



## Bir FTTH yapısını, OFSD kurgusu ile tasarlama Designing an FTTH structure with an OFSD setup

Turgay Karacan<sup>1,\*</sup> , Bekir Sami Tezekiçi<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Yüzüncüyıl Mah. 85167 Sok. Nidapark Sitesi A Blok No:6 Kat:13/58, 01360, Adana, Türkiye

<sup>2</sup>Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Merkez Yerleşke, Bor Yolu Üzeri, 51240, Niğde, Türkiye

### Öz

Bilgi teknolojilerinin gelişimi; bilgi toplama, işleme, depolama ve ileme süreçlerinde medeniyetimize büyük ilerlemeler sağlatmıştır. Yazının icadı ile başlayan bu süreç 20. yüzyılın ilk yarısında bilgisayarların icat edilmesiyle devrim niteliğinde gelişmelere sebep olmuştur. 1980'lerin sonlarında internetin doğuşu ve yaygınlaşması ile bilginin insanlar arasında yayılması çok kolaylaşmıştır. Bilgi teknolojileri sürekli olarak evrim geçirmekte ve yeni yeniliklerle daha da ileriye taşınmaktadır. Bu gelişmeler hem bireysel kullanıcıların hem de işletmelerin bilgiye erişim ve kullanım şeklini kökten değiştirmektedir. Her araştırma gibi bilimsel olarak başlamış ve şu an tüm dünyada haberleşmeyi sağlayan internet birçok sektörün oluşmasına zemin hazırlamış ve karşı konulmaz bir kudrete ulaşmıştır. Bu vaziyet, çok daha az masraf ile daha yüksek hızlı erişim hizmeti sunan, daha performanslı network yapılarının tesis edilmesi gerekliliğini oluşturmuştur. Sürekli talebi fazlalaşan internetin ücra yerlere hatasız ve hızlı olarak hizmet verilebilmesi, iyi tasarlanan fiber optik ağlar sayesinde olmaktadır. FTTH (Fiber to the Home), yüksek hızlı internet erişimi sağlamak için fiber optik kabloların doğrudan kullanıcıların evlerine kadar getirildiği bir teknolojidir. Bu teknoloji, geleneksel bakır kablolarla karşılaştırıldığında çok daha yüksek hızlar ve daha güvenilir bağlantılar sunar. İlgili çalışmada, haneye kadar fiber (FTTH) mimarisinden bahsedilmiş, örnek bir fiber internet abonesi incelenmiş ve santralden eve kadar fiber kablonun, OFSD (Optik Fiber Saha Dolabı) ve optik bölücülerin en uygun nasıl konumlandırılacağı açıklanmış, Niğde ilinde yapılan uygulaması ile desteklenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Gpon, FTTH, İnternet

### 1 Giriş

Özellikle son on yılda, hem son kullanıcı tarafında taleplerin artması hem de içerik üreticileri tarafından daha kaliteli çözünürlükte içerikler (veri, video, oyun vb.) üretilmesinin sonucu olarak bakır şebekelerin bu kapasiteleri taşıyamaması, optik kabloya olan ihtiyacın önemini artırmış Neden FTTH'e geçmeliyiz sorusunun da cevabı olmuştur. Fiber optik kablo teknolojisi, son kullanıcı tarafından gelen dar bant ve geniş bant servis taleplerini kaliteli, hızlı, etkili ve güvenli bir şekilde iletim ortamı sunmaktadır.

### Abstract

Development of information technologies; It has brought great progress to our civilization in the processes of collecting, processing, storing and transmitting information. This process, which started with the invention of writing, led to revolutionary developments with the invention of computers in the first half of the 20th century. With the birth and widespread use of the Internet in the late 1980s, it became much easier to spread information among people. Information technologies are constantly evolving and being moved forward with new innovations. These developments radically change the way both individual users and businesses access and use information. The internet, which started scientifically like every research, and which now provides communication all over the world, has paved the way for the formation of many sectors and has become an irresistible power. This situation has created the necessity of establishing higher-performance network structures that provide higher speed access service at much less cost. The ability to provide error-free and fast internet service to remote areas, with ever-increasing demand, is possible thanks to well-designed fiber optic networks. FTTH (Fiber to the Home) is a technology in which fiber optic cables are brought directly to users' homes to provide high-speed internet access. This technology offers much faster speeds and more reliable connections compared to traditional copper cables. Purpose of this study is to tell about the fiber to the home (FTTH) architecture, to examine a sample fiber internet subscriber, and to explain how to position the fiber cable, OFSD and optical splitters from the switchboard to the house most appropriately, and supported by the application made in Niğde.

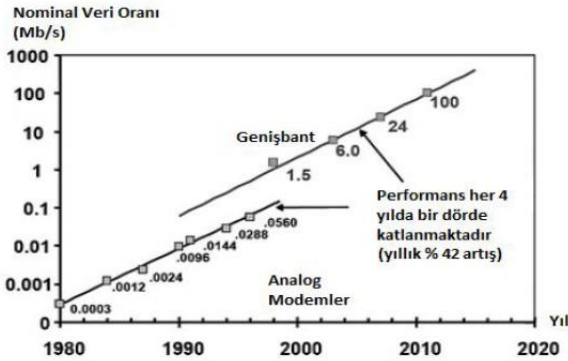
**Keywords:** Gpon, FTTH, Internet

Çoğunlukla hali hazırdaki bakır ağların yerini almaya başlayan fiber optik haberleşme networkünde, yakın zamanda fiber optik cihazların direkt olarak hanelerdeki müşterilere eriştiği teçhizatlar olması istenmektedir. Bu teçhizatlar en bilinen şekliyle doğrudan eve kadar fiber sistemler (FTTH) olarak adlandırılır.

Paul Shumate [1] isimli araştırmacı tarafından, 2008 yılında Journal Of Lightwave Technology (Işık Dalgası Teknolojisi Dergisi) isimli dergide yayımlanan makalede, FTTH mimarisi ilk defa 1977 yılında video tabanlı haberleşme amaçlı Japonya'da kullanıldığını belirtmiştir.

Avrupa'da ilk FTTH denemeleri ise 1980'li yılların başından itibaren görülmeye başlanmıştır. Türkiye'de FTTH altyapısı 2000'li yılların başlarında görülmeye başlanmıştır. 2008 yılında ise sabit hat operatörü Türk Telekomünikasyon A.Ş., GPON (Gigabit Passive Optic Network) ve Aktif Ethernet mimarilerini kullanarak FTTH projeleri üzerinde çalışmaya başlamıştır. 2011 yılının başında İstanbul'da ilk GPON müşterileri çevrimiçi olarak bağlanıyordu. Aynı zamanda İzmir, Diyarbakır ve Ankara'da İstanbul'dakileri takip eden birkaç GPON projesi vardı [2]. 2020'li yılların başlaması ve pandemi ile birlikte başlayan süreçte, internet trafiğinin çok hızlı artışından dolayı tüm Türkiye'de daha sık görülmeye başlanmıştır.

İlerleyen zamanlarda ONT (Optical Network Terminal) ve Modem gibi teçhizatlar, her hanede müşteriye özel olacağı ve FTTH mimarisinin her metropol ve kırsalda aktif edileceği bilinmektedir. Fakat bulunduğumuz zamanda parasal sebeplerden ötürü her haneye optik cihaz kurmak yerine apartmanlara veya sokak kabinlerine aktif cihazlar kurularak birden fazla kullanıcıya tek erişim noktasından Ethernet veya VDSL (Very High-bit-rate Digital Subscriber Line, Çok Yüksek Aktarım Hızına Sahip Sayısal Abone Hattı) yapısı ile dağıtılarak hizmet verilmesi tercih edilmektedir [3]. Bu süreç başlangıçta FTTC (Fiber to The Curb) ağ sistemleri ile başlamış olup zamanla bazı binaların özel durumlarından dolayı daha düşük kullanıcı kapasiteli FTTB (Fiber to The Building) sistemleri de tercih edilmiştir.



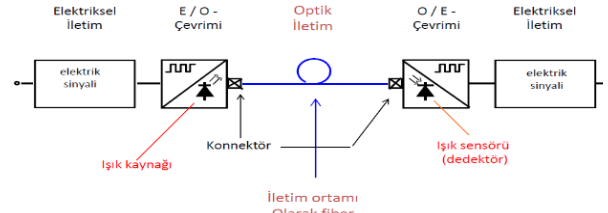
Şekil 1. Yıllara göre erişim ağlarında bant genişliği ihtiyacının değişimi [4].

FTTH mimarisi tasarlanırken her ne kadar sistem tarafı önemli bir kısım teşkil etse de kullanıcıya sinyal iletilirken fiberin konumlandırılması, bölücülerin nerede ve hangi katsayı ile kullanılacağı da sistem kadar önemlidir. Çünkü OLT (Optical Line Terminal) tarafından oluşturulan sinyali güçlü bir şekilde ONT'ye ulaştırmak yüksek hızlarda kullanıcıya daha verimli internet hizmeti sunacağı gibi katma değerli IPTV (Internet Protocol Television), VOD (video-on-demand), VOIP (Voice over ip) ...vb gibi servislerin de kesintisiz çalışmasını sağlayacaktır.

Bu makalede eve kadar fiber mimarisinde fiber kablo ve bölücülerin metropol şehirlerde nasıl daha verimli yerleştirileceğinden bahsedilmiş, Niğde ilinde uygulaması yapılmıştır.

## 2 Materyal ve metot

Fiber optik kablunun hızlı bir şekilde iletim sağlaması içerisindeki camdan yapılmış kısımda ışığın yansarak ilerlemesi sayesinde olmaktadır. Aktif yani elektrik ile çalışan cihazların portlarına gelen elektrik sinyali optik sinyale dönüştürülüp, fiber kabloya bağlanarak karşı uca çok hızlı bir şekilde iletilip alıcıda tekrar elektrik sinyaline çevrilmekte ve veri bu şekilde uçlar arasında iletilip, işlenmektedir.



Şekil 2. Optik iletim diyagramı.

Taşıyıcı frekansın diğer sistemlerden çok yüksek olması, daha yüksek bant genişliklerine ve iletim hızlarına erişmesi fiber erişimin üstün olduğunu göstermektedir. Ayrıca şu anki teknoloji, ITU.T (Uluslararası Telekomünikasyon Birliği, Telekomünikasyon Standardizasyon Sektörü) G653.B standartına göre; single mode bir fiber ile 1550 nm dalga boyunda 75-100 km üstü mesafelerde sorunsuz olarak yüksek hızlarda iletişimi sağlanabilir. Bununla birlikte maliyet açısından fiber optik sistemlerin taşıma, depolama, tesis ve montajı, bakır sistemlere nazaran optik sistemlerin yapısal özellikleri nedeniyle daha ucuzdur. Fiber kablolar daha az saklama alanı gerektirir ve daha hafiftir. Daha küçük hacim ve daha az ağırlık doğrudan taşıma ve depolama maliyetlerini azaltan unsurlardır. Ayrıca fiber optik sistemin uzun vadeli maliyetinin, metalik bir sistemin uzun vadeli maliyetinden daha az olacağı düşünülmektedir [5]. Fiber optik kablodan bilgi sızdırmak için kablo kesilerek fiber ek cihazı yardımıyla farklı bir sisteme bağlanması gerekir. Böyle bir durumda veri akışı duracağından ve ek sonrası zayıflama oluşacağından sorunun tespiti çok hızlı olacaktır.

Cam ya da plastik fiberler elektrik akımından etkilenmediği için manyetik alandan bağımsız iletim yapabilir. Örnek olarak enerji nakil hatlarındaki yüksek gerilime sahip kablolar ile haberleşme amaçlı fiber optik kablolar birlikte oldukları halde optik kablodan taşınan sinyalde bozulma olmamaktadır. Ayrıca dışardan bir ışık kaynağının fiber optik kabloya girme olanağı yoktur. Bu sayede 144 tane fiber kılı içeren bir kabloda bile sinyaller karışmamaktadır. Optik sistemlerde kullanılan ışınlar sistemin dışına sinyal yaymazlar. Dolayısıyla fiber optikler diğer sistemlerde olmayan yüksek derecede sinyal güvenliği sağlar. İletimin çalınması çok zordur. Fiber optiklerde dışardan yapılacak müdahalelerle sistemden optik enerji çekmeden sinyal elde etmek mümkün değildir. Dolayısıyla sistemden bilgi elde etmek için girişilen teşebbüsler optik enerji seviyesindeki değişimler sayesinde kolaylıkla tespit edilebilir. Bu konu özellikle yüksek düzeyde güvenilirlik gerektiren askeri haberleşme alanında son derece hayati bir konudur [5].

Yalıtkan malzemelerden yapılmış olması sonucu birçok farklı teknolojiye kullanım imkânı sağlamaktadır. Kırılma ya da kopması durumunda ise kıvılcım çıkarmaması ve +500 °C ısıya kadar ısıya dayanıklı olması yangın riski bulunan ve patlayıcı maddelerin bulunduğu ortamlarda bile güvenliğe kullanılmasını sağlamaktadır. Ayrıca bakır kabloya oranla çok hafiftirler. Optik fiberler insan saçından daha ince ölçülerde bile üretilebilirler. Küçük boyut ve düşük ağırlıkları bu sistemi vazgeçilmez bir unsur haline getirmiştir. Örneğin bir uçakta klasik bakır kablolar yerine fiber optik kablolar kullanılarak toplam ağırlıktan 200kg.'a kadar tasarruf edilebilmektedir. Bu özelliğiyle fiber optik kablolar ağırlığın önemli bir kısıtlama olduğu askeri sistemlerin (uçak, helikopter, gemi, tank gibi) performansını olumlu yönde artırmaktadır. Ayrıca diğer kablolarla oranla çok küçük boyutlarda olmaları söz konusu sistemlerin boyutlarını da aynı oranda küçültmekte ve daha büyük hedefler olmasını engellemektedir [5].

**Tablo 1.** Fiber ve Bakır kablo ağırlıklarının karşılaştırılması [2].

Fiber Damar	Bakır İletken
30-50 gr/km	(0.6 mm <sup>2</sup> Ø) 3 kg/km.

İSS (İnternet Servis Sağlayıcısı)'ler işletme ve yatırım maliyeti yüksek olan bakır kabloları bir anda alt yapılarından kaldırmak yerine son kullanıcıya yaklaşma yolunu izleyerek, bunu zamana yayma politikası gütmüşlerdir. Bunun sonucu olarak hayatımızda FTT(X) terimi gelişmiş ve bu terimin alt kolları olarak FTTB, FTTC, FTTH, FTTN, FTTP gibi birçok terim türemiştir. Bu terimler, B "Building" (Bina), H "Home" (Ev), C "Cabinet" (Saha Dolabı) ve N "Node" (Ağ), P ise "Premises" (Tesisler)'i ifade eder.

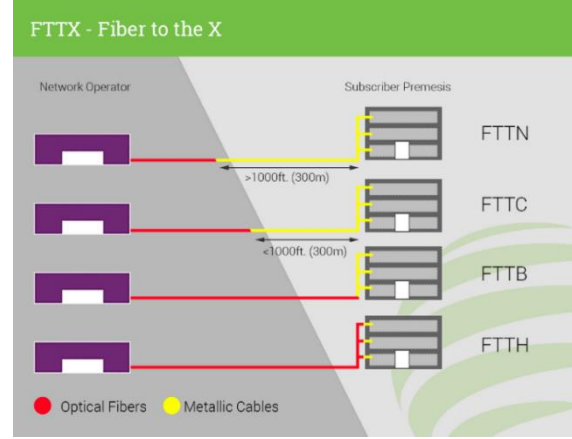
FTTH 'te aktif bir cihaz tesis edilmeyip, son kullanıcıya kadar fiber optik kablo ile gidilir. Bu sayede yüksek hızlara ulaşmak mümkündür.

FTTB yapıda bina içerisinde çalışan bir yapı olup, sistem odası ya da elektrik odasında toplanan zayıf akım kablolarına yakın bir yere tesis edilir. Aktif bir cihaz kullanılıp bakırdan gelen kullanıcı taleplerini fiber üzerinden yönlendiricilere taşır.

FTTC dış mekân çalışan bir yapıda tesis edilir. Klasik bakır saha dolabının üzerine giydirmeye ya da yeni olarak tesis edilen tipleri olup aktif sistemlere kadar fiber çekilerek kurulan bir yapıdır. Kullanıcıların fiber'e olan uzaklığı FTTB'ye göre yüksektir. Bakır uzunluğunu fazla olması sinyalde zayıflamaya neden olmakla birlikte yüksek hızlarda problem yaşanabilir.

FTTN, FTTC yöntemi ile bire bir örtüşmekte olup, FTTC'ye göre, son kullanıcıya olan bakır kablo uzunluğunun 300m' den daha uzun olması ve kabin içerisindeki aktif cihazın çok daha fazla abone kapasitesine sahip olması belirgin farklarındandır [2].

FTTP, FTTH ile aynı olup birbirinin yerine kullanılan iki terim olarak kabul edebiliriz. Tek fark olarak FTTH dikey şehir mimarisinde, FTTP ise yatay şehir mimarisinde tercih edilir.



**Şekil 3.** FTTX karşılaştırması [6].

### 2.1 FTTH mimari yapısı

FTTH yapısını anlayabilmek için öncelikle PON (Passive Optic Network) yapısından bahsetmek gerekir. Bu yapının en önemli özelliği tek bir noktadan çok noktaya veri alışverişi yapmasıdır. OLT cihazları üzerinde bulunan PON portlarından çıkan sinyalleri OFSD'ler aracılığıyla binalara erişmesi ve optik bölücülerden çoğullaşıp dairelere kadar fiber bir yapıyla gitmek bu yapının en güncel ve en verimli halidir. Burada OLT santral binalarında bulunan aktif bir cihazdır ve bu cihaz üzerinde yüzlerce PON portu oluşturulabilir. Bu üretici firmanın OLT üzerinde kullanacağı kart tiplerine göre değişiklik gösterebilir.

FTTH yapısının kolay işletilebilir olmasını sağlayan en güzel yöntem ise OFSD'lerdir. Bu kabin'ler santral içerisindeki optik dağıtım çatılarının dış mekânda yeniden tasarlanmasıdır. Bakır ağ yapısında kullanılan saha dolaplarına göre çok hafif ve maliyetleri çok düşüktür. Santralden çıkarak gelen fiber kablo burada sonlandırılıp, sonrasında bir fiber patch (yarma) kablo sayesinde atlama yapılarak hangi bina 'ya internet hizmeti götürülmek isteniyorsa o binaya ait kablo ile kapıştırılarak sinyalin devamlılığı sağlanmış olur. Binaların zayıf akım panolarının bulunduğu, genellikle elektrik odası olarak belirlenmiş alanlarda fiber sonlandırılması yapılır. OFSD'lerden binalara fiber çekilirken eğer bir siteye gidilmiyorsa genellikle küçük hacimli içerisinde altı adet fiber damarı bulunan kablolar tercih edilir. Çünkü birçok binada maksimum iki adet fiber damarı o binaya alt yapı hizmeti götürmek için yeterli olacaktır. Diğer damarlar ise yedeklik amaçlı olacaktır.

Bu kısımdan sonra optik bölücüler, tek bir fiber damarı istendiği takdirde 2 ve katları olacak şekilde maksimum 64 kanala ayırır. İstenilen bir kanaldan daire içine kadar tesis edilen fiber patch kablolar kullanılarak FTTH olarak belirtilen eve kadar fiber tesis edilmiş olur. Optik bölücülerden geçen sinyal zayıflamaya uğrayacaktır. Bölme oranına göre zayıflama değerleri Tablo 2'de belirtilmiştir. Cadde'nin nüfus yoğunluğuna göre istenilirse OFSD'lerin içinde de optik bölücüler kullanılabilir. Bu kısımda 128 daire sayısına ulaşılacak şekilde plan yapılmalıdır. Çünkü OLT üretici firmalar bir PON portuna maksimum 128 adet ONU (Optical Network Unit) gelecek şekilde tasarlanışlardır.



**Tablo 2.** Optik bölücülerdeki bölünme oranına göre kayıp değerleri.

Bölme Oranı	Bölücü Kaybı
1/2	3.01
1/4	6.02
1/8	9.03
1/16	12.04
1/32	15.05
1/64	18.06

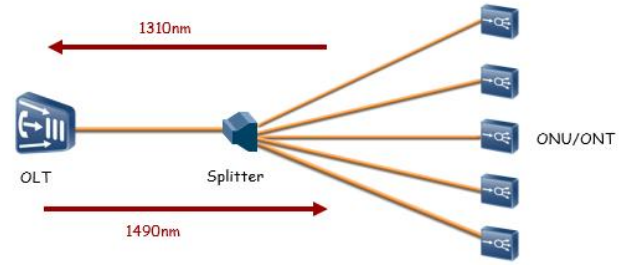
### 2.1.1 PON sistemlerinde ağ tasarımı

PON sistemlerinde ağ tasarımı yapılırken en çok dikkat edilmesi gereken husus optik gücü, son kullanıcıda bulunan ONT'lere (Optik Network Terminal) en verimli şekilde ulaştırmaktır. ONT cihazları belirli bir sinyal aralığında çalışmaktadır ve düşük sinyal kendisine ulaştığı takdirde düşük internet hızı ya da hatta kopmalar gibi sorunlar oluşturacaktır. Ayrıca bu tasarım yapılırken optik bölücüler en çok sinyal kaybına sebep olacağından bölücü oranları titizlikle seçilmelidir. Diğer bir zayıflama unsuru ise sinyalin optik kablo üzerinde ilerlerken uğrayacağı zayıflamadır. Bu değer km başına 0.35dBm'dir.

Bir PON mimarisinde OLT ile ONT arası maksimum 20km olmalıdır. OLT'de bulunan PON portlarının çıkış seviyesi +3 ile +4dB arasındadır. ONT tarafında -28dBm değerine dikkat edilmesi gerekir. Bu değerden daha düşük sinyallerde problem oluşacaktır. Bahsedilen sinyal değerleri, Türk Telekom alt yapısı ile tasarlanmış PON ağ yapısında çalışan hizmetler üzerinde edinilen deneyimler sonucunda ortaya konmuştur.

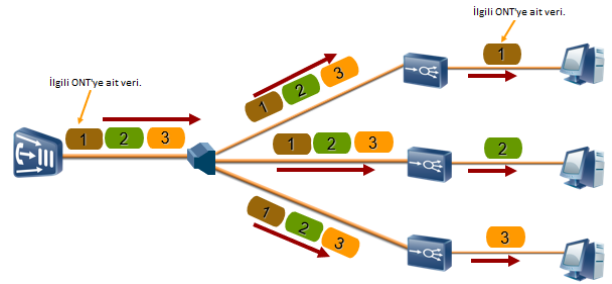
### 2.1.2 Basit GPON prensibi ve veri çoğullama yöntemi

GPON Wavelength Division Multiplexing (WDM: Dalga boyu bölmeli çoğullama) teknolojisini kullanmaktadır ve tek bir fiber kılı üzerinden çift yönlü iletişim sağlamaktadır. Upstream/Downstream (Yukarı akış/Aşağı akış) sinyallerini birden fazla müşteri için tek kıl üzerinden ayırabilen GPON teknolojisi 2 adet mekanizma kullanmaktadır. İlki DS(Downstream: İndirme) yönünde data paketleri için broadcast yöntemini, diğeri ise US(Upstream: Yükleme) yönünde data paketleri için TDMA(Time Division Multiplex Access : Zaman Bölmeli Çoklama Erişimi) kullanmaktadır. GPON, 1.25 Gbit/sn (upload) yükleme hızını ve 2.5 Gbit/sn (download) indirme erişim hızını destekler [7]. Ayrıca maksimum 20 km fiziksel erişim olanağı sunmakla beraber ve 60 km maksimum mantıksal erişim denilen tek yönlü ultra uzun iletimi destekler [8]. Bu da gösteriyor ki yakın zamanda çok uzak mesafelere santral kurmadan sadece fiber optik kablo ile pasif bir şekilde geniş bant hizmeti verilebilecektir. Aynı zamanda GPON, 1:64'e kadar genişletilebilen optik bölücüye sahiptir ve GPON'un çok sayıda kullanıcıyı desteklemesini ve geniş bir alanı kapsamasını sağlayan nadir kullanılan 1:128 bölme oranını da desteklemektedir [2].

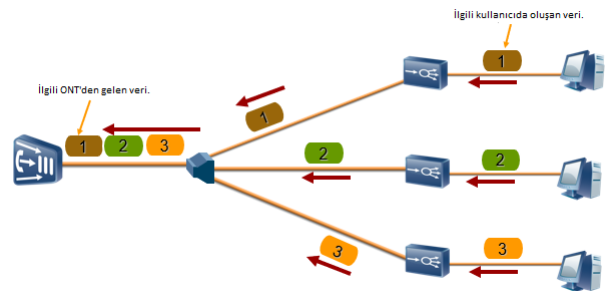


**Şekil 4.** Basit GPON çalışma prensibi [6].

GPON ağında, OLT, optik ayırıcıya tek bir optik fiber aracılığıyla bağlanır ve ardından optik ayırıcıdan çıkan kablolar ONT'lere bağlanır. Veri iletimi için yukarı ve aşağı yönlerde farklı dalga boyları benimsenmiştir. Yukarı akış (Upload) dalga boyu 1310 nm ve aşağı akış (Download) dalga boyu 1490 nm'dir. Download yönünde, tüm veriler OLT'den tüm ONT'lere broadcast denilen yapıyla yayınlanır. ONT'ler daha sonra ilgili verilerini seçip alır ve diğer verileri atarlar. Doğru bilginin doğru ONT'ye ulaşması GEM (GPON Encapsulation Mode : GPON kapsülleme modu) protokolü denilen ve OLT tarafından her bir ONT'ye atanan tek port numaralarıyla sağlanmaktadır. Bu şekilde kullanıcıların yaptıkları istemler farklı kullanıcılara gitmemiş olur.



**Şekil 5.** Download yönünde GPON çalışma prensibi [6].

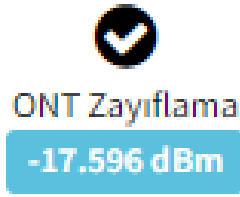


**Şekil 6.** Upload yönünde GPON çalışma prensibi [6].

Upload yönünde, her ONT, OLT'ye yalnızca OLT tarafından izin verilen ve tahsis edilen zaman diliminde veri gönderebilir. Bu, her ONT'nin belirli bir sırayla ve farklı zaman dilimlerinde veri göndermesini sağlar, böylece veri çakışmaları önlenmiş olur.

### 2.1.3 Bir Fiber internet abonesinin incelenmesi

Bu kısımda bir fiber internet abonesi incelenmiştir. İlgili müşteri hızı 500Mb olup santrale yani OLT'ye olan mesafesi yaklaşık 1,5km'dir. OLT çıkış portundan sonra 1x2 optik bölücüye girip binaya kadar fiber kablo ile gelerek bina içerisinde 1x32 optik bölücüye girmiştir. OLT port çıkış sinyali gücü +3 ile +4 dBm olduğunu hesap edersek, bu sinyal gücünün 1x2 optik bölücüde 3,01dBm, 1x32 optik bölücüde ise 15,05dBm zayıflamaya uğraması gerekmektedir. Toplamda sadece splitter kaybı 18,06 dBm olan sinyal, optik dağıtım çatısı ve u-link geçişleri sırasındaki kayıpları da hesap edecek olursak yaklaşık 3-4 dBm arasında bir kayba daha uğrayarak ONT cihazına 17.596 dBm gücüyle ulaşmaktadır.

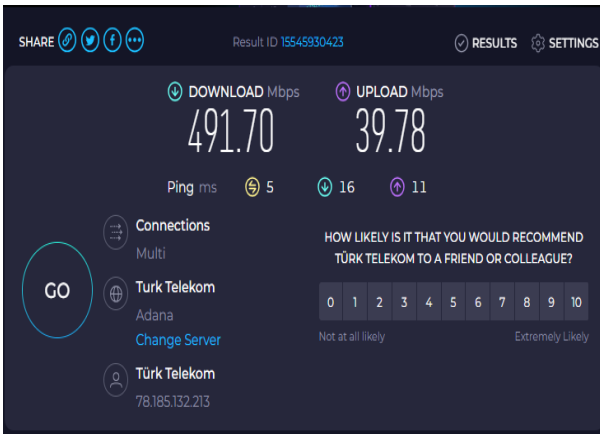


Şekil 7. ONT cihazına ulaşan sinyal değeri [9].

OLT üretici firmalar ONT'ye ulaşan sinyalin -28 dBm ve üzerinde olmasının hat kalitesi açısından sağlıklı olmayacağı ve internet hızında düşmeler yaşanabileceğini belirtmektedirler [10]. Bu değer göz önünde bulundurulduğunda ise -17.596 dBm değeri bu abone için çok iyi bir değer olup, tarife hızına rahatlıkla ulaşabileceği düşünülmektedir. Ayrıca müşteriye tahsis edilen download ve upload bilgileri şu şekildedir.

Tablo 3. Müşteriye tahsis edilen download ve upload band genişlikleri [9].

Servis Konfigurasyon Bilgileri	
Servis Durumu	Aktif
Download Hızı	512000 kbps
Upload Hızı	40960 kbps



Şekil 8. 500Mb hızında bir internet müşterisinden alınan download ve upload hız testi değerleri.

Tablodan da görüleceği üzere download yönünde müşteriye 512000kb hızında, upload yönünde ise 40960kb hızında band genişliği tahsis edilmiştir. Hat kalitesinin iyi olması ve kayıpların istenilen seviyede olması sonucu ilgili müşteriye yapılan hız testi sonucu Şekil 8'de de görüleceği üzere bu durumu özetlemektedir.

### 2.1.4 Niğde ilinde tasarlanmış FTTH altyapı planı

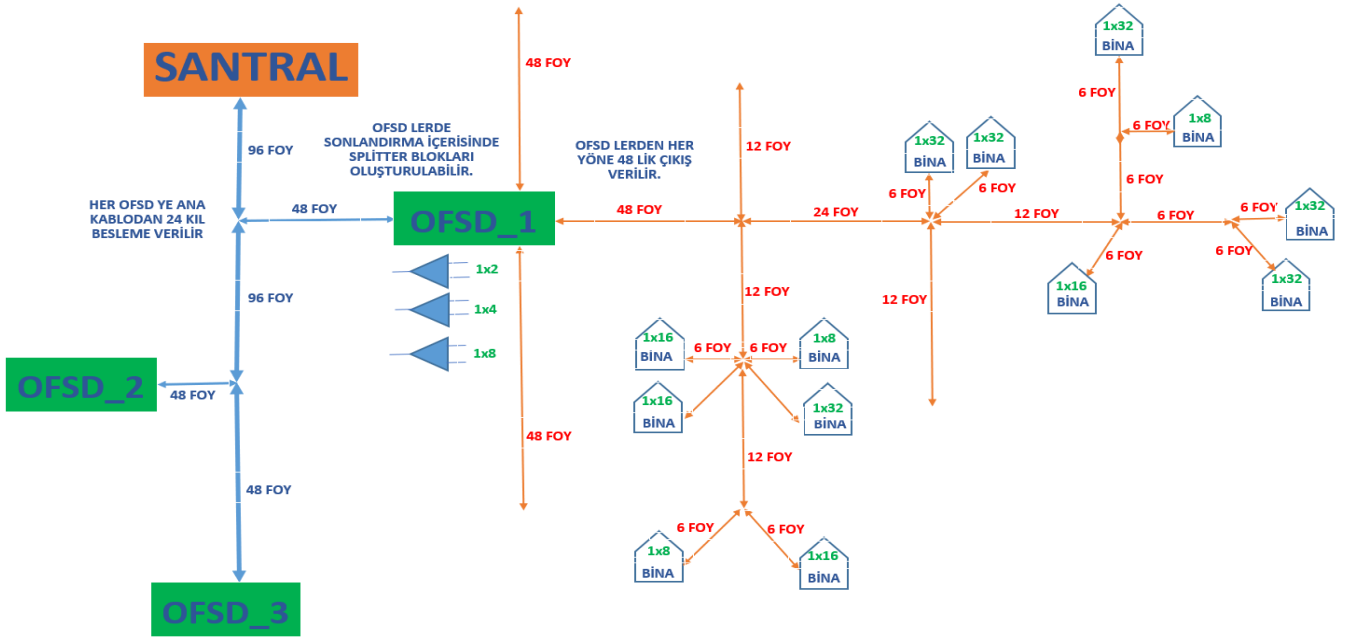
Şekil 9'da belirtildiği üzere, santralden yüksek kapasiteli çıkan fiber kablolar önce OFSD'lere sonlandırılmıştır. Niğde ili için her OFSD'ye 24 adet fiber damarının bırakılması uygun görülür, bir sonraki OFSD'ye 48 fiber damarlı kabloyla devam edilmiştir. OFSD'lerde optik bölücülere giren damarlar çoğullaşmış mahalle aralarına kadar uzanan fiberlerle kapıştırılarak binalara ulaşılmaya çalışılmıştır.

OFSD'lerden binalara fiber çekilirken eğer bir siteye gidilmiyorsa genellikle küçük hacimli içerisinde 6 adet fiber damarı bulunan kablolar tercih edilir. Çünkü birçok binada maksimum 2 adet fiber damarı o binaya alt yapı hizmeti götürmek için yeterli olacaktır. Diğer damar ise yedeklik amaçlı olacaktır. Bu şekilde yapılacak bir tasarımın hem fiber kablo hem de OLT portlarının kullanımı açısından çok verimli olacaktır.

Bu yapıda dikkat edilecek diğer bir unsur ise OFSD'lere 1x8'den daha büyük kapasiteli optik bölücünün olmamasıdır. Aksi takdirde OFSD içerisinde çok fazla kablo kalabalığı olacak bu da işletmeyi zor hale getirecektir. Ayrıca OFSD genişliğinin 24U büyüklüğünde olduğu göz önüne alındığında çok fazla sonlandırma çekmecesi montajı yapılamayacaktır. Bu durum OFSD'lerin müşteri ile direkt irtibatlandığı değil sadece çoğullanarak binalara giden kabloları yön verilen bir yer sonucunu ortaya çıkarmaktadır. Bu yüzden şehir içerisindeki dikey mimaride 1x8 ve altındaki optik bölücüler OFSD'ler için en uygundur.

GPON teknolojisinde OLT'den maksimum 20km uzalıktaki bir aboneye sorunsuz veri iletimi sağlanabilir. Fakat bazı operatörler bunu 10km ile sınırlı kılabiliyorlar. Gelecekte çok yüksek hızlı internet hızlarına geçiş olduğu düşünülecek olursa, müşteri tarafında sorun yaşamamak adına bu tür kararı almış olabilirler.

OLT'den ONT'ye sinyal iletimi sırasında oluşan kayıplara fiber optik kablo iç zayıflaması, fiber ek noktaları ve optik bölücüler sebep olmaktadır. Fiber optik kablonun uzunluğuna bağlı olarak her kilometrede 0.25 dBm kayıp meydana gelir. İlave olarak şebekede kullanılan F/O kablolar 2 km'lik makaralara sarılıdır. Bu durum her 2 km mesafede bir olmak üzere kablolar arasında ek yapılması gerektirmektedir. Böylece her bir fiber ekinin bulunduğu noktada 0.05 dB değerinde zayıflama meydana gelmiş olur. Ayrıca santral, OFSD ve bina'da olmak üzere 3 ara geçiş (patch cord) noktalarında 1dBm kayıp oluşmaktadır. Bunun haricinde OFSD ve bina'da bulunan optik bölücüler ayrıca bir zayıflama daha oluşturmaktadır. Şekil 9'daki yapıya bakıldığında 10km'lik maksimum mesafede sinyalin yeterince zayıfladığı ve bundan sonraki mesafelerde artık sinyalin iletilmemeye riskine girdiği gözlemlenmiştir.



Şekil 9 Niğde ilinde tasarlanmış PON portu üzerinden FTTH ağ tasarımı. (FOY, Fiber Optik Yeraltı)

- Santral içerisinde ODF – OLT bağlantısı için patchcord geçişi için 1dBm,
- 10km fiber mesafesinde  $0,25 \times 10 = 2,5$ dBm. Bu mesafe OLT-OFSD, OFSD-Abone olacak şekilde her iki alandaki mesafe dahil edilmiştir.
- OFSD içerisinde sonlandırma çatısından optik bölücüye, optik bölücüden müşteri yönüne giden çatıya patchcord geçişleri için 2dBm zayıflama olacaktır.
- Ayrıca OFSD içerisinde 1x4 optik bölücü kullanırsak 6,02dBm'lik bir zayıflama daha oluşacaktır.
- Bina içerisinde 1x32'lik optik bölücü kullanırsak 15,05dBm'lik zayıflama oluşacaktır.
- Ayrıca bina içerisinde sonlandırma ve optik çatı arasındaki geçişte 1dBm'lik zayıflama oluşacaktır.

Bütün zayıflamaları topladığımızda  $1\text{dBm} + 2,5\text{dBm} + 2\text{dBm} + 6,02\text{dBm} + 15,05\text{dBm} + 1\text{dBm} = 28,2\text{dBm}$  gibi bir değer çıkmaktadır. +3 dBm çıkış sinyalinden bu değeri çıkarırsak -25,2dBm'lik bir sinyali ONT'ye ulaştırmış olacağız. Bu da ONT için uygun değer aralığında bir sinyal olup veri sağlıklı bir şekilde iletilir. Tabii bu zayıflama değerleri her şeyin en mükemmel olduğu durumlarda hesap edilmiştir. Gerçek saha düşünüldüğünde bu değer daha aşağılarda olabilmektedir.

Mevcut PON teknolojisinde şu ana kadar maksimum 1Gbps hız müşteri tarafında verilebilir durumdadır. İleri PON teknolojilerinde, farklı dalga boylarını da kullanarak önce 10Gbit [13] sonrasında 100Gb [14] hızlarını yeni nesil PON portları üzerinden verilecektir. Şu an test aşamasında olup yakın zamanda hayatımıza girmesi beklenmektedir. Fakat sürekli hızın artması internet servis sağlayıcılarını yeni yatırımlara zorlayacaktır. Burada sorgulanması gereken soru müşteri tarafında gerçekten bu hıza ihtiyaç olup olmadığıdır.

### 3 Sonuçlar

Bu makalede FTTH sistemlerinin ağ tasarımı, FTTH yapısını diğer FTTH yapılarından ayıran önemli özellikleri ve mimari yapısı hakkında bilgiler verilmiş olup, fiber optik kablo ve bölücülerin konumlandırılması hakkında detaylı bilgi verilmiştir. Ayrıca örnek bir müşteri analiz edilerek OLT sonrası oluşabilecek zayıflamalar tek tek incelenerek en uygun şekilde tasarlanmaya çalışılmıştır. FTTH yapısı yaşanan coğrafyaya göre çok farklı şekillerde kurgulanabilir ve tasarlanabilir fakat makalede bahsi geçen yapıda dikey yapılaşmanın olduğu metropol şehirlerde hem yüksek müşteri sayısına ulaşmak hem de optimum seviyede fiber kablo ve bölücü kullanarak kullanıcıların ihtiyacı olan bant genişliğine istenilen internet hızında ulaştırılabilmesi hedeflenmiştir.

İnternet servis sağlayıcıları GPON üzerinden verilen internet hizmetini bireysel kullanıcılara vermeyi hedeflemektedir. Bireysel internet hizmetlerinde verilen internet hızlarında upload değerleri düşük olduğundan kamusal ve endüstriyel alanlarda kullanımları düşüktür. Bu tür yerlerde ilgili alanlara fiber götürülüp upload hızı yüksek AON (Active Optic Network) teknolojileri kullanılmaktadır. Bu sayede kurumsal alanın güvenliği sağlanırken daha servis sağlayıcılar daha çok gelir elde etmektedirler.

GPON teknolojisinin bazı dezavantajlarından bahsedecek olursak; GPON altyapısının kurulumu, özellikle mevcut bakır kablo altyapısına sahip yerlerde yüksek maliyetli olabilir. Fiber optik kabloların döşenmesi, yeni donanım ve ekipman gereksinimleri nedeniyle başlangıç maliyetleri yüksektir. Hem de Fiber optik kabloların bakımı ve onarımı, bakır kablolarla göre daha zordur ve özel ekipman gerektirir. Fiber kabloların hasar görmesi durumunda onarım maliyetleri yüksek olabilir. Ayrıca GPON, pasif bileşenler (optik bölücüler) kullanır, bu da sinyal gücünün her bölücü

noktasında azalmasına neden olur. Bu sınırlama, ağın toplam mesafesini ve kullanıcı sayısını etkileyebilir. Bununla birlikte GPON ağında, birçok kullanıcı aynı optik fiber hattını paylaşır. Bu, yoğun kullanım dönemlerinde bant genişliği paylaşımı nedeniyle performansın düşmesine neden olabilir. Bu dezavantajlara rağmen, GPON teknolojisi yüksek hızlar ve güvenilirlik sunarak, birçok kullanıcı için cazip bir seçenek olmaya devam etmektedir. Altyapı maliyetleri düşmeye devam ettikçe ve teknolojik gelişmeler oldukça, bu dezavantajların bazıları zamanla azalabilir.

Sonuç olarak şehir merkezinde bulunan nüfus ve abone potansiyeli göz önünde bulundurulduğunda eve kadar fiber teknolojisi hem işletme hem de maliyet açısından avantajlıdır. Ayrıca 1000Mb ve üzeri hızlarda müşteri memnuniyeti de sağlayacaktır. Bununla birlikte çok sayıda aboneye ulaşmanın ve mevcut yer altında bulunan yüksek kapasiteli bakır kablolarında sökümü sonrasında elde edilecek maddi anlamda geri dönüşü de düşünüldüğünde FTTH sistemleri il ve ilçe merkezleri için çok uygun bir teknolojidir. OLT cihaz ve kart maliyetlerinin yüksek olması, kırsal alanda ulaşılabilecek abone sayısının azlığı, yapılan fiber kablo ve cihaz yatırımının maddi anlamda geri dönüşünün uzun yıllar alması gibi sebepler göz önünde bulundurulur ise diğer FTTC, FTTB...vb gibi yapılar gözden geçirilerek hangisinin en uygun olacağına karar verilip sahada imalat edilerek son kullanıcıya internet hizmeti götürülebilir.

#### Çıkar çatışması

Yazarlar çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

#### Benzerlik oranı (iThenticate): %11

#### Kaynaklar

- [1] Paul. W. Shumate, Fiber-to-the-Home, Journal Of Lightwave Technology, 26, NO. 9, 1977–2007, 2008. <https://doi.org/10.1109/JLT.2008.923601>
- [2] E. Kayhan, Dalga boyu bölmeli çoğullama yöntemini kullanan bir Gigabit Pasif Optik Ağ sisteminin modellenmesi ve performans analizi. Yüksek Lisans Tezi. Uludağ Üniversitesi, Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Bursa, 2015.
- [3] S. Acar, Yeni nesil sabit erişim şebekelerine (FTTX) geçiş sürecinde düzenleyici yaklaşımlar: Uluslar arası örnekler ve Türkiye için öneriler. Uzmanlık Tezi, Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, Ankara, 2009.
- [4] C.H. Lee, W.V. Sorin, B.Y. Kim, Fiber to the home using a PON infrastructure. Journal of Lightwave Technology, 24(12): 4568-4583, 2006 <https://doi.org/10.1109/JLT.2008.923601>
- [5] W. Tomasi, Advanced Electronic Communications Systems Prentice Hall, New York, 2006.
- [6] Huawei Networking Products <https://huaweiswitch.wordpress.com/2015/05/13/whats-gpon-and-why-gpon/> Accessed 13 May 2015.
- [7] John M. Senior, Optical Fiber Communications, Prentice Hall, New York, 2005.
- [8] Z. Onursal, 2012. Gigabit passive optical networks (GPON) and the network analysis in the fiber to the home (FTTH) project applications in Ankara. Master Thesis, Çankaya University, Faculty of Electronic and Telecommunication Engineering, Ankara.
- [9] S. M Abdikani, Design of a Fiber to The Home FTTH Access Network in Somalia Using GPON Technology. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Aydın Üniversitesi, Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı, İstanbul, 2021.
- [10] Türk Telekomünikasyon A.Ş Müşteri modemi hat değerleri kontrolü sırasında, sahada çalışan sistemlerinden alınan verileri Ortak Yönetim Sistem ekranlarına yansıtır. <https://ttoys.turktelekom.com.tr:8255> Accessed: 28.05.2024.
- [11] Huawei Optical Terminal ONT specifications data sheet. <https://e.huawei.com/en/products/opticalterminal/en8145b7ns> , Accessed: 28 May 2024).
- [12] H. Erkan, Next-generation ring based self-healing WDM-PON architecture with private networking capability and wavelength sharing. Ph.D. Thesis, The City University of New York, New York, 2008
- [13] GPON-EPONcomparison. Accessed 12 March 2014. <http://www.commscope.com>
- [14] Nokia showcases first 100Gb / second fiber broadband technology in the US. Accessed 15 June 2024. <https://www.nokia.com/about-us/news/releases/2022/06/13/nokia-showcases-first-100gbsecond-fiber-broadband-technology-in-the-us/>

