Bölmə 1.Fiberoptik şəbəkələrin ümumi sturukturunun və xüsusiyyətlərinin təhlili.

**1.1-Fiberoptik texnologiyaya giriş.**

Fiberoptika və ya optik fiber şüşədən və ya həssas hamar plastik içərisində məlumatın işıq şüaları vasitəsilə göndərildiyi fiberlərdən ibarət olan materialdır.Əsasən uzaq məsafələr arasında əlaqənin təmin olunması üçün istifadə olunur.Bununla habelə fiberoptik kabellərdə bandwith bürünc kabellərə nəzərən çox olur.Yuxarıda sadalanan keyfiyyətlərlə yanaşı yüksək ötürmə sürəti də bu kabelləri optik xəbərləşmə texnologiyasında üst mərhələlərə daşıyır.Digər bir tərəfdən isə fiberoptik kabellərin istifadəsi zamanı bürünc kabellərə əsasən daha az itki olur.Bununla yanaşı fiberoptik kabellər elektromaqnit sahəsinin təsirinə daha az qapılırlar.Elektromaqnit sahəsinin təsirinin daha az təsiri isə məlumatların daha güvənli şəkildə göndərilməsi və şəbəkənin daha dayanıqlı olması üçün fiberoptik texnologiyasından istifadə etməyə səbəb yaradır.Optik fiberlərin çox həssas olması onların bəzi sensorlarda istifadə olunmasında da imkan verir.Məlumatlar fiber daxilində işıq şüası ilə göndərilmədən öncə müvafiq proqram təminatı və aparat toplusu vasitəsilə 2-lik say sistemində olan məlumat dalğa uzunluğuna çevrilir.Daha sonra isə uyğun dalğa uzunluqlarına görə fərqli tezliklərlə məlumat ötürülməyə başlanır.Şüa fiberin içində onun divarlarına çarparaq irəliləyir amma burada əsas məsələ işıq şüasını daim mərkəzdə saxlamaqdır.

Bu səbəbdən də fiberlər 2 modlu olaraq bölünürlər.Onlar:

* Multi-mode(Çox modlu)
* Single-mode(Tək modlu)

Multi-mode(Çox modlu) fiberlərdə şüanın mərkəzdə saxlanılması daha səlis olur.Buna səbəb isə bu tip fiberlərin geniş çaplı mərkəzə sahib olmasıdır.Adətən qısa məsafələrdə sürətli informasiya axınını yaratmaq üçün istifadə olunur.

Single-mode(Tək modlu) fiberlərin isə mərkəzi Multi-mode(Çox modlu) fiberə nəzərən kiçik çaplı olur.Bu tip fiberlərin istafədəsi uzun məsafələrdə məlumatın göndərilməsi lazım olduqda gözə çarpır.(200m və üzəri).

Fiberptik şəbəkələrin qurulması zamanı isə fiberlərin uyğun ölçülərdə kəsilməsi və birləşdirilməsi gərəkdir.Ənənəvi bürünc kabellərdə olduğu kimi fiberi mexaniki üsulla (kəlbətinlə) kəsmək nəticəsində yararsız fiberlər ortaya çıxa bilər.Bu texnologiyada adətən xüsusi qaynaq və kəsmə aparatlarından istifadə olunur.Hansı ki,bu qaynaq aparatları öncədən daxil olunan rəqəmsal parametrlər əsasında qaynağı həyata keçirir və ya kəsir.Hal-hazırda optik kommunikasiyada işıq şüasının itməsini ən az səviyyəyə endirmək üçün lehim əlavəsi(Fusion add) qaynaq aparatlarından istifadə olunur.Bu aparatların dövrümüzdə maliyyəti kooperativ fəaliyyət üçün normaldır və iş prosesi zamanı çox sürətli şəkildə 2200℃-yə çatır.Bununla yanaşı fiberləri özü uyğun olaraq tutuşdurur.Bütün bunlara baxmayaraq lehimləmə prosesi bitdikdən sonra ODTR test cihazından istifadə olunur.Bu cihazın istifadə səbəbi isə işıq itkisinin hansı səviyyədə olduğunu ölçməkdir.Fiberlər ilk dəfə University of Southampton(Birləşmiş krallıq)-da araşdırmaçı qrup tərəfindən yaradılmışdır.Teoriyaya görə fiberlər hazırda ən geniş ötürmə diapazonuna malikdir.Bununla yanaşı fiber daxilində ötürülən siqnalın sürəti işıq sürətinin 99,7% -nə bərabərdir.Ancaq yuxarıda qeyd olunduğu kimi fiber-optik kabellərin qaynaqlanması zamanı itki meydana gəlir və teorik parametrlərə tam olaraq çatmaq hələ də mümkün deyildir. Gündəlik istifadədə olan fiberlər adətən plastikdən istifadə olunaraq istehsal olunurlar.Bu cür fiberlərə plastik örtüklü və silisium əsaslı fiberləri nümunə göstərmək olar.Fiber optik kabelləri istehsal edərkən qatı bir örtük əldə etmək üçün yüksək temperaturda isidilərək polimer hovuzundan keçirilir.Bu növ fiber kabellər adətən maliyyəti az olan proseslərdə orta məsafədə və orta ötürmə diapazonunda əlaqəni təşkil etmək üçün istifadə oluna bilir.Amma bu tip fiber kabellərin tək əsas çatışmamazlığı onlarda itkinin çox olmasıdır.Buna da səbəb isə istehsalat zamanı fiberlərin elastikliyi saxlamaq üçün bol miqdarda əlavə olunan Rayleigh qatqısıdır. Fiber-optik kabellərin tətbiqetmələrdə istifadəsi sürətlə və yüksək keyfiyyət əmsalı ilə artmaqdadır.İlk dəfə kommersial şəkildə fiber-optik kabellərdən istifadə 1977-ci ildə istifadə olunmağa başladı.Günümüzdə isə bütün telefon kompaniyaları öz baza arxitekturalarının kabel sistemlərində fiber-optik kabellərə keçid etmişdirlər.Adətən fiber-optik kabellərdən uzaq məsafədə olan stansiyaları və körpüləri əlaqələndirmək üçün istifadə olunur.Kabel televiziyası şirkətləri də öz kabel sistemlərini fiber-optik kabellərlə əvəz etməyə başlamışlardır.Amma bu qurumlar adətən fiber-optik kabeli özlərinin baş ofislərini və ana ötürmə stansiyalarını əlaqələndirmək üçün istifadə edirlər.Adətən kabel televiziyası şirkətlərində fiber-koaksial hibrid kabel sistemindən istifadə olunur.Bəzi inkşaf etmiş bu qəbildən olan qurumlar özlərinin ümumi şəbəkəsinin kabel sistemini bütövlüklə fiber-optik kabellə əvəz etmək üçün araşdırmalar aparırlar.İnternet və televiziya çıxışı üçün bu şirkətlərin baza stansiyalarına gələn ana ötürmə xəttləri adətən fiber olur.Stansiyadan sonra isə məlumatlar koaksial kabel ilə son istifadəçilərə ötürülür.Mühəndislik jarqonunda bu istifadəçilərə node-lər deyilir.Bütün bunlara baxmayaq fiber-optik şəbəkə yalnız iri həcmli işlərdə deyil həm də LAN şəbəkələrində istifadə oluna bilir.Bunlara misal olaraq universitet tələbə şəhərciklərini nümunə göstərmək olar.Fiber-optik kabellərin elektromaqnit sahəsinə qarşı neytral olması onların elektrik sistemlərini uzaq məsafələrdən monitorinq olunmasında istifadəsinə imkan verir.Belə ki,yüksək gərginlik olan elektrik sistemlərinin bir çoxu şəbəkə üzərindən audit olunur.

10 milyondan bit 1 saniyə ərzində kommersial şəbəkələrdə fiberlər üzərindən ötürülür.Bu rəqəm isə 10 milyonlarla telefon çağrısını ötürmək üçün yetəri qədərdir.Saç tükü nazikliyində olan fiberlər 2 konsentrik (ortaq mərkəzli) laydan ibarət olurlar.Bu laylar çox hamar silisium şüşədən və örtük olaraq ayrılır.Layların çevrəsi kənar fiziki təsirlərin qarşısını almaq üçün qoruyucu örtüklə örtülmüşdür.Məlumatlar göndərilmədən öncə rəqəmsal məlumatlar (bitlər) işıq impulslarına,qəbul olunduq da isə əksinə işıq impulsları rəqəmsal məlumata çevrilir.Fiber üzərindən işıq şüası hərəkət edərkən o nüvə ilə hərəkət edir.Örtük üzərindən hərəkət edə bilməz çünki onun sınma əmsalı azdır.Belə olduqda şüanın yansıması az olar və itki artar.Hazırda fiberlərdən istifadəni yaxşılaşdırmaq üçün əsasən işıq mənbələrini və çeviriciləri təkmilləşdirirlər.Lazerlərin yaxşılaşdırılması nəticəsində fiber üzərində məlumat göndərilməsi də yaxşılaşır.Araşdırmalara görə yaxın gələcəkdə fiberlər vasitəsilə 1 trilyon bit bir saniyə ərzində göndərilə biləcək.

**1.2-Optikanın kommunikasiyada qısa tarixi.**

İşıqla xəbərləşmə daha ilk çağlardan mövcud olmuşdur.Buna misal olaraq qızıldərililərin duman vasitəsilə xəbərləşməsini göstərmək olar.İlk dəfə modern olaraq işıqdan xəbərləşmə üçün istifadə edən insan Graham Bell olmuşdur.O ilk dəfə işığın daşıma qabiliyyətində istifadə edərək telefon siqnallarını 200m məsafədə ötürə bilmişdir.Ancaq o dövrün texnoloji çatışmamazlıqları və hava şəraitinin qeyri-stabil olması bu kəşfin göz önünə gəlməsinə maniə oldu.Bundan sonra isə 1870-ci ildə ingilis fizik John Tyndall axar sularda onlarda işığın tam yansımasından istifadə edərək xəbərləşmədən istifadə edilə biləcəyini söyləmişdir.20-ci əsrdə isə bu prinsipə əsaslanan ilk layihə 1910-cu ildə iç səthi tamamilə metal olan və yüksək yansıtma qabiliyyəti olan Hallow balonunun kəşfidir.Bu cihazın ən nəzərəçarpan özəlliyi elektromaqnit dalğalarını geniş miqyasda idarə edə bilməsi idi.Ancaq bu özəlliyin yanında bəzi çatışmamazlıqlar da var idi.Hansı ki,həmin çatışmamazlıqlar onun istifadəsinin yayılmasına qadağa qoydu.Onlar:

* Siqnal itkilərinin çox olması
* Yön dəyişdirməyə meylliliyin çox olması

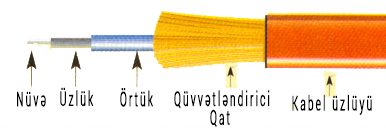
İləriləyən zaman müddətində,1930-cü ildə Hallow balnonunda aparılan təcrübələr şüşə fiberdən olan flaman üzərində aparıldı.Uzun müddətli təcrübələrdən sonra 1950-ci illərdə flaman dəlikli kart oxuyucularının işıq kanalı olaraq istifadə olundu.Hazırki fiberoptikanın inkşafı isə 1960-cı ildə lazerin təcrübədə yaxşı nəticlər verməsinin töhfəsidir.Bu illər ərzində fiber-optik kommunikasiyanın təməlini təşkil edən 2 hissə inkşaf elətdirildi.Bunlar işıq şüası ötürücüsü və işıq şüası qəbul edicisi idi.Bu müddət ərzində işıq şüası mənbəyi kimi çubuq şəklində olan amberin generasiya etdiyi işıq şüasından istifadə olunurdu.1961-ci ildə isə ilk dəfə olaraq işıq şüası mənbəyi kimi qaz lazer istifadə olundu.

**1.3-Telekommunikasiyada fiber-optika.**

Telekommunikasiyada fiber-optik kabeldən istifadədən öncə çevirici yardımı ilə səs siqnalı işıq siqnalına çevrilir.Çevrilmədən sonra işıq siqnalı şüşə əsaslı fiber-optik kabellərlə daşınılar və sonda yenidən çevirici ilə işıq siqnalı səs siqnalına çevrilər.Fiber-topik kabellər 2 hissədən ibarət olurlar:

* Öz
* Nüvə

İşıq öz bölməsində hərəkət edir.2 hissə arasında olan fərq isə onların sınma əmsallarıdır.Öz hissəsinin sınma əmsalı daha böyük olduğundan işıq bu hissə hərəkət edir.Bunun səbəbi isə işıq şüasının sınma bucağının çox olan yerdə iləriləməsinin səbəbidir.İş prinsipini isə Shell qanunu ilə açıqlanır:

Burada,-kritik bucaqdır.Fiber-optik kabelin görünüşü aşağıdakı şəkildə göstərilmişdir(Şəkil 1.1) 

Şəkil 1.1

**1.4-Kommunikasiyada fiber-optik texnologiyanın üstünlükləri.**

Aşağıdaki səbəblər fiber-optik kabellərin kommunikasiya sahəsində istifadəsinə səbəb yaradır:

* Bürünc kabellərdən daha ucuz istehsal olunması
* Nüvə partlayışlarından təsirlənməmələri
* Vaxt keçdikcə artan kanal ehtiyyacını ödəyə bilməsi
* Yüksək sürətli və geniş ötürmə diapazonuna sahib olması

Aşağıdakı üstünlüklərə malikdir:

* Yüksək sürətli olması
* Uzun cavablayıcı aralıqlara malik olması
* Kanal başına düşən maliyyə xərclərinin aşağı olması
* Elektromaqnit parazitlənmədən təsirlənməməsi
* Ətraf mühitin təsir etməməsi
* Rahat şəkildə konstruksiya ediləbilmə

İstifadə olunduğu sahələr:

* Qapalı TV və Multicasting sistemlərində
* Verilənlərin transferində
* Elektronik cihazlar arasında rabitənin yaradılmasında
* Yüksək gərginliyə sahib olan elektrik xəttlərində
* Hərbidə
* Nəqliyyatın idarə olunmasında
* İnternet bağlantısının təşkilində
* Tibbdə

Fiber-optik kabellərin digərlərinə görə üstünlükləri:

* Fiberlərin bir çox ölçüdə çeşidi vardır və ölçü vahidi mikrondur.

()

* Çox elastik olması
* Ötürmə məsafəsinin yüksək olması
* Uzun məsafələrdə itkinin nisbətən az olması
* Təhlükəsizlik baxımından daha inkşaf etmiş olması

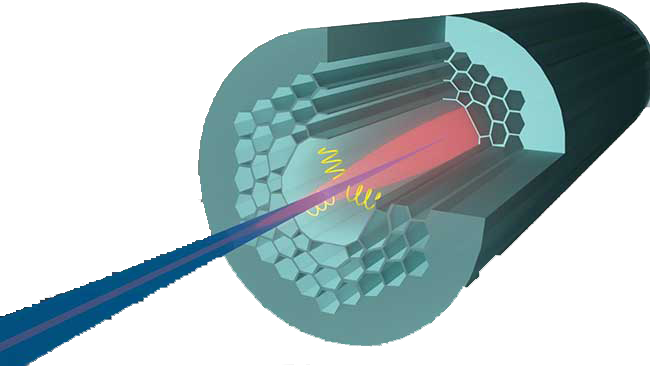
Fiber-optik kabellərin digərlərinə nəzərən dezavantajları:

* Maliyyətinin yüksək olması
* Çox detallı iş tələbatı.Bu kabellərin montajı zamanı mühəndis mütəxəssis qrupu bir başa iştirak etməlidir
* Çıxışda yüksək voltajın olmaması

Fiber-optik kabellər vasitəsilə elektrik transferi də mümkündür amma yuxarıda qeyd olunduğu kimi ancaq aşağı gərginliklərdə bu mümkündür.Bu iş üçün istifadəsinə ancaq bürünc və ya digər metal keçiricilərin iştirakının uyğun olmadığı yerlərdə rastlanılır.

**1.5-Preform.**

Preform fiber-optiki çəkməyə yarayan bir şüşə parçasıdır.Əsasən nüvəni saxlamaq və lifləri örtmək üçün istifadə olunur və fərqli sınma əmsallarına malik şüşə parçalarından ibarət olur.Perform əsasən dairəvi olur,ancaq bəzi hallarda çüt örtüklü liflər üçün də istifadə oluna bilər.Səthi gərilmənin nəticəsində çəkmə prosesi zamanı performun səthi təraş ola bilər.Bunun nəticəsində isə şüşə fiberə son halını verə bilməz.Bu kimi halların qarşısını almaq üçün isə şüşəni çilalamaq lazımdır.Perform səthində hər hansı bir xətanın olması fiber-optikin mexanik özəlliklərini itirməsinə səbəb ola bilər.Preformun görünüşü aşağıdakı şəkildə (Şəkil 1.2) göstərilmişdir.



Şəkil 1.2

**1.6-Fiberlərin təsnifatı.**

Materialına görə:

* Plastik nüvəli və plastik qoruyucu qoburlu
* Şüşə nüvəli və plastik qoruyucu qoburlu(PCS)
* Şüşə nüvəli və şüşə qoruyucu qoburlu(SCS)

Şüşə nüvəli fiberlərdə itki daha az olur.PCS və SCS arasında isə PCS fiberlər daha əlverişlidir.

Tipinə görə:

* Çox modlu
* Tək modlu

Sınma tipinə görə:

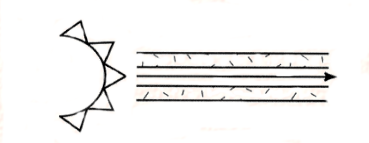
* Dərəcəli
* Pilləli

**1.7-Fiber optik test və ölçmə.**

Fiber-optik kabellər çəkilib fiberoptik sonlandırıcı quraşdırıldıqdan sonra test etmə prosesi başlayır.Fiberoptik xəttlərin davamlılığı həm müəssisə üçün,həm də amortizasiya üçün önəm kəsb edir.Bu səbəbdən montajdan sonra fiberoptik kabelin verimliliyini ölçmək məcburidir.Bu test adı OTDR(Optical Time Domain Reflectometer) olan cihaz vasitəsilə aparılır.ODTR cihazlarının da müxtəlif çeşidləri var və istifadə olunduğu mühitə görə fərqlilikləri vardır.Digər bir test üsulu isə bir nöqtədən digərinə güc testidir.Bu testləri isə Power Mate cihazları vasitəsilə yerinə etirirlər.Power Mate cihazı ilə ölçmənin məqsədi bir ucdan digər uca fiber xətt üzərində gedən siqnalın xətt sonundaki səviyyəsini müəyyənləşdirməkdir.Bundan başqa digər bir fiber optik test cihazı isə Visual Fault Locator adlanan cihazdır.Bu cihaz gözlə görünən bir işıq generasiya edir və həmin bu işıq fiber optik kabel daxilində hərəkət edən zaman nüvə üzərində hər hansı bi nahamrlıq,basqı və yaxud qırıq aşkar edərsə həmin nöqtədən işıq kənara sızır.Bu cihazdan qısa məsafələrdə fiber optik kabeldə olan xətanı aşkar etmək üçün daha çox istifadə olunur.Fiber-optik kabelin fiber-optik sistemdə funksiyası kabelin bir sonluğundan işığa digər sonluğa qədər rəhbərlik etməkdir.Burada işıq mənbəyi ən pis halda LED də ola bilər.Adətən isə lazer istifadə olunur.Fiber-optik sistemlərə keçid material baxımından bürünc kabel təməlli sistemlərə yaxın olsa da onların montajı hələ də çox bahadır.

**1.8-Tək modlu fiberlər.**

Single-mode kabellərdə 2 ədəd fiberdən istifadə olunur.İstifadə olunan fiberlərin diametri 8,3-10 mikron arasında dəyişə bilər.Hansı ki,transmissiya zamanı sadəcə bir modu olur.Single-mod fiberlərin diametri nisbətən dar olur,bir fiberin diametri təqribən 1310-1550nm-ə qədər ola bilir.Single-mod fiber-optik kabellər böyük ötürmə diapazonuna malik olurlar.Ancaq burada işıq mənbəyinin dar spektr genişliyinə sahib olması tələb olunur.Mühəndislik jarqonunda uni-mod,mono-mod olaraq da adı keçir.Single-mod fiberlər multi-mod fiberlərə nəzərən həm yüksək transmissiya əmsalı,həm də 50 dəfə artıq ötürmə məsafəsi təmin edir.Single-mod fiberin nüvəsi multi-mod fiberə nəzərən çox kiçik olur.Kiçik nüvə və tək işıq dalğası virtual olaraq üst-üstə düşən işıq impulslarının yaratdığı təhrifləri dəf edir.Bu özəlliyi ilə də uzaq məsafələrə ötürmə zamanı effektivliyi qoruyur.Budan əlavə olaraq nüvənin kiçik olması sürətin də yüksək olmasına şərait yaradır. Single mod fiberlər çox dar nüvəyə malik olurlar.Diametrləri adətən 8 mikron və daha az ola bilir.Nüvə və örtük arasında olan sınma əmsalı multi-mod fiberlərə nəzərən daha az dəyişir.Bu səbəbdən də işıq mərkəz oxuna paralel olaraq hərəkət edir.Nəticə etibarı ilə itki daha az olur.Hər il kilometrlərlə məsafələr arasında bu tip fiberlərdən istifadə edərək əlaqə yaradırlar.Tək modlu fiberin görünüşü aşağıdakı şəkildə (Şəkil 1.3) göstərildiyi kimidir.

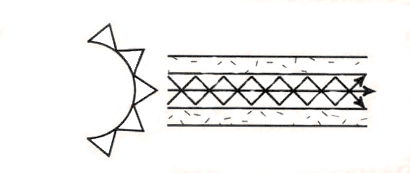


Şəkil 1.3

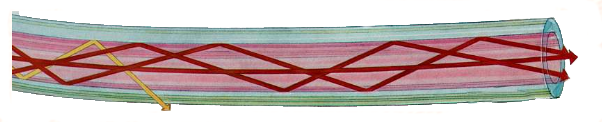
**1.9-Çox-modlu fiberlər.**

Multi-mod fiber kabellər daha böyük diametrə malik olurlar(50-10 mikron aralığında)(Şəkil 1.4).Bir çox tətbiqlərdə istifadə olunan multi-mod fiber-optik kabellərdə 2 fiber artıq istifadə olunmuş sayılır.POF fiber-optik kabelləri yeni nəsildir və onlar plastik-əsaslıdırlar.Onların plastik əsaslı olmasına baxmayaraq keyfiyyətlərə şüşə əsaslı fiber-optik kabellərin keyfiyyətinə yaxındır.POF tipli fiber-optik kabellərdən adətən qısa məsafələrdə ötürməni təşkil etmək üçün istifadə olunur.Onların maliyyəti də şüşə əsaslı fiber-optik kabellərə nəzərən çox aşağıdır.Fiberlərin istifadəsi 1970-ci ilə qədər geniş əhatədə əsaslı işlər görmək üçün uyğun deyildi.Həmin illərdə “Corning Glass Works” 1-km məsafədə 20dB itkili fiber istehsal etdi.Elə həmin ərəfələrdə tədqiqatlar göstərdi ki,fiberlər telekommunikasiya üçün uyğundur,ancaq o halda ki fiberlər çox hamar (pürüzsüz) istehsal olunmalıdır.İlk fiberlər şüşə əsaslı idi.Hamarlıq əmsalı şüşə əsaslı fiberlərdə nə qədər yüksək olurdusa 1 km məsafədə itki 20dB və daha aşağı olur.İtki 20dD/km olduqda ümumi göndərilən işığın sadəcə 1%-i itir.Hazırda isə fiber-optik kabellərdə itki 0,5-100 dB/km arasında dəyişir.Burada itki əmsalı istifadə olunan fiberin materialından və onun hamarlıq əmsalından birbaşa asılıdır.İtki əmsalının limiti qarşıya qoyulan məqsəddən asılıdır.Multi-mod fiberlər 2 cür olurlar :

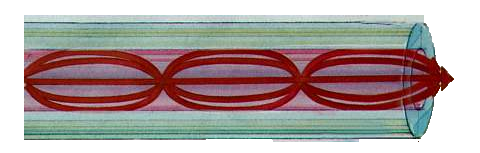
* Addımlı (Şəkil 1.4)
* Dərəcəli (Şəkil 1.5)



Şəkil 1.4



Şəkil 1.5



Şəkil 1.6

Addımlı multi-mod fiberlər böyük nüvəyə malik olurlar.Təqribən 100 mikron ölçüyə malik olan nüvələri olur.Bü cür fiberlərdə şüaların düz son hədəfə doğru gedərkən digərləri örtüyə çarpır və nəticədə ziqzaqlı şəkildə sona çatır.Bu tip alternativ yolların hərəkət zamanı meydana gəlməsi müxtəlif şüa toplularının yaranmasına səbəb olur.Nəticə etibarı ilə şüaların hər biri ayri-ayrılıqda qəbul ediciyə çatırlar.İmpuls,fərqli şüa topluları və sınma məlumatın tanımlanmış halda çatdırılmasına maneə olur.İmpulslar arasında boşluğun yaradılması sadalanan problem üçün yeganə həll sayılır.Bunun da həlli göndəriləcək məlumatın miqdarının öncədən təyin olunmasıdır.Əks halda isə üst-üstə düşmə diapazonunun limitini aşdıqda arzuolunan nəticə əldə oluna bilmir.Nəticə etibarılə bu tip multi-mod fiberlər qısa məsafələrdə ötürmə üçün ən yaxşı seçimdir.Dərəcəli multi-mod fiberlərdə nüvə daxilində şüanın hərəkəti zamanl işığın sınması mərkəz oxundan örtüyə tərəf dərəcəli şəkildə azalır.Mərkəzdə olan yüksək sınma əmsalı işıq şüalarının mərkəz oxundan aşağıya doğru tədricən qıvrılmasına yol açır.Addımlı multi-mod fiberlərə nəzərən burada şüa spiral şəklində bükülür.Bu bükülmənin səbəbi isə sınma əmsalıdır.Bu cür sınma şüanın ötürülmə məsafəsinə əks təsir edir.Qısalmış yol və yüksək sürət işıq şüasının çevrə daxilində hərəkəti zamanı son nöqtəyə həmin an çatmağa imkan verir.Bütün bu proses nəticəsində rəqəmsal impuls daha az dağılır,yəni itki daha az olur.

**1.10-Kabel dizaynının əsasları.**

2 əsas kabel dizaynı mövcuddur:

* Loose tube - geniş boru
* Tight buffered – sıx qorunan

Loose tube kabellərdən adətən açıq sahələrdə istifadə edirlər.Bu dizayna malik olan kabellər ən az 12 ədəd borudan ibarət olur və hər borunun içində ən az 200 ədəd fiber olur.Loose tube kabelləri tamamilə dielektrik örtüyə malik olurlar bunlara əlavə olaraq istəyə bağlı şəkildə əlavə qoruyucu zireh ilə də istehsal oluna bilirlər.Bu tip kabellərdə daxildə olan borular müxtəlif rənglərdə olur.Onların bu xüsusiyyəti adminstrasiyanı rahatlaşdırır.Borular 2 məqsədlə istifadə olunur.Onlar həm fiberlərin yerləşməsi,həm də onların təhlükəsizliyi üçün nəzərdə tutulmuşlardır.Bu boruların içində olan gel dolğu isə fiberləri su sızmasından qoruyur.Boruların en kəsiyinin çox olması onların daxilində olan fiberlərin montaj zamanı zədə almasının qarşısını müəyyən qədər almağa kömək edir.Bütün bunlardan əlavə olaraq borular dielektrik materiallarla əhatəli olur əlavə olaraq metal çəmbər içərisində olurlar.Bu da onları montaj edərkən əyilib qırılmaması üçündür.

Tight-buffered kabellərdən isə adətən məkan daxilində istifadə edirlər.Bundan əlavə olaraq açıq sahədən bina daxilinə gələn loose tube tipli kabelləri sonlandırıcı avadanlığa qoşmaq üçün daha çox istifadə edilir.Bunlardan əlavə olaraq ətrafda şəbəkəyə qoşulu olmayan avadanlıqları qoşmaq üçün də aktiv istifadə olunurlar.

Loose tube kabellər tight-buffered kabellərə nisbətən daha uzunömürlü olurlar.

**1.11-Başlıqlar(konnektorlar).**

Başlıq mexaniki avadanlıq olub,fiber-optik kabelin sonuna taxılır.Bununla yanaşı qəbuledici avadanlıqda da başlığa uyğun portun olması mütləqdir.Fiber-optik kabellərdə başlıqlar elektrik impulslarına çevrilmiş olan rəqəmsal məlumatı işıq impulslarına çevirmək üçün istifadə olunur.Bu prosesin tam əksi isə qəbuledici qurğuda həyata keçirilir.Nəticə olaraq başlıq işıq şüalarını göndərə bilməli və onları qəbul edib saxlaya bilməlidir.Bunlarla yanaşı başlıqlar asanlıqla montaj olunabilən gövdəyə malik olurlar.Bu özəllik fiber-optik kabelə başlıqlarını digərlərindən fərqli edir.Fiber-optik kabellərdə istifadə olunan başlıqların bir neçə növü vardır.Amma başlıqların istifadəsi zamanı ilk diqqət edilən xarakteristika fiberlərin hansı materialdan hazırlanmış olmasıdır.Bu səbəbdən şüşə əsaslı fiberlər üçün ayrı,plastik əsaslı fiberlər üçün ayrı başlıqlardan istifadə olunur.

Şüşə əsaslı fiberlər üçün istifadə olunan başlıqlar aşağıdakılardır:

* Biconcic(BNC)-fiber-optik kabellərdə daha ilk zamanlarda istifadə olunan başlıqlardandır.Başlıq sivri ucluğa malikdir,hansı ki,bu ucluq vasitəsilə fiberlərin uyğun pozisiyada oturdulmasına şərait yaradır.Biconic başlıqda fiber-optik kabel uyğun pozisiyada oturdulduqdan sonra qapaqcıqlarla sabitlənir.Hazırda nadir hallarda istifadəsinə rast gəlinir.
* FC/PC-başlıqları single-mod fiber-optik kabellər üçün istifadə olunur.Bu başlıqlar fiber-optik kabelin yüksək dəqiqliklə transmitterin optik qaynağına və qəbuledicinin optik detektoruna yerləşdirməyə imkan verir.Başlıqlar sadə yivli yuvaya bağlanılaraq montaj tamamlanır.
* D4-FC/PC başlıqlarına çox bənzərdir.Aralarında olan tək fərq isə onun yivli ucunun diametri 2.0 mm-dir.
* SC-adətən single-mod kabellərdə istifadə olunan başlıqdır.Bu başlıqlar sadə montaj,aşağı maliyyət və dayanıqlılıq xüsusiyyətinə görə geniş istifadə olunur.Fiberlərin səlis olaraq yerləşdirilməsi üçün onun keramika olan ucluğu vardır.Bu tip ucluğun olması montajı dəfələrlə sadələşdirir.
* ST-açarlı süngü tipli başlıqdır.BNC başlığa çox bənzərdir.Multi-mod və single-mod fiber-optik kabellərinin hər ikisində istifadə oluna bilər.Hazırda sənayedə ən çox istifadə olunan başlıq sayılır.Onun açarlı olması montaj zamanını qısaldır.
* SCA-ST başlıqların sələfi sayılan başlıqlardır.Sadəcə olaraq bu başlıqlara əlavə olaraq yivli qapaqcıqlar da əlavə olunmuşdur.

Adətən SCA və ST tipli başlıqlar plastik əsaslı fiber-optik kabellər üçün də istifadə olunurlar.

**1.12-Qaynaq.**

Qaynaq aparatı bir fiber-optik kabeli digərinə daimi olaraq birləşdirmək üçün istifadə olunur.Hansı ki,qaynaq olunmuş kabelləri ayırmaq teorik olaraq sadə olsa da hazırda bəzi şirkətlər müxtəlif tip qaynaqlar təklif edir ki,bu qaynaqlar sökülə bilir.Bu səbəbdən təcrübədə çaşqınlıq yarana bilir.Kabelləri bir birlərinə müxtəlif səbəblərdən qaynaq etmək olur.Bunlardan biri uzunluq problemidir.Adətən bütün firmalar istehsal fiber-optik kabeli 1-6 km uzunluqda istehsal edir.Ancaq tələb olunan məsafə daha uzun olduqda kabelləri məcburi şəkildə qaynaq etmək lazım gəlir.Bundan əlavə binadaxili montajlarda və rəf içində toparlama zamanı kabellərin kəsilməsi və ya qaynaqlanması lazım gələ bilər.Adətən binaxarici montajlarda kabellər sadəcə olaraq qaynaq olunur.Ancaq bina daxilində yerləşən avadanlığa fiber-optik kabeli çatdırmaq üçün daha çox kəsmə-qaynaq işi görülür.Bürünc kabellərdə olduğu kimi fiber-optik kabelləri rahat şəkildə qaynaq etmək mümkün deyildir.Buna səbəb isə fiberlərin nüvəsini düzgun uyğunlaşdırmağn olmasıdır.Qaynaq aparatlar 2 cür olur:

* Lehim-elektrik enerjisindən faydalanaraq əritmə yolu ilə qaynaq edir.Adətən komputer vasitəsilə idarə olunur.Bu tip aparatlarla qaynaq olunduqda itki daha az olur (0.05 dB/km).
* Mexaniki-fiberlərin nüvəsini uyğunlaşdırma və digər yüksək dəqiqlik tələb edilən proseslər əl ilə yerinə yetirilir.Bu tip qaynaq aparatlarından istifadə etdikdə itki çox olur (0.2 dB/km).