



HAVACILIKTAKİ VIDEO VERİ YOLU STANDARDININ AKILLI TAŞITLAR İÇİN KULLANIM OLASILIĞI ÜZERİNE BİR İNCELEME

^{1*}Aslıhan PAMUK , ³Ufuk SAKARYA 

^{1*}Türk Havacılık ve Uzay Sanayii A.Ş., Ankara, TÜRKİYE

²Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aviyonik Mühendisliği Ana Bilim Dalı, İstanbul, TÜRKİYE

³Yıldız Teknik Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Havacılık Elektrik ve Elektronik Bölümü, İstanbul,
TÜRKİYE

¹aslihan.pamuk@tai.com.tr, ²aslihanpamukk@gmail.com, ³usakarya@yildiz.edu.tr

Önemli Katkılar (Highlights)

- Havacılıkta kullanılan video veri yolunun akıllı taşıtlar için kullanım olasılığı
- ARINC 818 video veri yolunun kısaca tanıtılması
- Akıllı taşıtlarda sensör ve kameraların sayısının artması ile birlikte iletişimde yüksek hız gereksinimi
- ARINC 818 veri yolunun akıllı taşıtlar üzerinde kullanımının değerlendirilmesi



HAVACILIKTAKİ VIDEO VERİ YOLU STANDARDININ AKILLI TAŞITLAR İÇİN KULLANIM OLASILIĞI ÜZERİNE BİR İNCELEME

^{1,2}Aslıhan PAMUK , ³Ufuk SAKARYA 

¹Türk Havacılık ve Uzay Sanayii A.Ş., Ankara, TÜRKİYE

²Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aviyonik Mühendisliği Ana Bilim Dalı, İstanbul, TÜRKİYE

³Yıldız Teknik Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Havacılık Elektrik ve Elektronik Bölümü, İstanbul, TÜRKİYE

¹aslihan.pamuk@tai.com.tr, ²aslihanpamukk@gmail.com, ³usakarya@yildiz.edu.tr

(Geliş/Received: 16.11.2022; Kabul/Accepted in Revised Form: 31.12.2022)

ÖZ: Gerçek zamanlı sistemlerdeki en önemli sorunlardan birisi algılayıcılardan toplanan verinin yeterli hızda komuta ve kontrol sistemine taşınamamasıdır. Bu işlem de veri yolları vasıtası ile olmaktadır. Bu makalede sayısal haberleşme içerisinde havacılıkta kullanılan video veri yolu standardının kara ulaşımındaki akıllı taşıtlar için kullanım olasılığı üzerine bir incelemede bulunmaktadır. Bu inceleme yapılırken sadece teknik anlamda bir incelemede bulunmaktadır. Bu makaledeki ana motivasyon; kara ulaşımında akıllı taşıt sistemleri geliştiren kişilerin, havacılık alanındaki gelişmelerden haberdar edilerek farkındalık oluşturulmasıdır. Bir ulaşım alanındaki ulaşım araçlarının yetenekleri yeri geldiğinde diğer bir ulaşım alanındaki araçlara esin kaynağı olabilmektedir. Havacılık alanında çoklu algılayıcıların kullanımı ve bunların gerçek zamanda iletilmesi üzerine çok uzun zamandır çalışmalar yer almaktadır. Özellikle hız konusu ortaya konduğunda hava araçlarının hız gereksinimlerinden doğan iletişimin de hızlı olması gereklilikleri bu alanda birçok çalışmanın yapılmasına neden olmuştur. Bu makalede, havacılıkta kullanılan video veri yolu standardı teknik anlamda genel hatları ile tanıtıldıktan sonra otomotivde olası kullanımı üzerine yorumlar sunulmaktadır. Gelecekte akıllı taşıtlar için sensör ve kameraların artması ile birlikte veri iletim hızının isterlerinin daha da artması durumu oluşabilir. Otonom araçlarda aynı havacılıktaki gibi sensörlerden ve kameralardan gelen bilginin hem hızlı hem de güvenilir bir şekilde iletilmesi çok önemlidir. Havacılıktaki video veri yolunun sahip olduğu özelliklerin otomotiv sektörünün ihtiyaçları özelinde incelenmesinin geleceğin akıllı taşıtlarının veri yolları tasarımında önemli olabileceği öngörülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Akıllı Ulaşım Sistemleri, Havacılıkta Video Veri Yolu, Çoklu Sensörler

A Review On the Possibility of Using the Video Data Bus Standard in Aviation for Smart Vehicles

ABSTRACT: One of the most important problems in real time systems is that the data collected from the sensors cannot be transferred from the sensors to the command and control system at a sufficient speed. This process is done via data bus. In this article, a review is made on the possibility of using the video data bus standard used in aviation in digital communication for smart vehicles in land transportation. While this review is being done, only a technical review is made. The main motivation in this article; it is to raise awareness by informing the people who develop smart vehicle systems in land transportation about the developments in the field of aviation. The capabilities of transportation vehicles in one transportation area can be a source of inspiration for vehicles in another transportation area when appropriate. There have been studies on the use of multiple sensors and their real-time transmission in the aviation field for a long time. Especially when the speed issue is brought forward, the necessity of fast communication arising from the speed requirements of aircraft has led to many studies in this field. In this article, after

*Corresponding Author: Aslıhan PAMUK, aslihanpamukk@gmail.com

introducing the video data bus standard used in aviation in technical terms, comments on its possible use in automotive are presented. In the future, with the increase of sensors and cameras for smart vehicles, the demands of data transmission speed may increase even more. In autonomous vehicles, just as in aviation, it is very important to transmit information from sensors and cameras both quickly and reliably. It is envisaged that examining the features of the video bus in aviation, specific to the needs of the automotive industry, will be important in the design of the busses of the smart vehicles of the future.

Keywords: *Intelligent Transportation Systems, Video Data Bus In Aviation, Multi-Sensors*

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Ulaşım konusu hiç kuşkusuz insanlık tarihi ile beraber en önemli sektörlerden birisidir. Ulaşım ayrıca, hizmet sektörünün de haberleşme ile beraber en önemli unsurlarından da birisidir. Kara, deniz ve hava ulaşım alanlarındaki ulaşım araçlarının yetenekleri yeri geldiğinde diğer bir ulaşım alanındaki araçlara esin kaynağı olabilmektedir. Genelde her bir ulaşım alanının kendi koşulları nedeni ile kendi zorlukları olmaktadır. Zorluklara istinaden de gereklilikler ortaya çıkmakta ve bunun sonucunda da o alanda çözümler ortaya konmaktadır. Dünya savaşlarında çok büyük yıkımların olmasına rağmen çok büyük buluşların da bu savaşlar esnasında bulunması tesadüf değildir. Yeni bir açılım yapmanın en önemli motivasyonu hiç kuşkusuz gerekliliktir.

Günümüzde yapay zekanın hızlı bir şekilde ilerleyişi ile artık daha çok hayallerde düşlediğimiz bir çok durumun gerçekleşme ihtimali artmaya başlamıştır. Kara üzerinde yaşayan canlılar olarak bizleri de en çok ilgilendiren ulaşım cinsi olan kara ulaşımı da bu gelişmelerden etkilenmektedir. Akıllı ulaşım sistemleri içerisinde otonom kara taşıtlarının da giderek öneminin artması öngörülebilir. Otonom ve hareketli bir sistemin üç önemli unsuru bulunmaktadır. Bu üç önemli unsur:

- Gövde/Vücut (Body): Hareketi ve enerjiyi sağlayan tüm aksamalar/yapılar. İnsan ile benzetim kurulacak olunursa; insan vücudu, kas sistemi, sindirim sistemi, metabolizma, v.b.
- Algılama (Sensing): Kendini ve etrafını algılamasını sağlayacak araçlar/algılayıcılar (sensors). İnsan ile benzetim kurulacak olunursa; duyu organları.
- Komuta ve kontrol (Command and control): Otonom sistemin komutasını ve kontrolünü sağlayan donanımlar ki genelde günümüzde sayısal elektronik devreler ile oluşturulan donanımlardır. İnsan ile benzetim kurulacak olunursa; sinir sistemi (beyin, beyincik, omurilik ve sinirler).

Otonom ve hareketli bir sistemin üç unsurunun da çok önemli olmasına rağmen, bu makalenin konusu gerçeği algılama ile komuta kontrol arasındaki haberleşmeye odaklanılacaktır. Otonom bir sistemde komuta ve kontrol sistemi kendi kendine verileri toplayıp karar verebilen bir sistemdir. Bir gövdeyi komuta ve kontrol etmek için o gövdeye ait dinamik ve statik yapının modellenmesi ve bu modellere göre kontrol edilmesi bir çözüm yoludur. Bu işlem gerçekleştirilirken hem gövdenin durum değişkenlerinin bilinmesi hem de o an ki durumundaki çevresel değişkenlerin bilinmesi doğru karar almak için çok önemlidir. Algılayıcılar vasıtası ile alınan verilerin gerçek zamanda işlenerek karar verilmesi dinamik bir sistemin en zor problemlerinden birisidir. Gerçek zamanda çalışan bir sistem için sistem bütünlüğü içerisindeki her bir parçanın olabildiğince hız isterlerini/gerekliliklerini karşılaması gerekmektedir. Bu alandaki en önemli sorunlardan birisi, algılayıcılardan toplanan verinin gerçek zamanda işlenebilmesi için yeterli hızda komuta ve kontrol sistemine taşınabilmesidir. Bu işlem de veri yolları vasıtası ile yapılmaktadır.

Sayısal elektronik kullanılmadan önce telli veya telsiz şeklinde analog olarak kanallar üzerinden veri iletimi gerçekleşmekteydi. Bu alandaki en bilindik uygulamalardan birisi genlik modülasyonu (Amplitude Modulation, AM) radyolardır. Günümüzde analog ve/veya sayısal elektronik temelli haberleşme sistemleri bir çok uygulamada kullanılmaktadır [1].

Bu makalede sayısal haberleşme içerisinde havacılıkta kullanılan video veri yolu standardının – ARINC 818 [2], Aviyonik Dijital Video Yolu (Avionic Digital Video Bus, ADVB), -(Great River Technology, 2021) kara ulaşımındaki akıllı taşıtlar için kullanım olasılığı üzerine bir incelemede bulunmaktadır. Bu inceleme yapılırken sadece teknik anlamda bir incelemede bulunmaktadır. İşin hukuki boyutu da dahil

diğer alanlarına değinilmemiştir. Bu makaledeki ana motivasyon; kara ulaşımında akıllı taşıt sistemleri geliştiren kişilerin, havacılık alanındaki gelişmelerden haberdar edilerek farkındalık oluşturulmasıdır. Havacılıkta kullanılan video veri yolu standardının teknik anlamda genel hatları ortaya konularak bir bilgilendirme yapılacaktır. Daha önce de belirtildiği gibi bir ulaşım alanındaki ulaşım araçlarının yetenekleri yeri geldiğinde diğer bir ulaşım alanındaki araçlara esin kaynağı olabilmektedir. Havacılık alanında çoklu algılayıcıların kullanımı ve bunların gerçek zamanda iletilmesi üzerine çok uzun zamandır çalışmalar yer almaktadır [3]. Özellikle hız konusu ortaya konduğunda hava araçlarının hız gereksinimlerinden doğan iletişimin de hızlı olması gereklilikleri veya başka bir deyiş ile algılayıcıların örnekleme zaman aralıklarının kısa olması durumu bu alanda birçok çalışmanın yapılmasına neden olmuştur. Bir başka bakış açısı ile havacılık alanı doğası gereği ortaya çıkan bu tip isterler nedeni ile bazı konuları çalışmaya kara alanındaki taşıtları çalışan araştırmalardan daha önce çalışmaya başlaması doğaldır. Bu noktada yeni bir açılım yapmanın önemli bir motivasyonunun gereklilik olduğunu unutmamak gerekir. Bu neden ile bu makalede havacılık için çok önemli bir veri yolu olan video veri yolu standardının kara ulaşımındaki akıllı taşıtlar için kullanım olasılığı üzerine odaklanılmıştır.

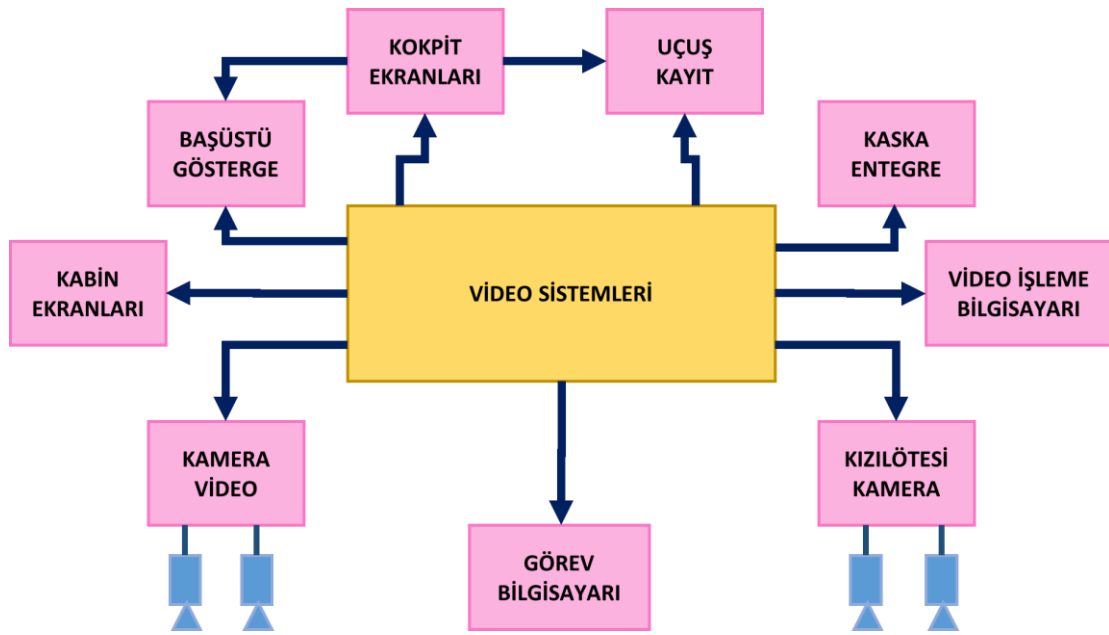
Makalenin ileriki bölüm planı şu şekildedir: Gelecek bölümde ARINC 818 teknik anlamda genel hatları ile tanıtılacaktır. Üçüncü bölümde ise otomotivde kullanılan veri yollarından bahsedilecektir. Son bölümde ise ARINC 818 standardının otomotivde olası kullanımı üzerine yorumlar sunulacaktır.

2. ARINC 818 (ARINC 818)

ARINC 818, yüksek bant genişliği, düşük gecikme süresi, sıkıştırılmamış dijital video iletimi için geliştirilmiş bir video arayüzü ve protokol standardıdır. Yüksek performanslı dijital videonun zorlu gereksinimlerini karşılamak ve görev kritik sistemler için Aeronautical Radio Incorporated (ARINC) ve havacılık topluluğu tarafından 2007 yılında yayınlanmıştır (Great River Technology, 2021). Ticari ve askeri sistemlerde kullanılmak üzere tasarlanmıştır. Resmi olarak yayınlanmadan önce hem Airbus A400M projesinde hem de Boeing 787 Dreamliner projesinde kritik alt video sistemleri için ARINC 818 standardını benimsemiştir [4]. Başlangıçta kokpit ekranları için tasarlanan bu standart, yüksek bant genişliği, güvenilirliği, entegrasyon sırasındaki esnekliği açısından kızılötesi ve optik kameralar gibi yüksek hız gereksinimi duyulan sensör ve kameralarda da kullanılmaya başlanmıştır [5].

Hava araçlarında giderek artan miktarda bilginin bir şekilde kokpite aktarılması ihtiyacı doğmuştur. Bu bilgileri servis etmenin bir yolu görsel olarak sunmaktır. Görsel olarak sunulan bu bilgiler kokpitteki ekranlar vasıtası ile pilota sunulmaktadır. Bu bilgiler ekranlara gelmeden önce karmaşık bir video sisteminden geçmektedir. Bu video sistemleri havacılıkta birçok alanda önemli rol oynamaktadır. Bu uygulamalar arasında taksi ve kalkış yardımı, kargo yükleme, hedef takibi, seyrüsefer, çarpışmadan kaçınma gibi uygulamalar bulunmaktadır. Ayrıca aşağıdaki gibi alt sistemleri içermektedir.

- Kızılötesi ve optik sensörler
- Optik kameralar
- Radar
- Uçuş kayıt cihazları
- Harita sistemleri
- Sentetik görüntü
- Görüntü füzyon sistemleri
- Başüstü gösterge sistemi (Head-Up Displays, HUD)
- Çok fonksiyonlu ekranlar
- Video yoğunlaştırıcılar



Şekil 1. Hava aracı üzerindeki video sistemleri

Figure 1. Video systems on aircraft

ARINC 818 standardından önce, aviyonik video iletimi için herhangi bir standart bulunmamaktaydı. Bundan dolayı her yeni hava aracı için kokpit tasarımı, ekranlar ve video sistemlerinin gerektirdiği özel formatlar kullanılmaktaydı. Bu da beraberinde kullanılan ekranlar ve diğer video sistemlerini daha maliyetli bir hale getirmekteydi. Yüksek maliyet, hız, esneklik, yüksek bant genişliği, güvenilirlik gibi gereksinimlerden dolayı aviyonik video iletimi için yeni bir standart ihtiyacı ortaya çıkmıştır. ARINC 818 komitesi tarafından Digital Visual Interface (DVI), Gigabit Ethernet (GigE) ve Fiber Kanal-Ses Video (Fibre Channel-Audio Video, FC-AV) dahil olmak üzere bu standart için çeşitli teknoloji seçenekleri gözden geçirilmiştir. Düşük gecikme süresi, hız seçenekleri, veri bütünlüğü, gömülü veriler, C-130 aviyonik modernizasyon programı ve F/A-18E Super Hornet gibi askeri uygulamalarda da kendini kanıtlaması sebebiyle ARINC 818 başlangıç noktası olarak Fiber Kanal-Ses Video standardını benimsemiştir [6]. Fiber Kanal-Ses Video standardı çok geniş endüstri ve uygulama alanını kapsasa da ARINC 818 özellikle aviyonik video ihtiyaçlarına odaklanmaktadır. Bu nedenle ARINC 818 standardı, Fiber Kanal-Ses Video standardına göre daha basitleştirilmiş bir yapıya sahiptir.

2.1. ARINC 818 ve Diğer Veri Yollarının Karşılaştırılması (Comparison of ARINC 818 and Other Data Buses)

ARINC 818 komitesi, bu standart için çeşitli video veri yollarını araştırmıştır. Araştırılan video veri yollarının özellikleri aşağıdaki gibidir.

Camera Link: Camera Link, genellikle yapay görme ve endüstriyel uygulamalar için kullanılan seri ve paralel haberleşme protokolüdür. Bu protokol Ulusal Yarıiletkenler "Kanal Link" arayüzüne dayanan bir protokoldür. Camera Link 2.0, bakır üzerinde 850 Mbps'ye kadar veri hızlarını destekleyebilirken, Camera Link HS, fiber ve çoklu kanalların eklenmesiyle daha yüksek hızları ulaşabilmektedir. Camera Link protokolünün aviyonik uygulamadaki en büyük eksikliği DO-254 gibi sertifikasyon eksikliği problemidir [7]. Aynı zamanda fiziksel katman olarak 19 telli kablo kullanılması nedeniyle kablolaj ağırlığı ve sınırlı çalışma uzunluğu oluşmasından dolayı aviyonik uygulamalarda tercih edilmemektedir.

Ethernet: Ethernet, ev ve işyerlerinde çok yaygın olarak kullanılan hızlı ve düşük maliyetli bir ağ standardıdır. Hem bakır hem de fiber üzerinde 10 Gbps'ye kadar hızları destekleyebilen bir protokoldür. Aviyonik video sistemlerinde düşük gecikmeli video durumu çok kritik bir öneme sahiptir. Ethernetin, deterministik iletim sürelerinin olmamasından dolayı aviyonik video sistemlerinde kullanımı tercih edilmemektedir [7]. Havacılıktaki Aviyonik Tam Çift Yönlü Anahtarlamalı Ethernet (Avionics Full-Duplex Ethernet, AFDX) ARINC 664 ismiyle standartlaşan protokol de etherneteye dayanmaktadır [8]. Bu

standart deterministik bir yapıya sahiptir, bununla birlikte veri iletim hızı 100 Mbps'ye kadar sınırlıdır. Yüksek bant genişliği ve yüksek çözünürlük gereksinimlerinden dolayı aviyonik video iletim sistemlerinde kullanılması uygun olmamaktadır.

DVI (Digital Visual Interface): DVI, sıvı kristal ekran (Liquid-Crystal Display, LCD) ve dijital projektörler gibi video cihazlarının görüntü kalitesinin artırılması için endüstri standartlarında tasarlanmış bir standarttır. Sıkıştırılmamış dijital video verisinin taşınmasını sağlamaktadır.

Firewire: IEEE 1394 standardına dayalıdır ve yüksek veri aktarım hızından dolayı gerçek zamanlı veri transferi yapabilen video cihazları, kameralar ve harici disk gibi cihazlarda kullanılmaktadır. ARINC 818 komitesi, DVI ve Firewire standartlarını da gözden geçirdi. Fiziksel katman, mesafe, hız ve kararlılık gibi özelliklerden dolayı aviyonik video iletimi için geliştirilecek olan standartta başlangıç olarak bu standartları tercih etmedi [4].

Fiber Kanal Ses Video: Fiber Kanal-Ses Video standardının resmi tanımı American National Standards Institute (ANSI) 356-2002 olarak bilinmektedir [7]. Bu standart, ses ve video bilgilerinin fiber kanal üzerinden taşınmasını ve fiber kanala bağlı dijital segmentlerin diğer analog ve sayısal ekipmanlarla birlikte çalışmasını belirtmektedir. Fiber Kanal-Ses Video standardı çok geniş endüstri uygulamalarını kapsamaktadır. Aviyonik uygulamalarda ise C-130 aviyonik modernizasyon programı ve F/A-18E Super Hornet projesinde düşük gecikme süresi, hız seçenekleri, veri bütünlüğü, gömülü veriler gibi özelliklerinden dolayı kendini kanıtlamış bir standarttır [9]. ARINC 818 komitesi, düşük gecikme süresi, hız seçenekleri, veri bütünlüğü, görüntüleme zamanlaması gereksinimleri ve Fiber Kanal-Ses Video standardının kendini kanıtlaması sebebiyle başlangıç noktası olarak Fiber Kanal-Ses Video standardını seçmiştir [4].

2.2. ARINC 818 Özellikleri (ARINC 818 Features)

Yüksek Bant Genişliği: Bir hava platformunun ekranlarına gerçek zamanlı görüntü füzyon işlemlerinin, örneğin semboloji ya da imleç bilgisinin gerçek zamanlı video ya da harita görüntülerinin üzerine yerleştirilmesi, yapılabilmesi için görüntülerin sıkıştırılmamış olması gerekmektedir. Sıkıştırılmamış video için de yüksek bant genişliği gerekmektedir. ARINC 818 standardının ilk zamanlarında fiber kanal protokolü ile 1.0625, 2.125, 4.25 ve 8.5 Gbps hızları desteklemekteydi. Daha yüksek hızlara ihtiyaç duyulduğundan dolayı günümüzde 12.75, 14.025 ve 28.05 Gbps bağlantı hızları da desteklenmektedir [10].

Düşük Gecikme Süresi: ARINC 818'in en önemli özelliklerinden biri sıkıştırılmamış videoyu çok düşük gecikmelerle iletebilmesidir. Düşük gecikme gerçek zamanlı kokpit ekranlarında ve başüstü göstergelerde oldukça büyük bir öneme sahiptir. Özellikle başüstü göstergelerde, başüstü gösterge görüntüsü ile gerçek dünya arka planı arasındaki farklılıklar pilotun baş dönmesine sebep olabilmektedir [11]. Görüntülerin düşük gecikme ile pilota iletilmesi hem pilotun görev icrası için hem de ergonomi gibi gereksinimlerden olayı önemli olmaktadır. ARINC 818 standardında kare hızları ile ilgili herhangi bir sınırlama yoktur ve yüksek kare hızlarında bile daha düşük gecikmeler gözlemlenmektedir [10].

Fiziksel Katman: Büyük uçaklarda video kaynakları ve ekranlar arasındaki mesafe ortalama olarak 50 metre olabilmektedir [4]. Bant genişliği, mesafe, ağırlık ve elektromanyetik girişim kabiliyetlerinden dolayı video kaynakları ve ekranlar arasında fiziksel katman olarak fiber optik kablo tercih edilmektedir.

Kanal Bağlama: Daha yüksek bant genişliğine sahip uygulamalarda video akışını taşıyabilmek için birden fazla kanalın kullanılması bir seçenek olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu durum kanal bağlama olarak adlandırılmaktadır. Genellikle uygulamalarda giriş, verici cihazda iki veya daha fazla ARINC 818 çerçevesine bölünür ve görüntüleme veya kayıt için alıcıda yeniden birleştirilir.

Esneklik ve Birlikte Çalışılabilirlik: Aviyonik görüntü sistemlerinde farklı çözünürlükler, gri tonlamalar, piksel formatları ve kare hızlarının olması nedeniyle ARINC 818 standardının esnek olması uygulama kolaylığı ve birlikte çalışabilirlik açısından oldukça önemli olmaktadır.

Hata Denetimi ve Veri Bütünlüğü: ARINC 818, fiber kanal çerçevelerini (paket) içermektedir. Bu standart hata kontrolü ve görüntü doğrulama için Döngüsel Artıklık Denetimi (Cyclic Redundancy Check, CRC) kullanması nedeniyle yüksek veri bütünlüğü sağlamaktadır [10].

2.3. ARINC 818-2 (ARINC 818-2)

ARINC 818 standardı, 2013 yılında standardın yenilenmesi, bazı hataların düzeltilmesi ve yeni özellikler eklenmesi için ARINC 818-2 olarak güncellenmiştir. ARINC 818-2, ARINC 818-1 uygulamalarıyla birlikte yedi yıllık bir deneyime sahip olmaktadır ve sıkıştırma, şifreleme ve daha yüksek hız seçenekleri sağlarken standardizasyonu da arttırmaktadır. ARINC 818-2 standardına eklenen yeni özellikler:

Kanal Birleştirme: Bağlantı bant genişliği sınırlamalarının üstesinden gelmek için ARINC 818-2 paralel olarak birden çok bağlantıyı desteklemektedir. Bu işlemi gerçekleştirmek için video çerçevesi daha küçük parçalara bölünerek ve iki veya daha fazla bağlantı üzerinden iletimi gerçekleştirilir.

Anahtarlama: ARINC 818 ilk olarak noktadan noktaya bir protokol olarak tasarlanmasına rağmen, ARINC 818'in yeni uygulamalarının birden çok ekranı veya kanalı olduğundan zaman içerisinde anahtarlama daha önemli bir konu haline gelmiştir. Anahtarlama, yalnızca çerçeveler arasında gerçekleşmektedir.

Alan Sıralı Renk Sistemi: ARINC 818-2 ile birlikte alan sıralı renk sistemini destekleyen video format kodu standart içerisine eklenmiştir [12]. Alan sıralı renk sisteminde tipik olarak her bir renk bileşeni ayrı bir konteyner içerisinde gönderilmektedir. Örneğin RGB modunda ilk olarak R, sonrasında G ardından da B gönderilir.

Sadece Veri Bağlantıları (Data-Only Links): Komut ve kontrol kanallarında (durum ya da dokunmatik ekran koordinatları) kullanılan sadece veri bağlantılarını içermektedir.

Sıkıştırma ve Şifreleme: ARINC 818 başlangıçta yalnızca sıkıştırılmamış video ve ses taşıyacak şekilde tasarlanmasına rağmen, yüksek çözünürlüklü sensörler, yüksek bant genişliği ihtiyacı ve yalnızca veri bağlantıları gibi uygulamalardan dolayı sıkıştırma ve şifreleme özelliği ARINC 818-2 içerisine eklenmiştir.

Çift Yönlü Kontrol: Güncellenen ARINC 818-2 protokolünde, bir yönde yüksek hızlı video iletimi yapılırken diğer yönde de veri iletimi yapılabilmektedir. Dönüş yolları (return path) dokunmatik ekranlı geniş alan ekranlarda ve yüksek çözünürlüklü sensörlerde yeni kullanılmaya başlanmıştır [11]. Bunlar tipik olarak komuta ve kontrol kanallarıdır. Örnek olarak bir sensörün odak veya beyaz dengesini düzeltme işlemleri verilebilir.

ARINC 818-1, 1.0625 Gbps (fiber kanal 1x) ile 8.5 Gbps (fiber kanal 8x) hızları arasını desteklerken, bu hızlar ARINC 818-2'de güncellenerek, standardın daha yüksek hızları desteklemesi sağlanmıştır. ARINC 818-2 ile birlikte 1.0625 Gbps'den (fiber kanal 1x) 28.05 Gbps (fiber kanal 32x) fiber kanal hızına kadar bağlantı hızları desteklenmektedir [11].

2.4. ARINC 818-3 (ARINC 818-3)

ARINC 818-2, dünya genelinde aviyonik kokpit ekranı uygulamalarında tüm modern cihazlar için tercih edilen video veri yolu olmaya devam etmektedir. ARINC 818 aynı zamanda güvenilirlik, hata düzeltme ve zamanlamanın kritik olduğu kameralar ve sensörler için de kullanılabilir. ARINC 818-2, dünya genelinde aviyonik kokpit ekranı uygulamalarında tüm modern cihazlar için tercih edilen video veri yolu olmaya devam etmektedir. ARINC 818 aynı zamanda güvenilirlik, hata düzeltme ve zamanlamanın kritik olduğu kameralar ve sensörler için de kullanılabilir.

Kokpit ekranları, kameralar, sensörler ve diğer cihazlar için artan çözünürlükler, kare hızları ve veri gereksinimleri yüksek bant genişliği ihtiyacını ortaya çıkarmaktadır. Bu nedenle 2018 yılında ARINC 818 komitesine özelliklerin güncellenmesi, bazı hataların düzeltilmesi ve yeni özellikler eklenmesi için bir teklif gönderilmiştir. ARINC 818-3 standardının eğer kabul edilir ise bu eklemeler ile birlikte; 4K ve 8K ekranlar, penceresiz kokpitler, sanal gerçeklik, uçak çevresindeki yüksek bant genişliği sensörleri ve kameralar gibi teknolojilere izin vermesi beklenmektedir [13](Alexander & Grunwald, 2019). Aynı zamanda ARINC 818-3 standardına eklenebilecek en önemli özellik 10 Gbps üzerindeki hızlarda 64B/66B kodlamanın olmasıdır [13].

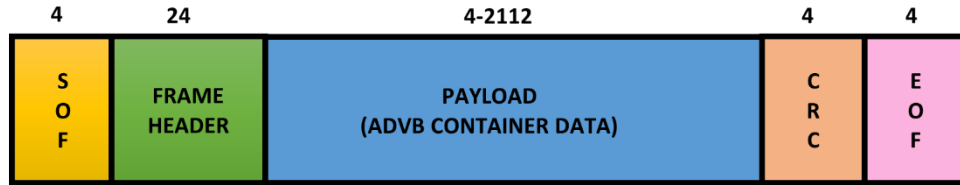
Çizelge 1. ARINC 818 ve diğer veri yollarının karşılaştırılması*Table 1. Comparison of ARINC 818 and other data buses*

	ARINC 818-1	ARINC 818-2	Camera Link	DVI	FireWire	GigE
VERİ İLETİM HIZI	1x, 2x, 4x, 8x Fiber Kanal; 8.5 Gbps'ye kadar hız	5.0, 6.375 (6x), 12.75 (12x), 14.025 (16x), 21.0375 (24x), 28.05 (32x) Gbps	1.6 Gbps Çift 4.7 Gbps	4 Gbps Çift 8Gbps	800 Mbps	1.0 Gbps ya da 10.0 Gbps
FİZİKSEL (DONANIM) ARAYÜZ	1 bakır çifti ya da fiber	1 bakır çifti (koaksiyel) ya da fiber	5 ile 10 bakır çifti	4 bakır çifti	1 bakır çifti	4 bakır çifti ya da fiber
VERİ İLETİM MESAFESİ	Bakır < 15 m Fiber < 500 m	Bakır < 50 m Fiber < 500 m	<10 m	<5 m	<5 m	Bakır < 15 m Fiber < 500m

3. ARINC 818 PROTOKOL YAPISI (ARINC 818 PROTOCOL STRUCTURE)

3.1. ADVB Paket Yapısı (ADVB Packet Structure)

ARINC 818 standardı, bir kanal içerisinde temel taşıma mekanizmasını bir ADVB çerçevesi ile sağlamaktadır. Video çerçeveleri ile olası bir karışıklığı ortadan kaldırmak amacıyla bu paketlere yalnızca çerçeveler demek yerine ADVB çerçeveleri olarak tanımlanmaktadır [9]. Bir ADVB çerçevesinin yapısı Şekil 2 ile gösterilmektedir.



Şekil 2. ADVB Paket Yapısı

Figure 2. ADVB Packet Structure

Bir ADVB çerçevesinin başlangıcı, bir başlangıç çerçevesi (Start of Frame, SoF) tarafından sinyellenir ve bir bitiş çerçevesi (End of Frame, EoF) ile sonlandırılır. Her ADVB çerçevesi altı adet 32 bitlik kelimeden oluşan bir çerçeve başlığına (frame header) sahiptir. ADVB başlığı içerisinde kaynak (Source_ID), hedef (Destination_ID), dizi içerisinde ADVB çerçevelerinin konumu (SEQ_CNT) gibi bilgiler bulunmaktadır. ADVB çerçevesi içerisinde yük (Payload), konteyner (Container) ya da nesne (Object) olarak ifade edilen kısım ise video, video parametreleri veya yardımcı veriler içermektedir. Yükün boyutu değişkenlik gösterebilmektedir ancak maksimum 2112 byte ile sınırlı olmaktadır. Veri bütünlüğünü sağlamak için hata kodlaması da bu ADVB paket yapısı içerisinde yer almaktadır. SoF ile CRC arasındaki veriler için hesaplanan 32 bitlik CRC hesaplaması bulunmaktadır.

ADVB Konteyner Yapısı (ADVB Container Structure)

ARINC 818, bir konteyneri video (görüntü kısmı) ve sesi taşımak için kullanılan bir dizi ADVB çerçevesi olarak tanımlamaktadır [99]. Nesne olarak da bir konteyner içerisinde bulunan belirli veri türleri olarak tanımlanmaktadır. Konteyner içerisinde belirli ADVB çerçeveleri nesnelere bir parçası olmaktadır. Nesne tipleri Çizelge 2 ile gösterilmektedir.

Çizelge 2. ADVB konteyner yapısı

Table 2. ADVB container structure

Object 0	Yardımcı Veriler
Object 1	Ses Verisi
Object 2	Video Verisi
Object 3	Video Verisi- Interlaced format çift alan

ADVB'de Object 0; o konteyner ile ilgili verileri içeren tek bir ADVB çerçevesidir. Eğer ses bilgisi içeriyorsa Object 1 içerisinde yer almaktadır. Object 2 ve Object 3 ise video yükü içermektedir. Geçişli (Interlaced) formatlarda Object 2 tek alan yükü için Object 3 ise çift alan yükü için kullanılmaktadır. Progressive (tek geçişli) video formatı için yalnızca Object 2 gereklidir. ADVB konteyner yapısı tek geçişli formattaki bir video için Şekil 3 ile gösterilmektedir.



Şekil 3. Tek geçişli video formatındaki konteyner yapısı

Figure 3. Container structure in progressive video format

Geçişli video formatında Object 2 tek (odd) alan yükü için Object 3 ise çift (even) alan yükü için kullanılmaktadır ve ADVB konteyner yapısı Şekil 4 ile gösterilmektedir.



Şekil 4. Geçişli video formatındaki konteyner yapısı

Figure 4. Container structure in interlaced video format

4. OTOMOTİVDE KULLANILAN VERİ YOLLARI (BUSES USED IN AUTOMOTIVE)

Elektronik gelişmesine bağlı olarak otomotiv endüstrisinde çok çeşitli sensörlerin kullanımı artış göstermektedir. Otomobillerde radar Light Detection and Ranging (LIDAR), kızılötesi, motor/krank devir, manifold hava sıcaklık, kütle hava akış, yakıt, yakıt sıcaklık, anti blok sistemi (ABS), vuruş, hız, gaz keleşi, park sensörü gibi çeşitli algılayıcılar ve ölçerler kullanılabilir [14]. Aynı zamanda akıllı sistemlerin yaygınlaşmasıyla birlikte akıllı taşıtların sayısı gün geçtikçe çoğalmaktadır. Uçaklarda var olan "Otomatik Pilot" uygulamasından esinlenerek kara ulaşım platformlarında akıllı taşıtlar ortaya çıkmaya başlamıştır [14]. Akıllı taşıtlarda, yol çizgilerini anlama, trafik levhalarını anlama, trafik ışıklarını anlama, kişi ve canlı cansız nesne algılama, kaza uyarısı yapma gibi alt sistemler büyük önem kazanmaktadır [15]. Buna bağlı olarak akıllı taşıtlarda radar sensör, lidar sensör, ultrasonik sensör ve normal/kızılötesi kamera kullanımı artış göstermektedir.

Çok çeşitli sensörler ve kameralar otomobil içerisinde çeşitli veri yolları üzerinden veri aktarımı yapmaktadır. Otomobillerde kullanılan veri yolu sistemlerine örnek olarak

- Controller Area Network (CAN) Bus [16]
- Local Interconnect Network (LIN) Bus [17]
- Media Oriented System Transport (MOST) Bus [18]
- FlexRay [19]

verilebilir.

Zaman tetiklemeli bir seri veri yolu olan CAN, otomotiv sektöründe kullanılmak üzere Robert Bosch tarafından 1983 yılında kablo karmaşıklığını azaltmak amacıyla geliştirilmiştir [16]. Veri iletim hızı 5 Kbps ile 1 Mbps arasında değişmektedir. 40 m veri yolu uzunluğuna kadar 1 Mbps'lik yüksek veri hızı sağlayabilmektedir. Aynı zamanda uzaktan ileti desteği olan bu veri yolu çok yüksek sağlamlık ve güvenilirlik sağlamaktadır [20].

LIN veri yolu, bir alternatif olarak geliştirilmiş olup ucuz ve daha az hata çıkarması amaçlanmıştır [21]. MOST veri yolu ise daha çok otomobil içerisinde bulunan medya ve eğlence araçlarının bağlanması amacıyla kurulmuş bir ağdır [22].

Özellikle x-by-wire uygulamaları için tasarlanan FlexRay, geleceğin otomobillerinde kullanılması planlanmaktadır. FlexRay 10 Mbps kapasiteli iki kanalı sayesinde hızlı ve güvenilir bir haberleşme standardıdır. FlexRay sistemi üzerinde çalışmalar halen devam etmektedir [23].

5. ARINC 818'İN OTOMOTİVDE OLASI KULLANIMI (POSSIBLE USE OF ARINC 818 IN AUTOMOTIVE)

Otomotiv sektöründe sensörlerin gelişmesiyle birlikte otonom araçların sayısı gün geçtikçe artış göstermektedir. Bu akıllı araçlar üzerinde çok fazla sayıda çeşitli sensörler ve kameralar bulunmaktadır. Geleceğin akıllı araçlarında başarılı bir otonom sürüş için daha fazla sensör ve kamera ihtiyacı ortaya çıkacağı öngörülmektedir. Bununla birlikte bütün sensörlerin ve kameraların bilgileri çok hızlı ve güvenilir bir şekilde iletilmesi gerekmektedir. Her bir sensör verisinin iletimi otomobil üzerinde bulunan CAN, MOST ve LIN veri yolları aracılığıyla yapılmaktadır. Günümüzde otomobillerde kullanılan en yaygın veri yolu olan CAN, en fazla 1 Mbps veri iletim hızını desteklemektedir. Her ne kadar 10 Mbps veri iletim hızını destekleyen FlexRay veri yolu üzerinde çalışmalara devam edilse de sağladığı veri iletim hızının akıllı araçlarda gelecekte oluşacak istekleri/gereksinimleri tam olarak karşılayıp karşılamayacağı sorusu önemli bir sorudur. Gün geçtikçe teknolojiye yeni açılımlar ile karşı karşıya gelebilmekteyiz. Özellikle sensör ve yapay zeka teknolojilerindeki yenilikler bizleri gitgide büyük veri ile yüzleştirmektedir. Büyük bir veri ile kısıtlı zamanda çözümler bulmak genel bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır.

Gelecekte akıllı kara taşıtları için sensör ve kameraların artması ile birlikte veri iletim hızının isteklerinin daha da artması durumu oluşabilir. ARINC 818, 28.05 Gbps'ye kadar veri iletim hızını desteklemektedir. Bu veri yolunun hızlı, güvenilir, esnek, kararlı olması gibi çok fazla avantajları bulunmaktadır. Fiziksel katman olarak fiber optik kablo kullanılmasından dolayı araç üzerindeki kablaj konusunda da bir avantaj olabilir. ARINC 818 veri yolunun sahip olduğu özelliklerin otomotiv sektörünün ihtiyaçları özelinde incelenmesinin geleceğin akıllı taşıtlarının veri yolları tasarımında önemli olabileceği öngörülmektedir.

6. SONUÇ VE TARTIŞMA (RESULT and DISCUSSIONS)

ARINC 818, yüksek bant genişliği, düşük gecikme süresi, sıkıştırılmamış dijital video iletimi için geliştirilmiş bir video arayüzü ve protokol standardıdır. Her ne kadar başlangıçta bu standart kokpit ekranları için tasarlanmış olsa da yüksek bant genişliği, güvenilirliği, entegrasyon sırasındaki esnekliği açısından kızılötesi ve optik kameralar gibi yüksek hız gereksinimi duyulan sensör ve kameralarda da kullanılmaya başlanmıştır. Otomotiv sektöründe sensörlerin gelişmesiyle birlikte hem otonom araçların sayısı artmakta hem de bu akıllı araçlar içerisinde çok fazla sayıda çeşitli sensörler ve kameraların kullanımı artış göstermektedir. Otomotivde kullanılan mevcut veri yolları (CAN, MOST, LIN, FlexRay) maksimum olarak 10 Mbps veri iletim hızını desteklemektedir. Gelecekte akıllı taşıtlar için sensör ve kameraların artması ile birlikte veri iletim hızının isteklerinin daha da artması durumu oluşabilir. Otonom araçlarda aynı havacılıktaki gibi sensörlerden ve kameralardan gelen bilginin hem hızlı hem de güvenilir bir şekilde iletilmesi çok önemlidir. ARINC 818, 28.05 Gbps'ye kadar veri iletim hızını desteklemektedir ve hızlı, güvenilir, esnek, kararlı olması gibi çok fazla avantajları bulunmaktadır. ARINC 818 veri yolunun sahip olduğu özelliklerin otomotiv sektörünün ihtiyaçları özelinde incelenmesinin geleceğin akıllı taşıtlarının veri yolları tasarımında önemli olabileceği öngörülmektedir.

Etik Standartlar Bildirimi (Declaration of Ethical Standards)

Yazarlar tüm etik yönergelere uygun bir şekilde çalışmayı hazırlamıştır.

Yazar Katkı Beyannamesi (Credit Authorship Contribution Statement)

Yazarların çalışmadaki katkı oranları eşittir.

Çıkar Çatışması Beyannamesi (Declaration of Competing Interest)

Çalışma kapsamında herhangi bir kurum veya kişi ile çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Destek / Teşekkür (Funding / Acknowledgements)

Çalışma herhangi bir destek almamıştır. Teşekkür edilecek bir kurum veya kişi bulunmamaktadır.

Veri Kullanılabilirliği (Data Availability)

Araştırma verileri herhangi bir veri havuzunun kullanımına açılmamıştır.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] P. Devgan, V. Urick, J. McKinney and K. Williams, "Hybrid Analog-Digital Fiber Optic Network for Aircraft Communication and Control," 2007 IEEE Avionics, Fiber-Optics and Photonics Technology Conference, 2007, pp. 17-18.
- [2] TECHWAY, "ARINC 818", *TECHWAY*, 2021. [Online]. Available: <https://www.arinc818.com>, [Accessed Sept. 04, 2022].
- [3] T. Ricker, "Avionics Bus Technology: Which Bus Should I Get On?", 2017 IEEE/AIAA 36th Digital Avionics Systems Conference (DASC), 2017.
- [4] T. Keller, "ARINC 818 Avionics Digital Video Bus", *Great River Technology*, 2013. [Online]. Available: <https://www.arinc818.com>, [Accessed Sept. 04, 2022].
- [5] T. Keller and P. Grunwald, "ARINC 818 Add Capabilities for High-Speed Sensors and Systems", *SPIE Defence + Security*, 2014.
- [6] K. Bisson, "Arinc-818 testing for avionics applications" 2007 IEEE Autotestcon, 2007, pp. 321-326.
- [7] P. Grunwald, "Why ARINC 818?," 2017 IEEE/AIAA 36th Digital Avionics Systems Conference (DASC), 2017, pp. 1-4.
- [8] J. Villegas, S. Fortes, V. Escaño, C. Baena, B. Colomer and R. Barco, "Verification and Validation Framework for AFDX Avionics Networks," *in IEEE Access*, vol. 10, pp. 66743-66756, 2022.
- [9] J. Alexander and T. Keller, "Using ARINC 818 avionics digital video bus (ADVb) for military displays", *Proceedings of SPIE-The International Society for Optical Engineering*, 2007.
- [10] M. Zimmerman, "High bandwidth, real-time video transport with ARINC 818", *SPIE Commercial + Scientific Sensing and Imaging*, 2017.
- [11] P. Grunwald, "What's new in ARINC 818 supplement 2," 2013 IEEE/AIAA 32nd Digital Avionics Systems Conference (DASC), 2013, pp. 2B2-1-2B2-7.
- [12] P. Grunwald, "ARINC 818 specification revisions enable new avionics architectures", *SPIE Defence + Security*, 2014.
- [13] J. Alexander and P. Grunwald, "ARINC 818 Revision 3," 2019 IEEE/AIAA 38th Digital Avionics Systems Conference (DASC), 2019, pp. 1-8.
- [14] KIA, "Araçlardaki Sensörler Nelerdir? Sensör Çeşitleri ve Görevleri", *KIA*, 2021. [Online], Available: <https://www.kia.com/tr/faydalibilgiler/haberler/Teknoloji/ arac-sensorleri-nelerdir.html>, [Accessed Sept. 04, 2022].
- [15] H. Gökozan and M. Taştan, "Akıllı Taşıtlar ve Kontrol Sistemleri Smart Vehicles and Control Systems", *International Vocational Science Symposium, IVSS*, 2018.
- [16] H.A. Thompson, H. Benitez-Perez, D. Lee, D.N. Ramos-Hernandez, P.J. Fleming and C.G. Legge, "A CANbus-based safety-critical distributed aeroengine control systems architecture

- demonstrator", *Microprocessors and Microsystems*, Volume 23, Issue 6, pp 345-355, 1999.
- [17] A. Vaskova, M. Portela-Garcia, M. Garcia-Valderas, C. Lopez-Ongil and M. Sonza Reorda, "Hardening of serial communication protocols for potentially critical systems in automotive applications: LIN bus," 2013 IEEE 19th International On-Line Testing Symposium (IOLTS), 2013, pp. 13-18.
- [18] S. Lee, B. -S. Cho, Y. -J. Choi and K. -R. Baek, "Implementation of MOST/CAN network protocol," 2011 International Conference on Electrical and Control Engineering, 2011, pp. 5974-5977.
- [19] P. -S. Murvay and B. Groza, "Efficient Physical Layer Key Agreement for FlexRay Networks," in *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. 69, no. 9, pp. 9767-9780, Sept. 2020.
- [20] Ö. Kayan, "Can-Bus Protokolü", July, 2016. [Online]. Available: <http://omerkayan.blogspot.com/2016/07/can-bus-protokolu.html>, [Accessed Sept. 04, 2022].
- [21] D.G. Vrachkov and D.G. Todorov, "Remote real-time tracking of vehicle data from LIN-bus over the Internet", 2018 IEEE 27th International Scientific Conference Electronics, ET 2018 - Proceedings, 2016, pp. 19-21.
- [22] R. N. Tuncay and Ö. Üstün, "Otomotiv Elektroniğindeki Gelişmeler", IX. Otomotiv ve Yan Sanayi Sempozyumu, 2004, pp. 27-28.
- [23] A. Demirci, E. Schmidt, E. Yürüklü and U. Karakaya, "Flexray Araççi Haberleşme Ağlarının Deneysel Başarım Değerlendirmesi", 5. Otomotiv Teknolojileri Kongresi, 2010.