

VERİ İLETİM YÖNTEMLERİ VE OPTİK VERİ İLETİMİNİN AVİYONİK SİSTEMLERDEKİ KULLANIMI

Arş.Grv. Yasemin IŞIK
Anadolu Üniversitesi, Sivil Havacılık Y.O
Eskişehir
yaisik@anadolu.edu.tr

Yard. Doç. Dr. Ayşe KAHVECİOĞLU
Anadolu Üniversitesi, Sivil Havacılık Y.O.
Eskişehir
akahveci@anadolu.edu.tr

ÖZET

Teknolojideki hızlı gelişmeyle birlikte veri iletim yöntemleri de gelişmiş ve gereksinimlerdeki artış nedeniyle elektronik haberleşme yeterli olamamaya başlamıştır. Elektronik haberleşme temelde elektronların yer değiştirmesiyle gerçekleştirilir. Dolayısıyla kullanılan iletkenin (bakır vb.) türü, yapısı ve boyutları vb. etkenler iletişim hızını etkilemektedir. Evrendeki bilinen en hızlı varlık ışıktır. Araştırmalar neticesinde; ses ve elektrikten sonra ışık da iletişim için kullanılmaya başlanmıştır. Uçak üzerinde de değişik noktalardan alınan fiziksel büyüklükler (sıcaklık, basınç, pozisyon bilgisi vb.) ve elektromanyetik dalgalarla taşınmış bilgiler elektrikli sinyallere çevrilip ilgili sistemlere iletilmektedir. Bu çalışmada da genel olarak veri iletim yöntemleri ve aviyonik sistemler için veri iletim yöntemleri incelendikten sonra fiber optik iletim sistemleri ve uçaklardaki kullanımı incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Optik Veri İletimi, Aviyonik Veri Hatları

ABSTRACT

Data transmission methods had developed with the rapid development in technology and because of the increase in requirements electronic communication had begun to be insufficient. Basically electronic communication is realized by changing the position of the electrons. So, the factors like the type, structure and dimensions of the conductor (copper, etc) that is used affect the speed of the communication. Light is known as the most rapid existence in universe. As a result of investigations, light is begun to use for communication besides the sound and electricity. On the aircraft, physical parameters (temperature, pressure, position information) taken from different points and the informations carried with electromagnetic waves are converted into electrical signals is transmitted to the related systems. At this study, after examining the data transmission methods in general and for avionic systems, fiber optic transmission systems and the usage of them on aircrafts are examined.

Keywords: Optical Data Transmission, Avionic Data Buses

1.GİRİŞ

Bilgi iletişiminin tarihi oldukça eskiye dayanmaktadır. İlk çağlarda insanlar ateş yakarak iletmek istedikleri bilgiyi bir tepeden başka bir tepeye aktarmışlardır. Işık kullanarak yapılan bu ilk haberleşmede insanoğlu belki de hala en gelişmiş ışık dedektörünü yani gözü kullanmıştır. Işık üreten kaynak olarak ateş kullanılıyor ve bu ışık insan gözüne algılanarak bilgi bir noktadan başka bir noktaya aktarılıyordu. Bu ilkel haberleşme tekniğinde en büyük zorluk, haberleşme uzaklıklarının çok sınırlı olması ve aktarılan bilginin büyüklüğünün az olmasıydı. Daha sonra gelişen

iletişim teknolojileri ile, çeşitli ortamlardan yararlanarak bilginin iletilmesi sağlandı [1].

Uçak üzerinde de değişik noktalardan alınan fiziksel büyüklükler (sıcaklık, basınç, pozisyon bilgisi vb.) ve elektromanyetik dalgalarla taşınmış bilgiler elektrikli sinyallere çevrilip, uygun devrelerde işlendikten sonra ilgili sistemlere iletilmektedir [2].

Bu çalışmada genel olarak veri iletim yöntemleri ve aviyonik sistemler için veri iletim yöntemleri incelendikten sonra fiber optik iletim sistemleri ve uçaklardaki kullanım alanları incelenmiştir.

2. VERİ İLETİM YÖNTEMLERİ

Veri iletiminde genellikle dört yöntem kullanılmaktadır.

- Atmosferde (serbest uzayda) radyo frekans dalgaları ile iletim
- Atmosferde optik iletim
- Kablo üzerinden iletim
- Fiber optik iletim hattından optik iletim

Her bir iletim yönteminin kendine has avantaj ve dezavantajları vardır. Atmosferde radyo frekans dalgaları ile iletim; ucuz ve esnek olmasına rağmen geniş band genişliklerinde (10 Gb/s (gigabit/saniye)) kullanılmaz ve uzun mesafe iletimde oldukça yüksek güç gerektirmektedir. Ayrıca iletilen sinyali bozmak oldukça kolaydır. Radyo frekans dalgaları ile iletim yaygın bir şekilde sivil ve askeri uzaktan ölçümde kullanılmakta olup, 3 Hz'den 300 GHz'e kadar olan frekanslarda gerçekleştirilir. Sinyal iletimi; görüş hattı ilerlemesi, toprak veya yüzey dalga kırınımı, iyonosfer katmanında olan yansıma veya ileri saçılma vasıtasıyla gerçekleştirilir.

Atmosferde optik iletim oldukça esnek. Fakat sinyalin kalitesi, iletim mesafesi ve ortam şartlarına bağlıdır. Toz parçacıkları ve yoğunluk homojensizlikleri saçılmaya sebep olabilmektedir. Yoğunluk atmosferde yükseklikle değişir; daha da önemlisi, solar (güneşin sebep olduğu) ısınma, küçük ölçekte, hızlı değişen yoğunluk dalgalanmalarına yol açabilir. Hava durumu ciddi soğuruma yol açabilir; mesela sis kolayca 40-60 dB (desibel)'lik kayba sebep olabilir. Ayrıca atmosferik gazlar tarafından da soğurum vardır. Mesela, oksijen onlarca GHz (Gigahertz) frekanslarındaki mikrodalgaları soğurur. Sonuç olarak, bazı özel uygulamalar dışında serbest uzayda iletim pratik değildir [3,4].

Kablo üzerinden veri iletiminde kullanılan kablo türleri genelde dört ana grupta toplanır.

İki telli açık kablo, paralel iki telli bir iletken olup, en basit iletişim ortamıdır. Her tel diğerinden yalıtılmış olup iki iletken arasındaki uzaklık genellikle 5 cm ile 15 cm arasındadır. Destek oluşturmak ve iletkenler arasındaki uzaklığı sabit tutmak için, periyodik aralıklarla iletken olmayan aralayıcılar yerleştirilir. Bu tip kablolar birbirinden yaklaşık 50 m uzakta ve bit gönderim oranları orta hızda olan (19.2 kb/s) sistemler için yeterlidir.

Çift burgulu kablo, bir çift birbiri üzerine sarılmış bakır telden oluşur. Tellerin sarılması birbirlerine karşı olan elektromanyetik alan etkisini azaltmak içindir. Bu yüzden çift burgulu kabloların yapay gürültü sinyallerine karşı direnci fazladır. Özellikle yerel alan ağları için en yaygın ve kolay yöntemler olup, 1-128 Mb/s hızlarında veri iletimi sağlar. Dört

bükülü çiftten oluşan kablo çeşitlerinde ise 1 Gb/s hızında veri iletilebilmektedir.

Koaksiyel kablo da çift burgulu kablolar gibi, kullanımı kolay ve yapay gürültü etkilerini azaltan bir kablo çeşidi olup yüksek frekanslı sinyalleri taşımak için tasarlanmıştır. Koaksiyel kabloların ortasında bulunan bakır iletken bir yalıtım katmanıyla çevrelenmiştir. Bu katmanın üzerinde ise koruyucu görev yapan örgü şeklinde bakır veya alüminyum bir kabuk kaplama vardır. Merkezdeki iletken dışarıdan karışan parazit sinyallerden örgü biçimindeki dış iletken aracılığı ile korunur. Ayrıca elektromanyetik radyasyonun bir sonucu olarak ortaya çıkan kayıplar azaldığından, çift burgulu kabloya göre daha güvenilirdir. Koaksiyel kablo üzerinden standart radyo frekans sinyal iletiminin standart elektronik devrelerle bütünleştirilmesi basittir ve oldukça kısa mesafeler ve düşük veri hızlarında idealdir. Birkaç yüz metre uzaklıktan 10 Mb/s 'lık veri rahatlıkla iletilebilir. Veriyi elektrik sinyalleri olarak iletir ve veri hızı 200 Mb/s'a çıkarılabilir. 1 Gb/s üzerindeki hızlarda ise zayıflama artmaktadır. Bu yöntem, geniş band genişliğindeki iletim için pratik değildir.

Fiber optik kablolar veri ve ses iletimi için en ideal kablo türüdür. Yapısına göre, cam fiberler, plastik kaplı silisyum fiberler ve plastik fiberler olmak üzere üçe ayrılır. Veri iletimi açısından en iyi performansı gösteren cam fiberlerdir. Fiber optik kabloların bakıra göre birçok avantajları vardır. Fiber optik kablolar bakır koaksiyel kablolarından daha fazla iletim kapasitesine sahip olmasının yanında ağırlıkları da düşük (daha ince) ve daha az yer kaplamaktadırlar. Ayrıca elektromanyetik etkilerden etkilenmezler ve sinyal kaçakları da meydana gelmediğinden oldukça güvenilirdir. Optik frekanslardaki taşıyıcı sinyal frekansı yüksek olduğundan fiberlerin kullanılabilir band genişliği oldukça yüksektir (25 Thz (terahertz)). Fiber optik kabloların diğer iletişim ortamlarından en önemli farkı, ses, veri ve görüntü iletişimindeki yüksek hızdır. Böylece büyük miktardaki verileri daha hızlı ve daha uzak mesafelere taşırlar [1,5].

3. UÇAK ÜZERİNDE KULLANILAN VERİ İLETİM YÖNTEMLERİ

Uçak üzerinde de değişik noktalardan alınan fiziksel büyüklükler (sıcaklık, basınç, pozisyon bilgisi vb.) ve elektromanyetik dalgalarla taşınmış bilgiler elektrikli sinyallere çevrilip, uygun devrelerde işlendikten sonra ilgili sistemlere (göstergelere) iletilmektedir. Bu durum sistemler arasında yoğun bir kablo alışverişi oluşturmaktadır. Ayrıca her sistemi oluşturan elektronik devreler bu sistem için özel olarak tasarlanmıştır, dolayısıyla bu sistemlerden birinin yerine diğer bir sistemi adapte etmek için sistemde büyük değişiklikler yapmak gerekir.

Genellikle sistemler arasında veri transfer hızının yüksek ve sistemin güvenilir olması tercih edilmektedir. Aviyonik alt sistemlerin sayısı ve karmaşıklığı arttıkça veri iletim gereksinimlerindeki karmaşıklıkta artmaktadır. Sayısal (dijital) teknolojiye gelişmeler daha esnek, modüler ve güvenilir veri iletim sistemlerinin geliştirilmesini sağlamıştır. Uçaklardaki veri iletim sistemlerinde de analog sistemlerden daha gelişmiş sayısal sistemler kullanılmaya başlanmış ve ARINC 429, ARINC 629, MIL-STD 1553 gibi veri iletim standartları geliştirilmiştir.

Bu standartlar ile uçak üzerinde sistemler arasında yüzlerce kablo kullanmak yerine bütün bilgilerin transferi 2 kablo (hat) üzerinden yapılmaktadır. Paralel ve seri olmak üzere iki çeşit hat vardır.

Çeşitli uçak sistemlerindeki dijital komponentlerin içindeki bilgi paralel hatla aktarılır. Paralel hat çok fazla iletken oluşmakta dolayısıyla bir komponentten diğerine paralel hatla bilgi aktarılması çok fazla iletken kullanılmasını gerektirmektedir. Bu durum toplam kablo ağırlığını arttıracığından sakıncalıdır. Ayrıca istenmeyen elektriksel gürültüler paralel hatt'a daha kolay girebileceğinden hattan geçen bilginin bozulmasına sebep olacaktır. Başka bir deyişle paralel hat uzak mesafelere bilgi transferi için güvenilir değildir. Bu sebeplerden uçaklarda paralel bilgi transferi yerine seri bilgi transferi kullanılmaktadır.

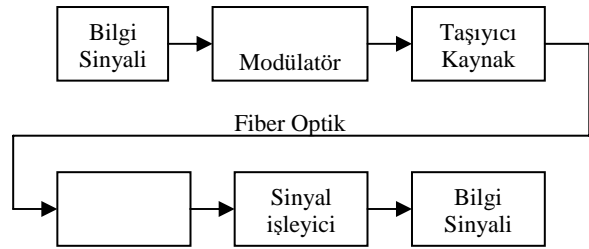
MIL-STD-1553B elektriksel veri hatlarında veri iletim hızı 1 Mbit/s (megabit/saniye) dir. ARINC 429 standardında ise 12.0-14.5 Kbit/s (Kilobit/saniye) ve 100 Kbit/s olmak üzere iki farklı iletim hızı mevcuttur. Boeing tarafından 777 modeli için özel olarak geliştirilmiş ve çok yönlü iletim hattına sahip bir standart olan ARINC 629 ise 2Mbit/s hızı sahiptir. Bu standardın geliştirilmesi halen devam etmektedir ve ARINC 429 ile karşılaştırılırsa ARINC 429'da her bağlantının maliyeti 100\$ iken ARINC 629'da 1500\$'dir. Gelişmiş aviyonik veri hatlarında iletim hızı daha yüksek (50 Mbit/s veya 1 Gbit/s'den daha fazla) ve elektromanyetik parazitlerin sistem performansı üzerindeki etkisi daha önemli olduğu için elektriksel veri iletim hatlarının hızları, band genişlikleri ve güvenilirlikleri yeterli olmamaktadır. Bu yüzden aviyonik sistemlerde fiber optik teknoloji kullanılmaya başlanmıştır. Fiber optik kabloların ağırlıkları da daha düşük olduğu için uçak ağırlığı dolayısıyla yakıt sarfiyatı da düşmektedir.

Askeri uçaklar için geliştirilen MIL-STD-1773 standardında fiber optik veri hatındaki hız 1Mbit/s 'dir. AS-1773 standardında ise 1Mb/s veya 20 Mb/s hızlar mevcuttur. Sivil uçaklar için ise fiber optik iletim için ARINC 636 standardı geliştirilmiştir[2,6,7].

4. FİBER OPTİK İLETİM SİSTEMİ

Fiber optik iletim sisteminin performansı ve güvenilirliği temel olarak kullanılan optik elemanlara bağlıdır. Dolayısıyla optik veri iletim hattında kullanılacak elemanların seçimi sistem tasarımında önemli bir yer teşkil etmektedir. Normal iletim sistemlerinden farklı olarak askeri uçaklarda kullanılan sistemlerin güvenilirliklerinin oldukça yüksek ve ömürlerinin uzun olması istenmektedir. Bu bölümde, optik iletim sistemlerinde kullanılan elemanlar ve aviyonik sistemlerde fiber optik veri hatlarının kapasitelerini ve güvenilirliklerini artıracak yönde kullanılacak elemanların seçimleri ile ilgili bilgi verilmektedir.

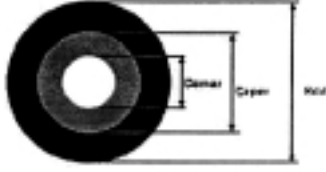
Şekil 1'de bir fiber optik iletim sisteminin temel bileşenleri görülmektedir. Şekilde de görüleceği üzere fiber kablo girişindeki elektrik sinyalinin bir transduser (led (ışık yayan diyot) lazer diyot) ile optik sinyale dönüştürülmesi gerekmektedir. Alıcı uçta sinyal yarı iletken elemanlar (fotodiyot veya fototransistör PIN diyot, avalanche diyot veya photomultiplier) kullanılarak tekrar optik formdan elektriksel sinyale dönüştürülür. Elde edilen sinyal, sinyal işleyiciden (filtreleme, yükseltme ve muhtemelen sayısal-analog çevirici) geçirilerek bilgi sinyali elde edilir. Fiber optik kablo, dalga kılavuzu gibi bilgiyi minimum güç kaybı ve bozulma ile iletmektedir. İletilecek sinyal ses, görüntü veya sayısal formda olabilir. Fiber kablolar hem sayısal hem de analog sinyali taşıyabilir. Taşıyıcı sinyal bu sinyalle modüle edilerek (genellikle genlik, frekans veya dijital modülasyon) iletim hattına verilir. Fiber optik sistemlerde taşıyıcı sinyal kaynağı olarak led veya lazer diyotlar kullanılmaktadır.



Şekil 1. Fiber Optik İletim Sistemi

4.1. Fiber Optik Kablo

Veri iletiminde kullanılan fiber kablolar temel olarak üç bölümden oluşmaktadır (Şekil 2). İç kısımda fiberin damarı (nüve), daha sonra çeperi (kılıf) ve en dış bölümde ise kablonun kaplama bölümü bulunur.



Şekil 2. Fiber Optik Kablo

Damar (Nüve): Işık sinyalinin yol aldığı, daha başka bir deyişle bilginin iletiildiği kablunun merkezindeki kısımdır çok saf camdan yapılmıştır ve esnekler. Belirli sınırlar dahilinde eğilebilir cinsine göre çapı tek modlu veya çok modlu oluşuna göre 8 mikrometre ile 100 mikrometre arasında değişmektedir (insan saç 100 mikrometre civarındadır).

Çeper (Kılıf): Tipik olarak 125 mikrometre çapında nüveyi saran ve fibere enjekte edilen ışının nüveden çıkmasını engelleyen kısımdır aynı nüve gibi camdan yapılmıştır ancak indis (indis: bir ışık ışınının madde içerisinde ilerlemesine gösterilen zorluk katsayısı) farkı olarak yaklaşık %1 oranında daha azdır. Bu indis farkından dolayı ışık ışını nüveye enjekte edildikten sonra aşırı bir katlanma ya da ezilme yoksa kılıfa geçmez. Işın kılıf nüve sınırından tekrar nüveye döner ve böyle yansımalar dizisi halinde nüve içerisinde ilerler.

Kaplama: Optik bir özelliği olmayan kaplama polimer veya plastikten yapılmaktadır. Bir veya birden fazla katmana sahip olabilir. Optik bir özelliği yoktur, sadece fiberi darbe ve şoklardan korur.

Işık, fiber optik bir kablodan ya yansıma ya da kırılma yoluyla yayılım yapabilir. Işık, fiber kablo içinde (damarında) çeperlerden yansıtılarak ilerler. Tam yansımanın olabilmesi için demetinin fiber kabloya giriş açısına bağlıdır. Fiber kabloların çepri (dış kaplama bölümü) ve damarı (iç bölümü) değişik malzemelerden yapıldığı için fiber içinde ilerleyen ışık, damar bölgesinden çepere çarptığında tam yansımaya uğrayarak damara geri döner. Tam yansımanın olabilmesi için çeperin kırılma indisinin (kırılma indisi: ışığın boşluktaki hızının madde içerisindeki ışık hızına oranı) damarinkinden daha az olması gerekir.

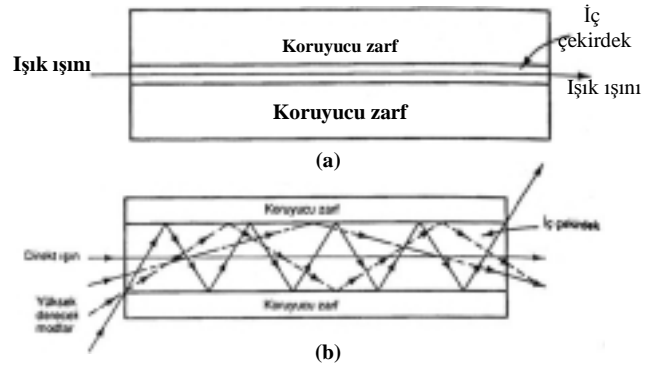
Işığın nasıl yayılım yaptığı yayılım moduna ve fiberin indeks profiline bağlıdır. Işık fiber optik kabloya girdikten sonra dengeli bir şekilde yol alır ve buna mod denir. Fiber kablunun tipine bağlı olarak yüzlerce çeşit mod oluşturulabilir. Yayılım moduna göre fiber optik kablolar, tek modlu ve çok modlu fiberler olmak üzere ikiye ayrılır. Bunları dış görünümleriyle ayırmak olası değildir. Ancak değişik uygulamalarda değişik şekillerde kullanılırlar.

Tek Modlu Fiberler: Işığın tek bir modda ya da tek bir yolda ilerlemesine olanak tanılır. Damar çapları 8.3 μm dir. Tek modlu fiberler, düşük sinyal kayıplarının olduğu ve yüksek veri iletişim hızının gerektiği durumlarda kullanılırlar.

Çok Modlu Fiberler: Işığın birden fazla modunu ileten fiberlerdir. Tipik damar çapları 50 μm ile 62.5 μm arasında değişir. Çok modlu fiberler, kısa mesafeli uygulamalarda kullanılırlar.

Işığın fiber optikte tek modlu ve çok modlu yayılımı Şekil 3'de gösterilmektedir.

Bir fiber optikte iki temel indeks profili türü vardır. Kademe indeksli bir fiber, sabit kırılma indisli merkezi bir çekirdeğe sahiptir. Çekirdeğin çevresi, sabit ve merkezi çekirdeğin kırılma indisinden daha düşük bir kırılma indisine sahip, harici bir koruyucu zarf ile sarılmıştır. Dereceli indisli fiberde ise koruyucu zarf yoktur ve çekirdeğin kırılma indisi sabit değildir; kırılma indisi, merkezde en büyük değerdedir ve dış kenara doğru yavaş yavaş azalır.



Şekil 3. Yayılım modları: (a) tek modlu (b) çok modlu

Temel olarak üç tür cam fiber optik düzenlemesi vardır: tek modlu kademe indeksli, çok modlu kademe indeksli ve çok modlu dereceli indeksli.

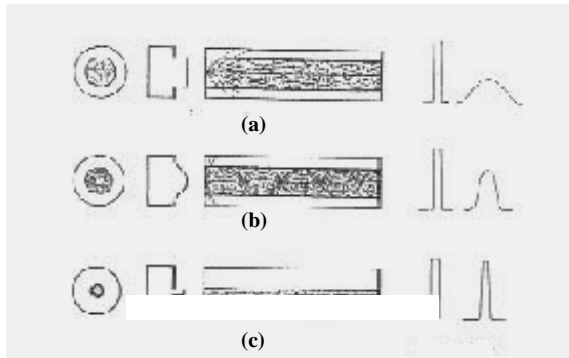
Tek modlu kademe indeksli fiber, yeterince küçük bir merkezi çekirdeğe sahiptir ve ışığın kabloda yayılım yaparken izleyeceği tek bir yol vardır. Işık fiberde yansıma yoluyla yayılım yapar. Bütün ışık ışınları kabloda yaklaşık aynı yolu izler ve kablunun bir ucundan diğer ucuna olan mesafeyi yaklaşık aynı sürede alır. Bu tek modlu kademe indisli fiberlerin çok önemli avantajlarından birisidir.

Çok modlu kademe indisli fiberlerde merkezi çekirdek çok daha geniştir. Bu fiber türü, daha geniş bir ışık fiber açıklığına sahiptir ve kabloya daha çok ışık girmesine imkan verir. Işık ışınları çekirdekte zikzak şeklinde yayılım yapar ve sürekli olarak sınırdan yansır. Fiberde yayılım yaparken, bir ışık ışınının

Veri İletim Yöntemleri ve Optik Veri İletiminin Aviyonik Sistemlerdeki Kullanımı

izleyeceği çok sayıda yol vardır ve fiberin bir ucundan diğer ucuna olan mesafeyi aynı zaman süresi içinde alamazlar. Dolayısıyla çok modlu kademe indisli bir fiberde yayınım yapan ışık darbesi diğer tür fiberlerde olduğundan daha çok bozulmaya uğrar.

Çok modlu dereceli indeksli fiberlerin en belirgin özelliği sabit olmayan kırılma indisli merkezi çekirdeğidir; kırılma indisi, merkezde maksimumdur ve dış kenara doğru tedrici olarak azalır. Işık bu tür fiberde kırılma aracılığıyla yayılır. Işık fibere çok farklı açılardan girer. Işık ışınları fiberde yayınım yaparken, fiberin dış bölgesinde ilerleyen ışık ışınları, merkeze yakın ilerleyen ışınlardan daha fazla mesafe kat ederler. Kırılma indisi merkezden uzaklaştıkça azaldığı ve ışığın hızı kırılma indisıyla ters orantılı olduğu için, merkezden uzakta ilerleyen ışık ışınları, daha yüksek bir hızda yayınım yapar. Dolayısıyla ışınlar, fiberin bir ucundan bir ucuna olan mesafeyi yaklaşık aynı sürede kat eder. Yukarıda belirtilen üç cam fiber düzenlemesi içinde ışık ışınının yayınımı Şekil 4’de gösterilmektedir.



Şekil 4. (a) Basamak indisli çok modlu fiber
(b) Dereceli indisli çok modlu fiber
(c) Basamak indisli tek modlu fiber

Fiber kablolardaki her mod, giriş ışık sinyalinin bir bölümünü taşır. Daha genel bir deyişle fiber içindeki mod sayısı (N), fiber damarının çapına (d), ışığın dalga boyuna (λ) ve sayısal açıklık (NA) denilen büyüklüklüklere bağlıdır ve,

$$N = \frac{(2\pi d / \lambda) NA}{2} \quad \text{kademe indisli fiber}$$

$$N = \frac{(2\pi d / \lambda) NA}{4} \quad \text{derece indisli fiber}$$

eşitliklerinden bulunabilir.

Fiber kablo içinde yol alan ışık sinyalinin enerjisi ve dolayısıyla şekli değişik nedenlerle kayba uğramaktadır. Belli bir mesafede kullanılan fiberin düşük kayıplı olması gerekmektedir.

Çok modlu fiber kablolar tek modlu fiber kablolarla göre daha iyi mekaniksel özelliklere sahiptir. Diğer taraftan tek modlu fiberdeki küçük çekirdekten dolayı led’ten verilen güç çok modlu fibere göre daha azdır. Günümüzde kullanılan aviyonik veri hatlarında iletim mesafesi kısa (~100 m), iletim hızı ise düşüktür (≤ 20 Mbit/s). Dolayısıyla çok modlu fiber optik kabloda ortaya çıkan fiber kaybı ve band genişliği sınırlaması sistem performansını kısıtlamamaktadır. Buna karşılık, optik devre elemanlarından dolayı meydana gelen büyük kayıplar devre kapasitesi için en önemli sınırlayıcı faktördür.

Sinyalin fiber içinden iletimi boyunca çeşitli sebeplerden dolayı genliğinde zayıflamalar ve şeklinde bozulmalar meydana gelmektedir. Kullanılan fiberin boyu çok uzun ise sinyali bir veya daha fazla ara noktada alıp “repeater” adı verilen hat yükselticileri ile tekrar kuvvetlendirerek orijinal haline getirmek gerekmektedir.

4.2. Optik Kaynaklar

Fiber optik sistemlerde taşıyıcı sinyal kaynağı olarak led veya lazer diyotlar kullanılmaktadır. Bu elemanlar girişlerine uygulanan elektrik sinyalini ışık sinyaline dönüştürürler. Boyutları oldukça küçük, küçük bir alanda çok miktarda ışık yayarlar. Fiber optiklere göre emisyon alanları oldukça düşük, uzun ömürlü, yüksek güvenilirliğe sahip ve yüksek hızlarda modüle edilebilme özelliklerine sahiptirler.

Ledlerin ve lazer diyotların yapısında kısa dalga boyları için GaAlAs (galyum aliminyum arsenid), uzun dalga boyları için ise InGaAsP (indiyum galyum arsenid phosphide) kullanılmaktadır. Kenar emisyonlu (edge emitting) ve yüzey emisyonlu (surface emitting) led olmak üzere iki tip led vardır.

Bilindiği üzere aviyonik veri hatlarının kullanıldığı ortamlarda titreşim ve sıcaklık (-55 C° – $+125\text{ C}^\circ$) önemli bir faktördür. Bu yüzden lazer diyotlar sıcaklık ve çıkış gücünü dengede tutmak için kompleks sürücü devreler gerektirdiğinden askeri uçaklardaki sistemlerde yeterli olmayabilmektedir. Ayrıca lazer diyotlar sıcaklık değişimlerine ve elektriksel bozulmalara karşı ledlere göre daha duyarlıdır. Genellikle lazer diyotların maliyetleri ledlerden daha fazla ve kullanım ömürleri daha azdır. Bu sebeple ledler aviyonik veri hatlarında optik kaynak olarak kullanılabilir. Diğer taraftan gelecekteki veri hatlarının hızları 50 Mbit/s’ a ulaşacağından ledleri kullanmak bir dereceye kadar uygundur. Sivil veri iletim hatlarında ise optik kaynak olarak genellikle yüksek çıkış gücü ve yüksek modülasyon hızı elde etmek için lazer diyotlar kullanılmaktadır. Sistem yapısına ve

performans gerekliliklerine göre uygun lazerler seçilmektedir. Yüksek hızlar elde etmek için lazerin tek frekansta yayınım yapması gerekmektedir. Normalde yüzey emisyonlu ledlerin kenar emisyonlu ledlere göre avantajları, daha iyi güç-sıcaklık karakteristiklerine ve daha yüksek çıkış gücüne sahip olmalarıdır. Kenar emisyonlu ledler daha küçük spektral genişliğe sahip olmakla birlikte yüzey emisyonlu ledler aviyonik uygulamaları için daha uygundur. Teknolojideki gelişmelerle birlikte daha yüksek güçlü ledler geliştirilmeye başlanmıştır.

Ledler kullanıldığı zaman güç, aviyonik veri hattının kapasitesi için sınırlayıcı faktör olabilmektedir. Lazer diyotlara nazaran daha düşük çıkış gücü ve modülasyon hızları elde edilecektir. Bu durumda yüksek ışınlı (aydınlıklı) ledler (tek bir led yerine bir dizi led) seçilebilir veya veri hatlarında active couplerlar kullanılabilir. Birden fazla led kullanıldığında çıkışta bütün ledlerin gücü toplanacaktır. Ayrıca yüksek hızlı iletme gerek duyulduğunda dizideki tek bir ledin düşük güçlü yayınım yapmasıyla daha yüksek modülasyon band genişliği elde edilebilir. Birden fazla ledten oluşmuş entegreler mevcuttur. Çıkış gücü ayrıca düşük band genişliği kullanılarak da artırılabilir. Bu durum yüksek hızlı uygulamalarda (örneğin >100 Mbit/s) ağ kapasitesinde önemli bir sınırlayıcıdır. MIL-STD 1773 veri hatlarının hızları sadece 1 Mbit/s olduğundan modülasyon band genişliği ile çıkış gücü arasındaki çelişki uygun modülasyon yöntemleri kullanılarak ortadan kaldırılabilir. Veri hattının gücünü, güvenilirliklerini ve kullanım ömürlerini dikkate alarak optik yükselticilerle artırmak mümkündür.

4.3. Optik Dedektör

Yukarıda da belirtildiği üzere fiber hattın sonundaki optik sinyal alıcı uçta yarı iletken elemanlar (PIN diyot, avalanche diyot veya photomultiplier) kullanılarak tekrar optik formdan elektriksel sinyale dönüştürülür. APD (avalanche photodiode), kazancın sıcaklıkla değişimini izlemek için ayarlanması gereken yüksek voltajlı gerilim kaynağı gerektirmektedir. Bu özellik, alıcının kompleksliğini arttırmakta ve sistemin güvenilirliğini azaltmaktadır. Ayrıca uçtaki güçlü elektromanyetik parazit kaynaklarından dolayı APD'nin güç kaynağındaki gerilimin üzerine gürültü sinyalleri endüklenebilmektedir. Buna karşılık p-i-n fotodedektörün bütün bu problemleri gidermesinden dolayı uçta kullanılması APD 'den daha uygun olacaktır [1,8,9,10].

5. AVİYONİK SİSTEMLERDE OPTİK SİSTEMLERİN KULLANIMI

Uçak üzerindeki birçok sistemde (aydınlatma, kontrol vb.) fiber optik iletim sistemleri kullanılmaktadır. Optik veri sistemlerinin kullanıldığı Boeing 777 ve

757 uçakları, askeri uçaklar ve uzay araçları sayesinde aviyonik sistemlerde bakır kablo yerine fiber optik kablo kullanma güveni sağlanmıştır.

Aydınlatma için fiber optik ışıklandırmanın kullanılmasıyla birçok yönden avantaj (uzun ömür, düşük iş gücü, ekonomik, operatöre ışık rengini değiştirme imkanı vb.) sağlanmaktadır.

Veri iletimini ve yönetimini sağlayan aviyonik sistemlerin büyük çoğunluğunda bakır kabloların ağırlığı yaklaşık olarak polimer fiber kabloların beş, silica fiber optiklerin ise 15 misli olabilmektedir. Boeing 777 uçağında 170 km'den fazla elektrik kablosu vardır ve bu kabloların %60'ı veri transferinde ve signalling(haberleşme) de kullanılmaktadır. Fiber optik kabloların kullanılması ile 1363 kg daha az ağırlık elde edilmiştir [11,12].

Fiber optiklerin kullanıldığı "fly-by-light" uçuş kontrol sistemleri savaş uçaklarının ve subsonik ulaştırma uçaklarındaki uçuş kontrol sistemlerinin performanslarında büyük artışlar sağlamaktadır. Ayrıca bu sistemlerin kullanılmasıyla bakım ve arıza giderme maliyetlerinde de düşüşler sağlanmaktadır. Örneğin; F-15 uçağının uçuş kontrol sistemlerinin bakım maliyetlerinin ortalama %40-50'si yetersiz veya yanlış hata tesbitinden kaynaklanmaktadır [13].

Boeing 777 uçak üzerinde veri iletimi için optik yerel alan ağ (optical local area network) kullanılan ilk ticari uçaktır. Sistem 1980'li yılların sonunda geliştirilmiştir. Bu uçakların kullanıma verildiği 1995 yılından bu yana kayıtlı herhangi bir arıza meydana gelmemiştir.

F-15 uçaklarının yerini alan F-22 savaş uçaklarında fiber optikler kullanılmıştır [11].

FAA tarafından sertifikalandırılmış optik sistemli uçuş veri kaydediciler ATR-42, ATR-72, Beech Aircraft's 1900D model uçaklarında kullanılmaktadır. Uçaklarda fiber optiklerin kullanıldığı bir diğer alan da daha emniyetli yakıt miktar ölçümleridir [14].

Deneysel amaçlı fiber optik birincil uçuş kontrol sisteminin yerleştirildiği Eurocopter EC135 test uçuşunu 28 ocak 2002'de gerçekleştirmiştir. Bu sistemlerin kullanılması rüzgarlı ortamlarda helikopterin kontrol edilebilirliği ve kararlılığı üzerinde olumlu etkiler yaratmaktadır [15].

6. SONUÇ

Teknolojideki hızlı gelişmeyle birlikte uçak üzerinde daha fazla bilgiye ihtiyaç duyulmaktadır. Gelişmiş aviyonik veri hatlarında iletim hızı daha yüksek (50 Mbit/s veya 1 Gbit/s'den daha fazla) ve elektromanyetik parazitlerin sistem performansı üzerindeki etkisi daha önemli olduğu için elektriksel veri iletim hatlarının hızları, band genişlikleri ve

güvenilirlikleri yeterli olmamaktadır. Fiber optik iletimin diğer iletim yöntemlerine göre birçok yönden avantajları (yüksek band genişliği, düşük ağırlık, da az yer kaplama, daha güvenilir, düşük güç tüketimi, düşük maliyet elektromanyetik dalgalara karşı dayanım) daha fazla olduğundan günümüzde birçok uçak tipinde aviyonik sistemlerde fiber optik teknoloji kullanılmaya başlanmıştır. Bu sistemlerin kalitesi optik sistemlerde kullanılan elemanlardaki gelişmeyle birlikte ilerlemektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın başlangıç aşamasında yaptığı sözlü katkılarından dolayı, talihsiz bir kaza sonucu çok erken kaybettiğimiz değerli hocamız Yard. Doç. Dr. Can ÖZDEMİR'e teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- [1] Çakır S., “Çağımızın İletişim Devrinde Fiber Optik”, Bilim ve Teknik Dergisi, Ekim 2000, Aralık 2000
- [2] Delipınar E., “ARINC Standardının Bilgisayar Yardımıyla Simülasyonu”, 1. Kayseri Havacılık Sempozyumu, 223-229, 1996
- [3] Loehr J., Siskoninetz W., Wiemer j., Field S., “Optical Communication Systems for Avionics”, IEEE Systems Magazine, 9-12, April 1998
- [4] Özsoy S., “Fiber Optik”, Birsen Yayınevi, İstanbul,1998
- [5] www.elektrokentperpadergisi.com/teknik1.htm (09.05.2003)
- [6] Zhang J-G., “Optical Fiber Data Bus Modulation Techniques for Military Avionics”, IEEE Systems Magazine, 31-37, April 1999
- [7] <http://ehostvgw6.epnet.com> (30.01.2002)
- [8] Pedrotti F.L., Pedrotti L.S., “Introduction to optics”, New Jersey, Prentice Hall, Inc, 502-504, 1993
- [9] Zhang J-G., “Design Issues for MIL-STD-1773 Optical Fiber Avionic Data Buses”, IEEE Systems Magazine, 25-32, October 1998
- [10] Wayne F. Tomasi, “Advanced Electronic Communications Systems” , Prentice Hall, 1998.
- [11] www.um.es/eutsum/escuela/Apuntes /Informatica/Di_vulgacion/Fisica/Fibra_optica2.html (09.05.2003)
- [12] http://www.iesna.org/LDA-7-98/feature_flight3.htm (09.05.2003)
- [13] Urnes Sr., James M., “Fly-by-Light to Control Aircraft Systems”, Military&Aerospace Electronics, Vol.7 issue 7, Jul 96
- [14] Cotton D.B., “Aircraft,Ships, Trains and Trucks Use Fiber Optics for Data Aquisition and Control”, 78-84, COTS Journal September 2001
- [15] www.flug.revue.rotor.com (09.05.2003)

ÖZGEÇMİŞLER

Arş. Grv. Yasemin Işık

1974 Eskişehir doğumludur. İlk, orta ve lise öğrenimini Eskişehir’de tamamladı. 1998 yılında Anadolu Üniversitesi Sivil Havacılık Yüksekokulu Havacılık Elektrik ve Elektronik bölümünden mezun oldu. Aynı yıl A.Ü Sivil Havacılık Yüksekokulu’na araştırma görevlisi olarak girdi. 2001 yılında A.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü Sivil Havacılık Ana Bilim Dalı’nda yüksek lisansını tamamladı. Halen A.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü Sivil Havacılık Ana Bilim Dalı’nda doktora eğitimine devam etmektedir.

Yard. Doç. Dr. Ayşe Kahvecioğlu

1965 Eskişehir doğumludur. İlk, orta ve lise öğrenimini Eskişehir’de tamamladı. 1986 yılında Anadolu Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. 1987 yılında A.Ü Sivil Havacılık meslek Yüksek Okulu’na araştırma görevlisi olarak girdi. İlk yüksek lisansını 1989 yılında A.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Elektronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı’nda, ikinci yüksek lisansını 1991 yılında Fransa Ensica’da Havacılıkta Bakım ve Onarım konusunda ve 2000 yılında ise A.Ü fen bilimleri Enstitüsü Sivil Havacılık Ana Bilim Dalı’nda “Uçuş kontrol sistem tasarımında Katlı-model Yaklaşımı ve Genetik Algoritma Tekniğinin Uygulanması” konulu doktora tez çalışmasını tamamladı. Halen Anadolu Üniversitesi Sivil Havacılık Yüksekokulunda yardımcı doçent doktor olarak görevini sürdürmektedir.