF TEKNİKLER

Dalgaboyu Bölmeli Çoğullama (WDM) şüphesiz, Bölüm 1,3'de bahsedilen multiplex çalışma modlarından sadece biridir. Bu bölümde WDM'e alternatif çoğullama şekilleri kısaca verilecek, Bölüm 3'de Dalgaboyu Bölmeli Çoğullama'nın üstünlükleri ve nasıl gerçekleştirildiği anlatılacaktır. Mevcut optik lifli haberleşme linklerinin birçoğu, fiziksel olarak birbirinden ayrı-herbiri bir yönde olmak üzere iki ayrı lif kullanarak iki yönlü (bidirectional) iletimi gerçekleştirir. Tek bir lif üzerinden iki yönde veri (data) iletimi için maliyeti azaltmak ve şebeke topolojisini basitleştirmek üzere çeşitli teknikler geliştirilmiştir. Bunların başlıcaları şunlardır:

2.1. Kuplörli Tek Dalgaboyu

Bu metod, her iki uçta kuplörler kullanarak iki iletim yolunu birbirinden ayırıp duplex (aynı anda her iki yönde) iletimi gerçekleştiren en basit yoldur. Fakat bu teknik yansımalar, geriye saçınım (backscattering) ve tabiatında var olan 3-4 dB'lık kuplaj kayıplarından dolayı ki bu faktörler pratik mesafeyi büyük ölçüde sınırlar, zayıf işaret gürültü (S/N) oranına sahiptir.

2.2. Yarıiletken Eklemeli Alıcı-Verici

Hem ışık kaynağı hem de fotodetektör olarak bir LED'i alternatif bir şekilde kullanan yeni bir tekniktir Basit, ucuz optik sistemler, düşük alıcı hassasiyeti, daha karmaşık elektronik, azalan hız ve yarı duplex (iki yönlü fakat aynı anda olmayan) çalışma nedeniyle meydana gelen gecikmeye sahiptir.

"Haberleşme sistemlerinde abone hattı ve santrallararası ana hat olmak üzere birbirinden ayırdedilebilen iki ana bölge vardır. „

3. DALGABOYU BÖLMEÜ ÇOĞULLAMA (WDM) TEKNOLOJİSİ

Bu bölümde, birleşik geniş bantlı bir optik şebekenin kuruluşunda "dalga boyu bölmeli çoğullama"nın önemi anlatılacak ve bunun nasıl gerçekleştirileceği gösterilecektir.

Esas gaye olabildiği kadar fazla sayıda farklı servisi tek bir şebeke halinde birleştirmektir. Çünkü, genel olarak çok sayıda küçük ve belirli özelliğe sahip şebekeler daha masraflıdır. Aboneler ve santraller arasındaki farklı ortalama mesafeler (telefon için 2.3 km ve veri servisleri için 50 km) başlangıçta bu gayretleri karmaşıklaştıracaktır (8).

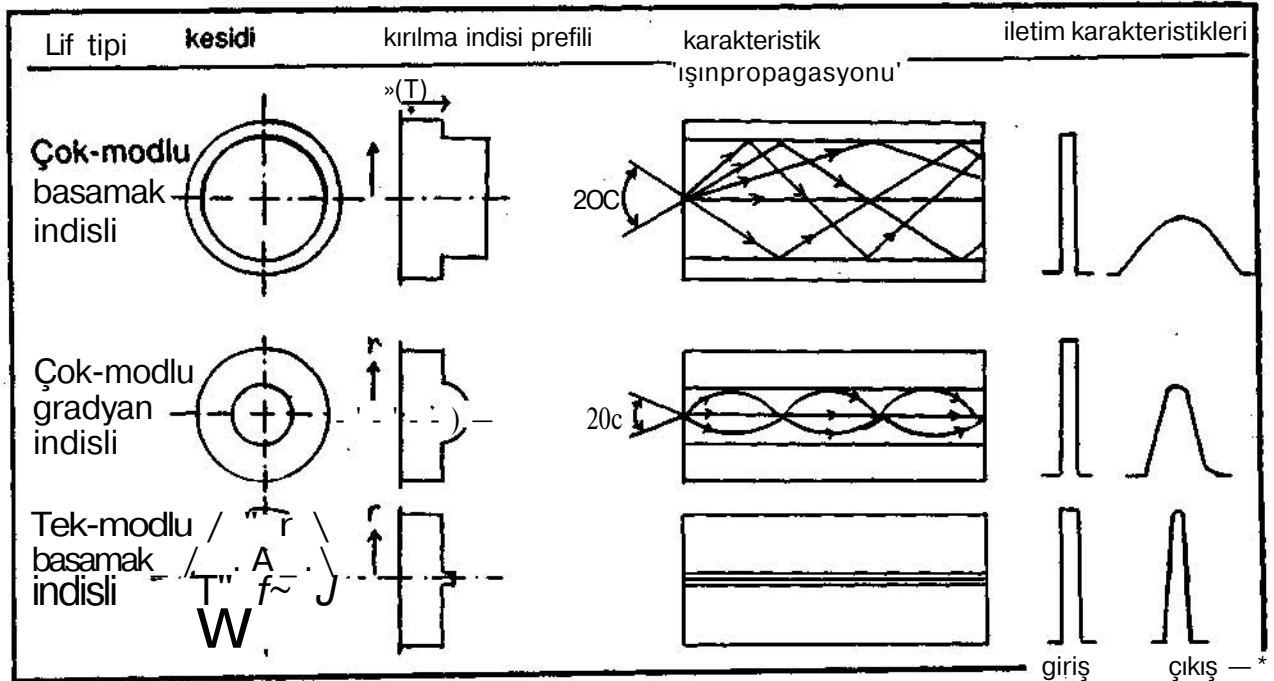
3.1. Optik Lif Tipleri ve Optik Lifin Seçimi

Optik lifler kırılma indisi tiplerine göre gradyan indisi (graded-index), basamak indisi (step-index) ve özel tipler olmak üzere üç sınıfa ayrılırlar. İşaretlerin lifteki propagasyon şekline göre (mode) de çok-modlu lifler (multi-mode fibers) ve tek modlu lifler (mono-mode fibers) olmak üzere ikiye ayrılır. Şekil 3 temel lif tiplerini ve bun-

ların transmisyon karakteristiklerini göstermektedir. Lif tiplerine ait bağıntılar, band genişliği, zayıflama, saçınım (dispersiyon), kayıplar gibi iletim (transmission) özellikleriyle, çekirdek ve çeper yarıçapı, maksimi m alış açısı ve sayısal açıklık (numerical aperture) gibi yapısal özellikleri burada sadece WDM teknolojisini ilgilendirdiği kadarıyla ele alınacaktır. Bu konularda ayrıntılı bilgi Ref. 9'da veya konuyla ilgili herhangi bir kitapta bulunabilir.

Uzak mesafe şebekesinde lif kullanıldığında bu, tek-mod olacaktır. Tesisin kolay ve komponent fiyatlarının ucuz oluşu dolayısıyla, gelecekte abone linkinde gradyan indisi lif (graded-index fiber) kullanılması farzodilmektedir. Bir sonraki bölümde, Siemens tarafından gerçekleştirilen tek-mod'lu multiplexer-demultiplexer örneğinde de görüleceği gibi, abonenin tesis maliyetini en aza indirmek için kanalları tek lif üzerinde aşağıya veya yukarıya doğru sıralamak kabul edilmiş bir uygulamadır. Bu, farklı dalga boylu optik kaynaklara ve optik ikileyiciler (duplexers) kullanılarak gerçekleştirilebilir. Gradyan indisi lifin band genişliğinin maksimum iletim oranını sınırlaması ve WDM projesinin daha sonraki merhalelerde sistemin genişmesine imkân vermesi gibi bazı nedenlerden dolayı, abone hattında optik çoğullama elektriksel çoğullamaya tercih edilir.

Haberleşme sistemlerinde abone hattı ve santrallararası ana hat olmak üzere birbirinden ayırdedilebilen iki ana bölge vardır. Darbandlı Entegre Servisler Dijital Şebekesi (ISDN) Integrated Services Digital Network için iletim oranı 64 kbit/s olarak belirlenmiştir. Genişbandlı servisler için iletim oranı incelenmektedir. Bununla birlikte, yüksek kaliteli video iletimi için bu oran 140 Mbit/s ola-



ŞakH 3: Temel Optik Uf Tipleri (Ref. 9)

çaktır. Uzak mesafe şebekelerinde halen kullanılmakta olan ve yakın gelecekte kullanılacak olan iletim oranları 140 Mbit/s ve 565 Mbit/s dir.

3.2. Dalgaboyu Bölmeli Çoğullama İçin Optik Kaynaklar ve Işığın Çoğullanması

Dalgaboyu Bölmeli Çoğullama ışığın çoğullaması olduğu için bu bölümde de ışığın çoğullanması incelenecektir. Tek ve çift lifli sistemlerin incelenmesinde de görüldüğü gibi WDM, son yıllarda tek ve monomod (single and mono-mode) liflerde optik lif sisteminin toplam kapasitesini artıran ve sistemin yapısını genişleten bir çözüm yolu ortaya koymuştur. WDM için halen kullanılmakta olan optik kaynaklar yayılım (emiyon) spektrumu birkaç nanometre olan "laser" diyotlarıdır. Böylece birkaç kanalin, komşu kanallar arasında yeleri kadar karşılıklı-geçiş (crosstalk) zayıflamasına sahip olan optik lifin btr iletim penceresine yerleştirilmesine imkân verir. Bugünün laser diyotları 800-900 nm aralığında farklı dalgaboylarında laser diyotlardır. İkinci pencerede 1200 ve 1300 nm'de iki kanal WDM'e imkân veren laser diyotlarda mevcuttur. LED'ler, daha önce bahsedildiği gibi, emiyon spektrumlarının geniş (50-100 nm) olmasından dolayı dezavantajlıdır. Çünkü, karşılıklı geçişden de bugün için çok az bir rol oynamaktadırlar. İlk pencerede lifin dalgaboyu ile zayıflamasının değişimi yaklaşık 1,8 dB/km'dir. İkinci pencerede 1100 ve 1350 nm arasında bu oran 1 dB'den daha azdır. Bu aralık WDM için kullanılabilir. Tek modlu lifler için kesim dalgaboyu (genellikle) 1210 nm civarındadır. Şekil 4'den de görüldüğü gibi elde edilebilir pencere aralığı 1210 ve 1350 nm arasına indirilmektedir. Her WDM kanalının optik lifin bütün band genişliğine giriş imkânının olması, WDM'in telekomünikasyon endüstrisinden büyük ilgi görmesine sebep olmuştur.

Dalgaboyu Bölmeli Çoğullamayı gerçekleştirmek için birkaç kriterin yerine getirilmesi lazımdır. Bunlar;

"Her WDM kanalının optik lifin bütün band genişliğine giriş imkânının olması WDM'in telekomünikasyon endüstrisinden büyük ilgi görmesine sebep olmuştur, n

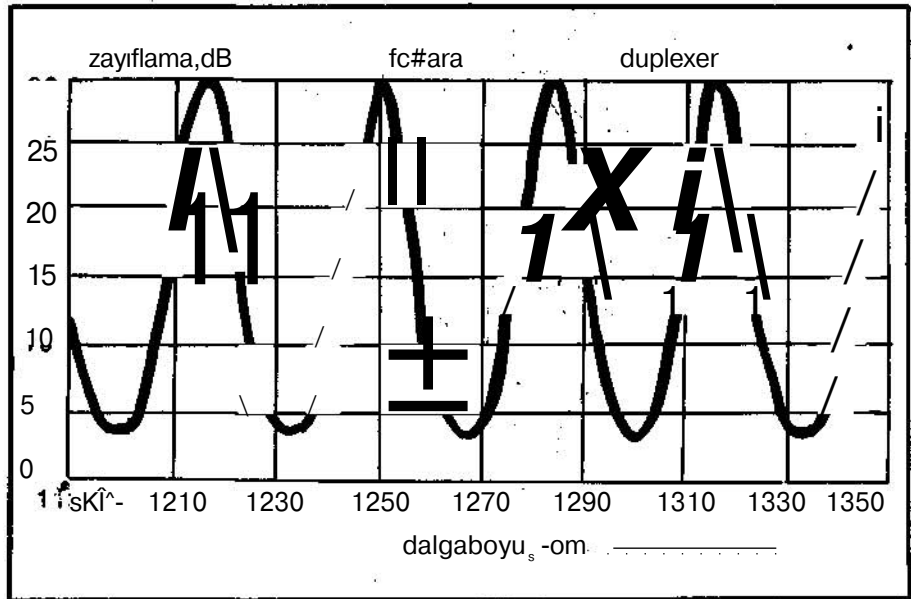
- 1) Çıkış seviyeleri arasındaki karşılıklı geçiş zayıflaması (cross-talk) $nm \leq 30$ dB olması,
- 2) Cihazların en az miktarda arayagirme kaybına (insertion loss) sahip olması ve
- 3) Kanallar arasında en az geçiş kaybı olacak şekilde (inter-channel crosstalk) dizayn edilmelidir (10).

3.3. ÖRNEK BİR DALGABOYU BÖLMELİ ÇOĞULLAMANIN GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

Aslında WDM farklı dalgaboylarındaki birkaç optik kaynağın karıştırılması, life doğru eşzamanlı (simultaneously) bir şekilde yayılması (propagation) ve alıcıda deteksiyondan önce farklı dalgaboylarına ayrılmasıyla (demultiplexing) gerçekleştirilir. Şekil 5 Siemens tarafından gerçekleştirilen dört dalga boyu kanalı için girişim filtreli tekmodlu çoğullayıcı/seçicinin (multiplexer/demultiplexer) şematik yapısını göstermektedir. Optik haberleşme sistemlerinde dağıtım tipi seçicilerin (grating demultiplexer) kullanılması ilk defa 1977'de W.J. Tomlinson tarafından teklif edilmişti. Daha sonra yine aynı yıl Tomlinson WDM için fiziksel potansiyeli de ortaya koymuştu (11).

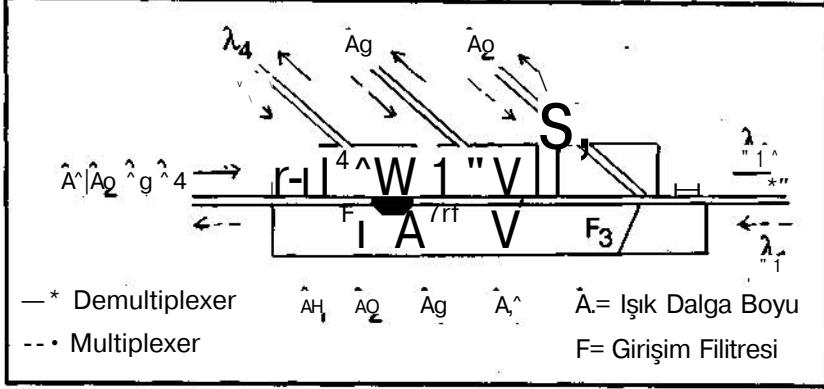
Çoğullayıcı/seçici 1,3µ. m civarında iki kanal ve 1,5µ. m civarında da iki kanal olmak üzere toplam dört kanalın eş zamanlı olarak (simultaneously) iletimi için dizayn edilmiştir. Standart tek-modlu lifler en düşük saçılımı, 1,3µ. m

Şekil 4:
Dört Kanalı
Bir Çoğullayıcının
spektral
karakteristikleri



"Bugün elde edilebilir
iki sınıf WDM
cihazı bulunmaktadır.
Bunlar aktif ve
pasif cihazlardır."

için koplör ve dağıtım ızgarası (diffraction grating) gibi pasif elemanlar kullanılır. Şehirlerarası yollar için WDM'in maliyet açısından cazipliği bunun gibi entegre tekniklerin kullanılmasını gerektirir.



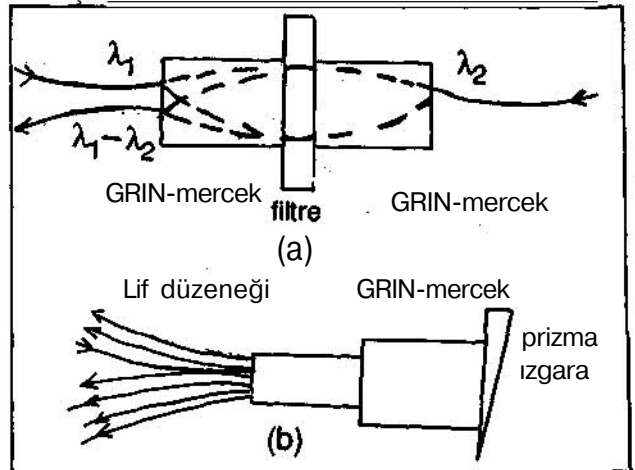
Şekli 5:
Siemens tarafından
gerçekleştirilen
dört dalga boyu
kanalı girişim filtrelili
tekmodlubir
multiplexer/demultiplexerin
şematik gösterilimi

ve en düşük araya girme kaybını da 1,5 µ. m metre civarında verirler. Halen mevcut laser diyotlarını kullanarak iki kısa dalgaboyu kanallarının herbirinden 565 Mbit/s'lik veri oranı ve iki uzun dalgaboyu kanallarının herbirinden de 140 Mbit/s'lik veri iletimi mümkün olacaktır. Böylece, tek bir lif üzerinden iletilecek veri oranı 1,4 Gbit/s olacaktır. Şekilden görüldüğü gibi üç adet dalgaboyu seçicili girişim filtresi F_1 , F_2 , ve F_3 'den herbiri farklı spektral responsa sahiptir ve kaskad (kademeli) bir şekilde düzenlenmişlerdir. Bütün kollarında aynı tip lif kullanıldığı için aynı eleman (komponent) hem çoğullayıcı hem de seçici olarak kullanılabilir. Üç adet girişim filtresinden herbiri kısa dalgayı geçiren kenar filtresidir (short-wave pass edge filter). Filtrelerin kesim dalgaboyları, yani geçirdiği band ve zayıflattığı band arasındaki geçiş, $F_1 \rightarrow F_2 \rightarrow F_3$ şeklinde düzenlenmiştir ki burada F_3 en kısa kesim dalgaboyu filtredir. Bu şekilde seçici (demultiplexer) olarak kullanıldığında en uzun dalgaboyu laser diyodundan (X_4) radyasyon iletim hattının sonunda F_1 filtresi ile yansıtılır. En kısa dalgaboyundaki (A_1) radyasyon üç filtrenin hepsinden geçmelidir, kademeli filtre $X_1 \ll 1285$ nm, $X_2 = 1355$ nm $X_3 = 1480$ nm ve $X_4 = 1560$ nm dalgaboyları için dizayn edilmiştir (12)...

Pasif cihazlar iki ana altgruba ayrılır. Bunlar, açılal olarak saçınım yapan cihazlar (angularly dispersive devices) ve dielektrik incefilm filtre cihazları (dielectric thin-film filter DTF devices) dir. Birinci grup cihazlar, bir dağıtım ızgarası (diffraction component) veya bir prizma gibi tek bir saçınım elemanı (dispersive component) kullanarak birkaçkanalı çoğullayabilir. Bu düzenlerden dağıtım ızgarası, düşük araya girme kaybı (insertion loss) ve 30 dB'den daha küçük kanallararası geçiş seviyesi (inter-channel crosstalk level) ile en cazip alternatiftir. Prizma tipi çoğullayıcılar, fiyat ve üretim güçlükleri dolayısıyla sınırlı ve ticari potansiyele sahiptir. Her iki tipin bir dezavantajı, bunların ikisinin de aynı zamanda en çok kullanılan dalgaboyu pencerelerinde (780-900 nm ve 1250-1350 nm) uygulanamamalarıdır. WDM'de çoğullayıcı ve seçicilerin (multiplexer/demultiplexer) filtre veya dağıtım ızgarası kullanması Şekil 6.a ve b'de gösterilmiştir

3.4. WDM Cihazlarının Çeşitleri

Bugün elde edilebilir iki sınıf WDM cihazı bulunmaktadır. Bunlar aktif ve pasif cihazlardır. Aktif cihazlar sınıfından olan laser ve LEO'lerin her ikisi de WDM sistemlerine uygunlukları bakımından önceki bölümlerde incelenmiştir. Bununla birlikte hiçbirisi, sınırlı çıkış gücü ve optik kaynakların düşük güvenilirliği gibi problemler dolayısıyla, ticari olarak çok uygun değildir. Bunun yerine daha elverişli bir WDM metodu, çoklu dalgaboylu optik kaynak düzenlemeleriyle monolitik entegrasyonunu ihtiva eden bir metoddur. Bu teknikte çoğullamayı gerçekleştirmek



Şekil 6: (a) İkileyici filtre (duplexer filter) ve (b) dağıtım tipi bir çoğullayıcının şeması

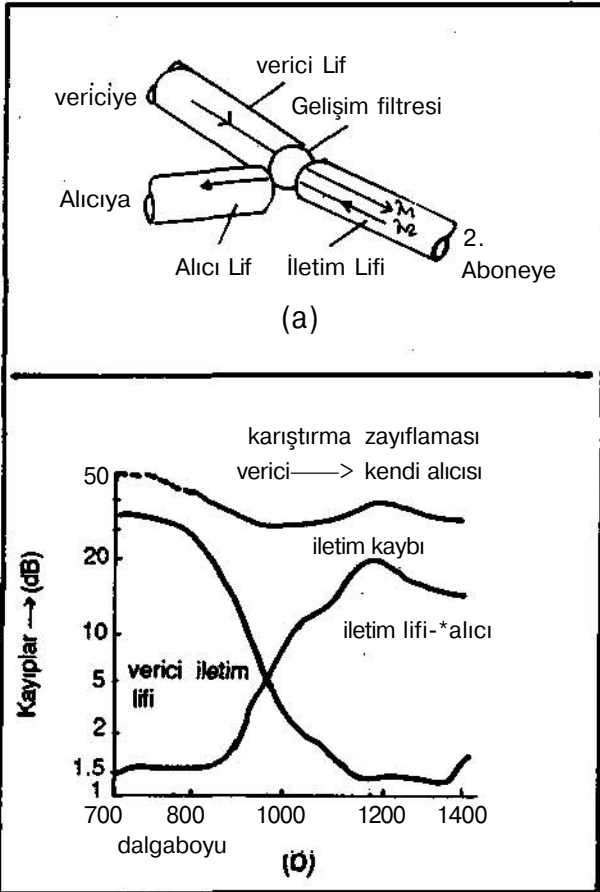
Dalgaboyu 1'i yansıtan ve dalgaboyu 2'yi geçiren kesim filtresi ve mercekler yardımıyla her iki kanal gidiş lifi üzerine yansıtılır. 140 Mbit/s de yaklaşık 60 dB olması gereken karşılıklı geçiş zayıflaması çok katlı girişim filtreleriyle (multilayer interference filtres) gerçekleştirilir. Şekil 6. b aynı zamanda dağıtım tipi bir çoğullayıcının basitleştirilmiş bir şeklini göstermektedir. Geliş ve gidiş lifleri tek bir lif dizisinde birleştirilmiştir. Yansıtma, dağıtım ızgarasına bitleştirilen bir mercek vasıtasıyla yapılmaktadır. Şekil 7'de ise bir ikileyin (duplexer) görünüşü ve iletim karakteristiği gösterilmiştir (13). 0,85u m ve 1,3u m civarındaki spektrum aralığı için tasarlanan bir optik duplexerin tipik optik karakteristikleri burada özetlenmiştir. WDM sisteminin prensipleri ve kullanılan cihazlar hakkın da daha geniş bilgi Ref. 6,8 ve 11 'de bulunabilir.

3.5.Halın Kurulu WDM Sistemleri

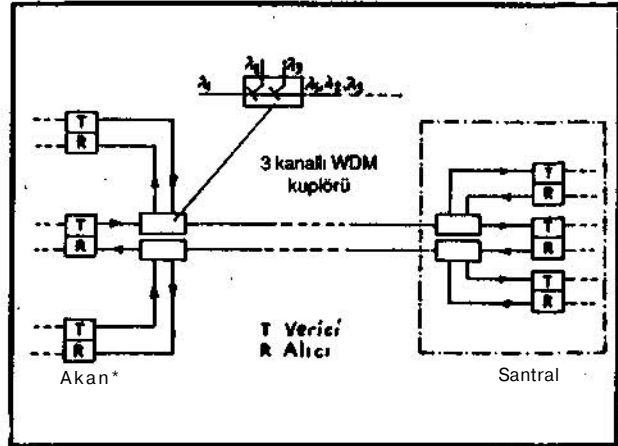
Daha şimdiden birçok WDM sistemi kurulmuş ve başarıyla çalışmaktadır. İngiltere, Federal Almanya, Danimarka, İskandinav ülkeleri ve ABD bu sistemi kuran ülkelerin başında gelmektedirler. Meselâ, Berlin'de 50 adet 4 kanallı sistem duplex bir şekilde (aynı anda iki yönlü) yaklaşık 5 yıldır çalışmaktadır. WDM sistemi İskandinav ülkelerinde bir dağıtım merkezindeki anten istasyonunu bir dağıtım merkezine bağlamada CATV (Cable-TV) ana

"Abone çevriminde optik lif teknolojileri hızla gelişmekte fakat henüz olgunluğa erişmiş değildir. ,"

bağlantı için kullanılmaktadır. Bütün bu sistemler 1. ve 2. pencerede gradyan indisli lifle çalışmaktadır. Siemens'in 3 kanallı sistemi bir kanalını (565 Mbit/s) ikinci pencerede, iki kanalı da (140 Mbit/s) optik lifin üçüncü penceresinde çalıştırmaktadır. Bölüm 3.3'de anlatılan 4 kanallı sistemle birlikte bu sistem 36 km'lik mesafe boyunca tekrarlayıcısız (repetörsüz) iletim yapmaktadır. Son zamanlarda Bell Laboratuvarları 10 kanallı 1500 nm ve tek modda 20,06 Gbit/s lik toplam iletim oranında 68,3 knTyi birleştiren bir laboratuvar denemesini gerçekleştirdiklerini açıklamışlardır. Şekil 8 genişbandlı bir haberleşme şebekesinde üç kanallı WDM kuplörünü bir uygulamada abone hattının bağlantısını göstermektedir (14).



Şekil 7 : Optik duplexerin temel kavramı (a) ve iletim karakteristikleri (b)



Şekil 8 : Üç kanallı WDM kuplör uygulamalı geniş bandlı bir haberleşme şebekesinde abone giriş hattını bağlantı şeması.

4. SONUÇ ve GELECEKTE BEKLENENLER

Abone çevriminde optik lif teknolojileri hızla gelişmekte fakat henüz olgunluğa erişmiş değildir. Gelecekte lokal çevrime abone girişi problemi, milletlararası seminerlerde, atölyelerde ve standardizasyon forumlarında yoğun müzakerelere konu olmaktadır. Bu konuda birkaç görüş vardır. Bir görüşe göre, aboneye-yaklaşık 150 Mbit/s'lik bir band genişliği verilmeli ve video konferans, veri (data) ve ses (voice) servisleri için kullanılmalıdır. Diğer bir görüş de dağıtım modu şeklinde üç video kanalı ve video teleforfveya videokonferans için etkilemeli (interactive) bir kanal sağlayan 600 Mbit/s tahsisini öngörmektedir.

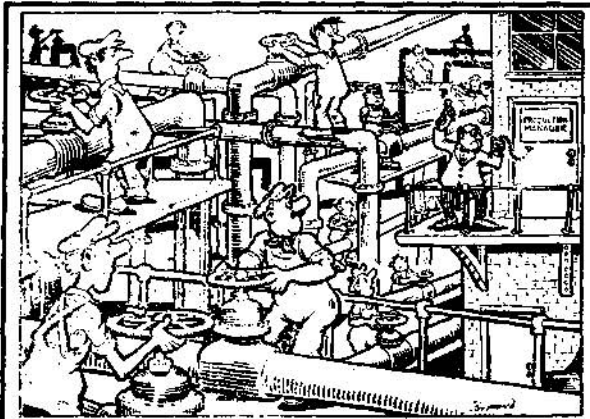
Bu abone girişlerinin anahtarlanmaları da gerekecektir. Hızlı devre veya paket transfer modları gibi bazı geniş-bandlı anahtarlama kavramları da incelenmektedir. Bu incelemelerin sonucu ne olursa olsun, şurası açıktır ki optik lif haberleşmesi geleceğin lokal haberleşme dağıtım şebekelerinde önemli rol oynayacaktır.

Ana devre ve jonksiyon şebekelerindeki gelişmenin bir sonraki aşaması daha yüksek veri oranlarına çıkmak olacaktır. İleriye doğru bakarak, birbirine bağıdaşık (coherent) iletim sistemlerinin 200 km'ye kadar hatta daha da ilerisine kadar tekrarlayıcısız (reptörsüz) iletim sağ-layabilecekleri söylenebilir.

KAYNAKLAR

- (1) Lambert, G., "Cable and fibre must live together" *Communications Engineering International*, Vol. 7 No. 2s. 18, 19, 23, 25, March 1985.
- (2) Viklund, B., "Fiber optics in the local loop" *Telecommunications*, Vol. 21, No. Ss. 68, 72, May 1987.
- (3) Lambert, G., adı geçen makale.
- (4) Lilley, J., "Cable and fiber optics" *Communications Engineering International*, Vol. 10, No. 2 s. 21, 22, 27, 29, 31, 33, March 1987.
- (5) Dance, M., and Lambert, G., "Optical fiber for tele-coms-the long haul" *Communications Engineering International*, Vol. 7, No. 2s. 27, 29, 31, 35, March 1985.
- (6) Senior, J., "Wavelength division in optical fiber networks" *Communications International*, Vol. 15, No. 4 s. 52, 53, 54, 59, April 1988.
- (7) Holz, Y., "Multiplexing local data on single fiber" *Communications International*, Vol. 14, No. 7 s. 47, 48, July 1987.
- (8) Rohrbeck, W., "Wavelength division multiplexing-a possible approach to optical broadband networks" *Communications Engineering International*, Vol. 8 s. 57, 59, 61, 65, October 1986.
- (9) Rittich, D., Storm, H., Wiesmann, T., et al. "Principles of Optical Communications" *ANT Telecommunications Reports Vol. 3 s. 5-34*, December 191:6.
- (10) Lilley, J., "Fiber Optics: slowly breaking new ground" *Communications Engineering International*, Vol. 10, No. 1s. 9, 12, 13, 15, 17, 18, 19, 21, 23, February 1988.
- (11) Winzer, G., "Principles of Wavelength Division Multiplexing" *Proceedings of Optoelectronics in Tele-Communications and Measurement System*, 1982 Lausanne, Switzerland, s. 89-111.
- (12) Mahlein, H.F., and Reichelt, A., "Micro-optical single mode Multi-Demultiplexer for Four Wavelength Channel", *Siemens Telecom Report 5/85*, Vol. 8 September 1 October s. 290-294.
- (13) Krumpholtz, D., "Multiplex techniques increase fiber optic capability" *Com. Eng. International* Vol. 7 No. 2, March 1985, s. 29.
- (14) Mahlke, G., and Gössing, P., "Fiber Optic Cables" *Siemens* 1987 s. 202-204.

OTOMASYON VE ENDÜSTRİYEL KONTROL SAYISI İÇİN DUYURU



OICT-olfi: kontrol için kendinizi bu kadar zorlamayın .

"Otomasyon ve Endüstriyel Kontrol" sayılarımız için 374. sayımızda içeriğini ayrıntılı olarak açıkladığımız "mini sektör kataloğu"na girecek firma tanıtımları Oda'mıza ulaşmaya başlamıştır. İlgilenen firma ve kuruluşların tanıtım yazılarını en geç 30 Kasım'a kadar göndermeleri gerekmektedir.

Not: Geçen sayımızda tarih bir dizgi hatası nedeniyle 30 Kasım yerine 1 Kasım olarak çıkmıştır. Özür dileriz.