DÜMF Mühendislik Dergisi

web: http://dergipark.gov.tr/dumf

Karasal taşıt ağları için geliştirilmiş ortam erişim kontrol protokolelleri üzerine bir inceleme

Musa ÇIBUK *
Bitlis Eren Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Bitlis
ncibuk@beu.edu.tr , Tel: (533) 744 38 54

Fikri AĞGÜN
Bitlis Eren Üniversitesi, Enformatik Bölümü, Bitlis

Geliş: 04.06.2017, Kabul Tarihi: 05.07.2017

Öz

Taşıt Ağları günümüzde şehir merkezi, otoyol gibi seyir halinde taşıtların bulunduğu ortamlarda taşıtlar arası veya taşıt – yol kenarı birimi arasındaki kablosuz yerel alan teknolojilerini içeren ağlar olarak nitelendirilmektedirler. Bu tip ağların taşıt trafiğinde kaza önleme, yol ve taşıma güvenliğini artırma, trafik verimliliğine katkıda bulunma gibi kayda değer faydalarından bahsetmek mümkündür. Bir taşıt ağının performans ve verimliliğindeki en önemli ve belirleyici unsur ağın organizasyonunda önemli bir yere sahip olan Ortam Erişim Kontrol (OEK) protokolleridir.

Bu çalışmamızda Karasal Taşıt Ağlarında, veri bağı katmanında çalışarak ağın organizasyonunda görev alan çeşitli OEK protokolleri incelenmiş olup, söz konusu protokollerin iyi ve yetersiz yönleri ele alınarak etkili bir OEK protokolü tasarımında dikkat edilmesi gereken hususlar konusunda çıkarımlarda bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: *Taşıt Ağları; Ortam Erişim Kontrol Protokolü; Taşıt ağlarında Verimlilik;*

* Yazışmaların yapılacağı yazar

DOI:

Giriş

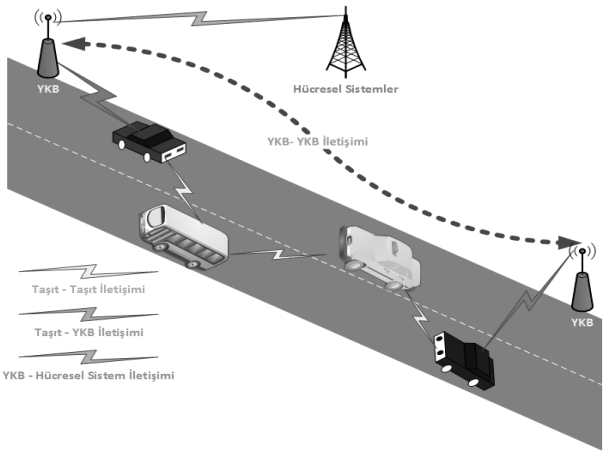
Karasal Taşıt Ağları (KTA) taşıt-taşıt arası ve taşıt-yol kenarı birimi arası iletişim için kablosuz yerel alan ağ teknolojilerini kullanmaktadır (Hartenstein & Laberteaux, 2008). Bu yerel alan ağ teknolojileri kısa, orta ve uzun mesafe olmak üzere 3 (üç) alt grupta sınıflandırılmaktadır. KTA' larda kullanılabilen bu ağ teknolojileri Tablo1'de gösterilmiştir. Çoğunlukla taşıtlar arası ve taşıt-yol kenarı birimi arası haberleşmelerde bu ağlar için özel olarak standartlaştırılan Tahsisli Kısa Mesafe Haberleşme (Dedicated Short Range Communication – DSRC (Kenney, 2011)), IEEE 802.11p ve IEEE1609.4/Wireless Access for Vehicular Environment – WAVE (LAN/MAN Standards Committee, 2010) gibi orta mesafe haberleşme teknolojileri tercih edilmektedir.

Tablo 1. KTA' larda kullanılabilen haberleşme teknolojileri

Kısa Mesafe Haberleşme Teknolojileri	Bluetooth ZigBee Infrared
Orta Mesafe Haberleşme Teknolojileri	DSRC IEEE 802.11p, WAVE (IEEE 1609.4)
Uzun Mesafe Haberleşme Teknolojileri	Hücresel Teknolojiler (GSM, GPRS, 3G, HSDPA vb.) WiMAX

Son yıllarda taşıt kullanıcılarının artan konfor ve güvenlik talepleri üreticilerin bu iki alanda önemli çalışmalar yapmasını tetiklemiştir. KTA' lar, nitelikli uygulamaları, lisanslı frekans bandı aralığı ve şarj edilebilir güç kaynağı gibi özellikleri ile diğer kablosuz haberleşme ağlarından ayrılmaktadır. Ayrıca KTA'ları diğer geleneksel hareketli ağ uygulamalarından ayıran özellikler arasında yüksek hareketlilik, yüksek hız kaynaklı hızlı topoloji değişimleri ve sürüş alışkanlıkları sayılabilir. KTA mimarisinde temel bileşen olarak Uygulama Birimi – UB (Application Unit), Tümleşik Taşıt Birimi – TTB (OnBoard Unit) ve Yol Kenarı Birimi – YKB (Road Side Unit) bulunur (Al-Sultan vd, 2014).

KTA bileşenlerinden UB ve TTB, düğüm olarak ifade edilen taşıtlar üzerinde yer almaktadır. TTB, diğer düğümlerle veya YKB'ler ile haberleşmeyi gerçekleştirir. TTB'nin ana görevleri arasında kablosuz erişim, ağ sıkışıklık kontrolü, güvenilir mesaj transferi, veri güvenliği ve IP hareketliliği bulunmaktadır. UB ise TTB'nin kapasitesine göre talep edilen hizmetleri sunar (Al-Sultan vd., 2014). Şekil 1'de Karasal taşıt ağ mimarisinin genel yapısı gösterilmiştir.



Şekil 1. Karasal Taşıt Ağ Mimarisi

KTA'larda gerek iletişimde gerekse uygulamaların gereksinimlerine bağlı bazı zorluklar yaşanmaktadır. Temel zorlukların başında ise ağda bir haberleşme koordinatörünün belirlenememesi gelir. Uygulamalar kendi mekanizmasını içerebilmekte veya merkezi bir haberleşme mekanizması kullanabilmektedir. Genellikle, bu tip ağlarda çevredeki düğümlere veri göndermek için genel yayın (broadcast) kullanılmaktadır. Bu durum, herhangi bir kontrol mekanizması olmayan ortamlarda ciddi iletişim problemlerine sebep olmaktadır. Tüm kablosuz ağlarda olduğu gibi, bu tip ağlarda da gizli terminal ve etki altında kalmış uç düğüm problemleri önemli tasarım ve işletim zorluklarındandır (Hartenstein ve Laberteaux, 2008). Ayrıca, gecikme kısıtı, güvenlik, sık

bağlantı kopması, bant genişliği kısıtlamaları, değişken ağ yoğunluğu ve hızlı değişen ağ topolojisi gibi birçok ek zorluklar sıralanabilir. Araştırmacılar, genellikle bu zorlukları bertaraf edebilecek ve ağların verimliliğini artırabilecek OEK tasarımları yapmaya devam etmektedirler. KTA' larda, düğümler aynı frekansları kullanan bir kablosuz iletişim ortamını paylaşırlar. Bu sebeple, kanalın uygunsuz kullanımı, çarpışmalara ve bant genişliğinin verimsiz kullanımına yol açmaktadır. Servis kalitesi düşünüldüğünde ise kanal paylaşımının düzgün ve adil gerçekleştirilmesi kritik bir görev olarak karşımıza çıkmaktadır. OEK şemaları mevcut kablosuz iletişim ortamını, düğümler arasında adil ve etkili bir biçimde paylaştırmak için tasarlanmalıdır. Aynı zamanda, KTA' ların özel karakteristikleri açısından, geleneksel kablosuz OEK protokollerinin, bu ağlarda doğrudan kullanımı uygun olmayacaktır. Bu nedenle, bilinen bazı yaklaşımların taşıt ağlarına uyarlanması şeklinde birçok yeni OEK protokolü tasarlanmıştır (Hadded vd., 2015).

IEEE 802.11p (LAN/MAN Standards Committee, 2010), taşıt ağlarında kullanılmak üzere kablosuz ağlar için önerilen IEEE 802.11 standardının geliştirilerek, değişken ve yüksek hızlı taşıtların haberleşebilmesi için IEEE'nin "p" çalışma grubu tarafından özelleştirilmiş bir standarttır. Servis kalitesini sağlamak üzere, yüksek öncelikli mesajların daha kısa sürede iletilmesi prensibine dayanan ve 4 farklı öncelik kategorisi kullanan Genişletilmiş Dağıtık Kanal Erişimi - EDCA (Enhanced Distributed Channel Access) metodunu kullanmaktadır.

Taşıt ağlarında haberleşme için kullanılmak üzere 1999 yılında Amerikan Federal İletişim Komisyonu (FCC – Federal Communication Commission) tarafından DSRC standardı oluşturularak 5,9 GHz bandında 75 MHz'lik bir frekans aralığı ayrılmıştır (Bi, 2009). DSRC, 190 km/s hızla hareket edebilen taşıtların bulunduğu bir ağda, 6–27 Mbps veri iletim hızı ile 300–1000 m arasındaki mesafelerde çalışabilen her biri 10 MHz'lik 7 frekans kanalından oluşan çok kanallı bir standart olarak ortaya konmuştur. Bu kanallardan birisi güvenli veri iletimi için Kontrol Kanalı (KK), diğerleri ise Servis Kanalı (SK) olarak çok kanallı haberleşmeyi sağlamak üzere planlanmıştır.

WAVE, IEEE 802.11 cihazlarının DSRC bandında çalışabilmesi için geliştirilmiş bir çalışma kipidir. IEEE 1609 çalışma grubu tarafından geliştirilmiş ve çoklu bağlantı erişimi sağlamak için altyapı olarak IEEE 802.11p benimsenmiştir. WAVE standardı tüm ağ görevlerini etkin bir şekilde yerine getirebilmek için dört ayrı kategoriye bölünmüştür. Kaynak yönetimi, güvenlik servisleri, ağ servisleri ve taşıtlar arası iletişim ile çok kanallı haberleşme için sırasıyla IEEE 1609.1, IEEE 1609.2, IEEE 1609.3 ve IEEE 1609.4 kategorileri oluşturulmuştur.

Taşıt ağlarında taşıt içi ve taşıtlar arası olmak üzere farklı ölçeklerde uygulamalar mevcuttur. Bu uygulamalar genel olarak Güvenlikle İlgili Uygulamalar (Safety Applications) ve Güvenlik Dışı Uygulamalar (Non-Safety Applications) olarak iki gruba ayrılırlar. Güvenlik ile ilgili uygulamalar, taşıtlar arası veya taşıt - yol kenarı birimi arası kablosuz haberleşmeyi kullanarak yol güvenliği ve kazalardan kaçınma üzerine yoğunlaşmıştır. Güvenlik dışı uygulamalar ise, sürücülere konfor, eğlence ve servis hizmetleri sağlayan aynı zamanda trafik güvenliğini artırmak için trafik yönetimi ile ilgilenen ticaret ve kolaylık uygulamalarını içerir (Tanuja vd., 2015).

Bu uygulamaların yanı sıra ABD'de Vehicle Safety Communication (VSC), Avrupa ülkelerinde Car-to-Car Communication Consortium(C2C-CC), Japonya'da Advance Safety Vehicle Program(ASV) ve Vehicle Infrastructure and Integration (VII) gibi hükümet destekli projeler yapılmış olup bazıları günümüzde de devam etmekte ve yeni başkaca projeler geliştirilmektedir (Khilar ve Bhoi, 2014)

İlk zamanlarda yapılan uygulamalar (WAVE, IEEE 802.11p, DSRC) genellikle protokol yapısı üzerine yoğunlaşmıştır. Şimdilerde ise ilginin, mesajlaşma sistemleri ve uygulama altyapısına yöneldiği gözlemlenmektedir. BMW, Audi, Ford, General Motors, Daimler, Nissan gibi birçok araç üreticisi, yolcu güvenliği için Akıllı Taşıma Sistemlerini (ATS) kullanmakta ve sürekli geliştirmektedir (Khilar ve Bhoi, 2014).

Makalenin ilerleyen bölümlerinde şu konular üzerinde durulmaktadır. Sonraki bölümde, protokol çeşitleri hakkında bilgiler verilerek, bu alanda geliştirilmiş OEK protokollerinden bazıları kullandıkları iletişim yöntemleri, avantaj ve dezavantajları ile ele alınarak bir tablo ile sunulmuştur. Sonuç bölümünde, değerlendirme yapılarak konu ile ilgili çalışma yapacaklara fikir verebilecek konular üzerinde durulmuştur.

Mevcut OEK Protokolleri

KTA'lar için tasarlanan OEK protokolleri, düğümlerin paylaşılan iletişim kanallarındaki durumunu belirler ve aktif düğümlerin ortama erişim eşgüdümünden sorumludurlar (Gillani vd., 2014).

OEK protokolü, düğümlerin birbirlerinin kapsama alanı içinde iken aynı zaman diliminde veri iletmelerini sınırlar. Çünkü herhangi bir ön uyarı olmazsa, paket kayıplarına sebep olabilecek çarpışmalar meydana gelebilir. OEK protokolleri tüm düğümler için adil, verimli, çarpışmasız veya az çarpışmalı ve güvenilir olmalıdır. OEK protokollerinin taşıt ağlarında öncelikli olarak şu üç temel problemi çözmesi beklenmektedir (Gillani vd., 2014):

- İletim çarpışmaları,
- Gizli terminal problemi,
- Etki altındaki uç düğüm problemi.

Literatürde KTA OEK protokolleri şöyle sınıflandırılmaktadır (Gillani vd., 2014):

a) Çekişme Tabanlı Protokoller

Çekişme tabanlı protokollerde, düğümler kanal erişimi için çekişmek zorundadırlar. Temel örneği olan Taşıyıcı Algılamalı Çoklu Erişim - CSMA (Carrier Sense Multiple Access) (Brenner, 1997) protokolünde çekişmeyi kazanan düğüm, kendisine atanan zaman diliminde paylaşılan ortamı kullanarak verisini gönderir. Bu tür protokollerde gecikme kaygısı yoktur. Dolayısıyla gerçek zamanlı güvenlik mesajlarının iletilmesi garanti edilemez. Bu protokoller, patlamalı ağ trafiğinin olduğu durumlarda kullanışlıdır. Çoklu ortam ve gerçek zamanlı veri trafiği için ise yeterince uygun görülmemektedirler. Çok kullanıcılı durumlarda, bu ağların verimliliği son derece azalır. Artan yoğunlukla birlikte meydana gelen çarpışmalar önemli gecikmelere sebep olabilir. Güvenlik ile ilgili uygulamalarda, OEK protokollerinin ortama erişim gecikmesini düşürmesi, istenen bir durumdur.

b) Gecikme Kısıtlı / Çekişmesiz Protokoller

Çekişmesiz veya kontrollü erişim protokollerinde iletişim ortamına erişim, Zaman Bölmeli Çoklu Erişim - TDMA (Time Division Multiple Access) ve Frekans Bölmeli Çoklu Erişim - FDMA (Frequency Division Multiple Access) mekanizmalarında olduğu gibi, önceden tahsis edilmiş olarak gerçekleşir. VeMAC (Vehicular MAC) (Omar vd., 2013), VeSOMAC (Vehicular Self-Organizing MAC) (Yu ve Biswas, 2007), ADHOC-MAC (Borgonovo vd., 2003) gibi TDMA tabanlı protokoller zaman dilimlerini atamak için değişik yaklaşımlar kullanmaktadır. Belirli ve sabit bir zaman dilimi atama yaklaşımının hattın verimli kullanımını olumsuz etkilediği bilinmektedir. Bununla birlikte girişim problemini ortadan kaldırarak güvenli haberleşmeye olanak sağlayabilen bu yaklaşımlar, OEK protokollerinde hattın verimli ve adil kullanımı, çarpışma, girişim gibi bazı servis kalitesi parametrelerini garanti edebilir. Bu protokollerin en önemli eksikliklerinden birisi düğümler arasında etkin ve adil kanal

dağıtımını sağlayacak merkezi bir düğüm gereksinimidir. Çekişmesiz protokoller servis kalitesi (Quality Of Services) gereksinimlerini karşılayabilirler; fakat taşıt ağlarının kendine özgü karakteristiklerine bağlı olarak ağdaki düğümler arasında yüksek seviyeli bir eşgüdüme ihtiyaç duyulabilmektedir.

c) Melez OEK Protokolleri

Zamanlama ve çekişme tabanlı erişim yaklaşımları gibi birden fazla erişim metodunun bir arada kullanıldığı OEK protokolleridir. Örneğin, kontrol ortamına erişim için bazı durumlarda TDMA, bazen CSMA/CA, bazı durumlarda farklı frekans kanallarını ağdaki düğümlere kullandırmayı hedefleyen FDMA erişim metotlarının birlikte kullanıldığı HER-MAC (Hybrid Efficient And Reliable MAC) (Dang vd., 2014), CBMMAC (A Cluster Based Multichannel MAC) (Su ve Zhang, 2007), SOFT-MAC (Space Orthogonal Frequency – Time MAC) (Abdalla, vd., 2009) gibi OEK protokolü türleri melez olarak ifade edilebilir. Melez protokoller çekişme tabanlı sistemlerin patlamalı trafiğe sahip ağlardaki faydalı yanlarının kullanılması ve çekişmesiz protokollerin kanal tahsisi ve atanmış iletişim yolu gibi gerçek zamanlı iletişime katkı sağlayan özelliklerinin kullanılması ile ortaya çıkmaktadır. Zamanlama tabanlı yöntemler, çarpışmadan kaçınmaya olanak sağlarken veri gönderimi için zamanın gelmesini bekleme durumu gecikmeyi artırabilir.

Literatürde yer alan birçok OEK çalışmasında, ağ iletişim kalite parametrelerini geliştirmek ve yeni yaklaşımlarla başarımını artırmak hedeflenmiştir. Aşağıda bu protokol çalışmalarının önemli bazıları hakkında bilgiye yer verilmiş ve Tablo 2'de bu çalışmaların sağladıkları katkılar karşılaştırmalı olarak sunulmuştur.

Borgonovo, F. ve arkadaşları tarafından önerilen ADHOC MAC (Borgonovo vd., 2003) protokolü zaman dilimli bir yapıda çalışmaktadır. Zaman dilimleri, her biri "N" tane dilimden oluşan sanal çerçeveler halinde gruplanmıştır. Dilimleme bilgisi, GPS (Global Positioning System) gibi dış kaynaklar tarafından sağlanmaktadır. Dilim ve çerçeve zaman eşitlemesi belli aralıklarla ağa paket gönderen terminaller içinden, ağa ilk giren terminal tarafından gerçekleştirilmektedir. Protokolün çalışması için, her aktif terminalde kullanılmak üzere sanal çerçeve içinde bir zaman dilimine karşılık gelen temel kanala (Basic Channel) ihtiyacı vardır. Bu kanal, güvenilir yayım kanalıdır. Gizli terminal probleminden etkilenmemektedir ve dağıtık bir yolla RR-ALOHA (Flaminio vd., 2002) protokolü ile sağlanır. ADHOC MAC, tek frekans kanalı kullanan bir protokol olup DSRC standartlarını desteklememektedir.

Yu F. ve Biswas F., önermiş oldukları VeSOMAC (Yu ve Biswas, 2007) isimli protokolde, taşıtlar arası veri iletimi uygulamaları için gelişmekte olan ve DSRC standartlarını kullanan yeni bir yaklaşım önermişlerdir. Veri transfer uygulamalarında kendi kendine organize olabilen, TDMA tabanlı bir OEK protokolü üzerinde çalışmışlardır. VeSOMAC protokolünün diğerlerinden ayrılan özelliğini, dağıtık OEK planlaması sürecinde TDMA dilimleri arasında geçiş için bant içi kontrol mekanizması kullanmak olarak belirtmişlerdir. Bu protokol hem eş zamanlı hem de eş zamanlı olmadan çalışabilmektedir. Eş zamanlı durumda, tüm taşıtların zamanlamaları merkezi olarak eşitlenmiştir. Eş zamanlı olmayan durumda ise her taşıt kendi çerçeve sınırlarını belirlemektedir. VeSOMAC, IEEE 802.11 OEK protokolü ile karşılaştırılmış olup daha iyi veri transfer başarımına sahip olduğu ve daha az paket kayıpları yaşandığı belirtilmiştir.

CBMAC (Cluster Based MAC) (Günter vd., 2007), kümeleme tabanlı bir OEK protokolüdür. Küme başları ve küme elamanlarının bulunduğu, bant genişliği ataması küme başları tarafından gerçekleştirilmektedir. Çalışmada gizli terminal probleminin azaltılması ve adil bir

paylaşım ortamı sağlanması hedeflemiştir. TDMA çerçevesindeki zaman dilimlerinden birincisi, küme başı tarafından kullanılır ve küme elemanlarına çerçeve başlangıcını bildirir. İkinci dilim taşıt için kontrol mesajlarını taşır, diğer zaman dilimleri veri bağı fazı ve rastgele erişim fazı olmak üzere iki kısma bölünmüştür. Veri bağı fazı süresince taşıt, kendi zaman dilimini veri mesajları iletmek için kullanırken, rastgele erişim fazı taşıtın, ağa bağlanmak istediği durumlarda küme başına düzenli ön tahsis isteklerini göndermek için kullanılmaktadır. Bu protokol, tek frekans kanalı kullanmakta olup DSRC yapısı için uygun değildir. Farklı yönlere hareket eden taşıtlar olması durumunda karşılaşılabilecek girişim problemlerine çözüm hakkında ise yayında herhangi bir değerlendirme yapılmamıştır.

Trafik güvenliği ile ilgili uygulamaları ve güvenlik gerektirmeyen uygulamaları desteklemeyi amaçlayan yayınlarında (Su ve Zhang, 2007) Xi Zhang ve Hang Su, kümeleme tabanlı çok kanallı bir OEK protokolü (CBMMAC - Clustering Based Multi-Channel MAC) önermişlerdir. Çekişmesiz ve çekişme tabanlı haberleşme protokollerini birleştiren bir yapı mevcuttur. DSRC' de tanımlı 7 kanalın, küme içi ve kümeler arası kontrol ve veri haberleşmesi için ayrılarak kullanılmasını önermişlerdir. Ayrıca her taşıtın, iki adet alıcı/verici ile donatıldığı varsayılmıştır. Bu protokol, sadece tüm taşıtların aynı yönde hareket ettiği basit yol senaryoları için değerlendirilmiş olup değişken ve farklı trafik senaryoları üzerinde çalışılmamıştır.

SOFT-MAC (Abdalla vd., 2009) isimli çalışmalarında yazarlar, CSMA, Uzay Bölmeli Çoklu Erişim - SDMA (Space Division Multiple Access), Dikgen Frekans Bölmeli Çoklu Erişim - OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) ve TDMA tekniklerini birleştiren melez yapıda bir OEK protokolü önermişlerdir. Trafikteki taşıtların konumlarına göre frekans ve zaman dilimi atamalarının önceden yapılmasını öngörmüşlerdir. Taşıtların coğrafik konumuna bağlı olarak hangi yolun, hangi frekans ve zaman dilimlerini kullandığına dair bilgiler önceden taşıtlara yüklenmekte, taşıtlar bir GPS aracılığı ile konumlarına bakarak, bu haritalardan kendi çevresindeki taşıyıcı frekansları ve zaman dilimlerini öğrenebilmektedir. SOFT-MAC tasarımında, çarpışmasız iletişim sağlamak üzere TDMA ve eş zamanlı iletim için ise OFDMA ve SDMA teknikleri kullanılmıştır. IEEE 802.11' e göre daha iyi iş başarımı sağlamasına karşın, FDMA, CDMA, OFDMA gibi tekniklerin birlikte kullanımı, protokolü yüksek miktarda iş yükü oluşturan, pahalı ve karmaşık bir çözüm haline getirmiştir. Taşıtların dijital yol haritası ile donatılmış olmalarını gerektirmesinden dolayı da her taşıt ile uyumluluk konusunda bir takım sıkıntıları olabileceği düşünülmektedir.

DMMAC (A dedicated multi-channel MAC) (Lu vd., 2010) isimli protokol ile Lu ve arkadaşları IEEE 802.11p'ye alternatif bir yayım mekanizması sunmuşlardır. Bu şema ile taşıt ağlarında farklı trafik koşullarında güvenlik gerektiren uygulamalar için çarpışmasız ve gecikme kısıtlı iletim sağlayabilecek uyarlamalı bir yayım mekanizması (broadcast scheme) hedeflemişlerdir. IEEE 802.11p'ye benzer mimarideki bu yaklaşımda farklı olarak kontrol çevrimi, çekişme tabanlı rezervasyon periyodu ve uyarlanabilir yayım çerçevesi (ABF – Adaptive Broadcast Frame) olmak üzere iki kısımdan oluşmuştur. ABF periyodunda her taşıt bir zaman dilimini ana iletim kanalı olarak seçer ve bu kanal güvenlikle ilgili mesajların iletimi için rezerve edilir. Rezervasyon periyodunda, taşıtlar güvenlik gerektirmeyen uygulamalar için CSMA/CA ile kanal tahsisi yapar. Buradaki uyarlanabilir yayım çerçevesi tüm ağ boyunca aynı olmayıp, her taşıt komşularına göre dinamik olarak bu çerçevenin uzunluğunu belirlemektedir. Sunulan çalışma, yalnız düz bir yolda taşıt sayısının az olduğu bir trafik senaryosu ile sınırlandırılmış olup trafikteki hız farklılıkları, farklı trafik

yoğunlukları, farklı yönlerde hareket eden taşıtların sebep olabileceği erişim ve girişim çarpışmaları gibi konularda herhangi bir değerlendirmede bulunmamaktadır.

ACFM (An Adaptive Collision-Free MAC) (Guo vd., 2012), isimli protokol yol kenarı biriminin, ağı merkezi olarak yönettiği, uyarlanabilir ve zaman dilimi atama mekanizması kullanan çarpışmasız bir OEK protokolüdür. Çalışmada zamanlama kullanılarak, aktif taşıtlar için etkili bir zaman dilimi kullanımını garanti etmeyi amaçlamışlardır. Zaman çerçevelere bölünmüş ve her çerçeve sabit sayıda (37) zaman dilimine ayrılmıştır. Bu dilimlerden birisi YKB tarafından kapsama alanındaki taşıtlara kontrol mesajları göndermek için kullanılmaktadır. Diğer zaman dilimleri taşıtlar tarafından komşularına veri göndermek üzere kullanılmaktadır. Komşu bölgeler arasındaki girişimden sakınmak için aynı frekansın iki atlamalık mesafede kullanılmaması gerektiği belirtilmiştir. Kanal erişiminde adaleti sağlamak üzere bu protokole, çevrim uzunluğunu kısaltma ve uzatma özelliği eklenmiştir. ACFM protokolünün, ortalama gecikme ve paket kayıp oranlarında başarılı olduğu belirtilmiştir. Fakat tek bir frekans kanalı kullanmakta olup DSRC'nin 7 kanalını kullanmamaktadır. Ayrıca sadece periyodik mesajlaşma ile sınırlı yapısı güvenlik gerektirmeyen uygulamalar için uygun değildir.

VeMAC (Omar vd., 2013), çok kanallı, çekişmesiz ve TDMA tabanlı bir OEK protokolüdür. Taşıtların yol kenarı birimleri tarafından yönetildiği ve taşıtların farklı yönlere hareket edebildiği bir ağ senaryosu için öngörülmüştür. Farklı yönlere giden taşıtlara ve YKB'lere ayrık zaman dilimi ataması gerçekleştirilerek girişim çarpışmalarının önüne geçilmesi hedeflenmiştir. Her düğüm iki alıcı ile donatılmış olarak varsayılmış, bir alıcı kontrol kanalını dinlerken diğerinin başka bir servis için kullanılması öngörülmüştür. Ağın zaman eşitlemesi taşıtlarda varsayılan olarak bulunan GPS tarafından sağlanmaktadır. Birçok eşleniğinden farklı olarak, bu protokol DSRC'nin kanallarını kullanarak girişim ve erişim çarpışmalarını azaltabilmektedir. Protokolde, belirli bir yöne doğru giden taşıtlara ayrılan zaman dilimi bittiğinde yeni gelen düğüm karşı yönden gelen taşıtlara ayrılmış olan zaman dilimlerini almaya çalışabilmektedir ve ağda çeşitli problemlere sebep olabilmektedir.

CFR-MAC (Zou vd., 2014) yaklaşımı ile yazarlar girişim çarpışması problemini giderip, çarpışmasız kanal erişimi sağlamayı hedefleyen rezervasyon tabanlı bir OEK protokolü önermişlerdir. Protokol, TDMA tabanlı olup, zamanlama mekanizması VeMAC'ı esas almaktadır. Her çerçeve farklı yönlere giden taşıtlara atanmak üzere iki farklı zaman dilimi setine bölünmüştür. Farklı hızlarda hareket edildiğinde girişim olabileceğinden, problemin çözümü için her zaman dilimi seti, üç farklı hız aralığını belirtmek üzere üç alt kümeye bölünmüştür. Protokolün, erişim gecikmelerini ve çarpışmaları önemli ölçüde azalttığı belirtilmiştir. Kontrol kanalındaki güvenli mesajlaşmada, girişim ve çarpışmaların azaltıldığından bahsedilmekte olup güvenlik gerektirmeyen uygulamalardaki başarımı hakkında bilgi verilmemiştir. Ayrıca TDMA ile zaman dilimlerine bölünen kanallarda VeMAC'e benzer olarak, çok yoğun ağ trafiğinde boş zaman dilimi kalmaması durumunda düğümler tarafından karşı yöne ait zaman dilimlerinin kullanımına teşebbüsün söz konusu olabileceği düşünülmektedir.

DA-CMAC (Direction Aware Cluster-Based Multi-Channel MAC) (Sidhik, vd., 2015) protokolü ile yazarlar taşıt ağları için yön tabanlı kümeleme yapabilen, çok kanallı bir OEK protokolü önermişlerdir. Çalışmada aynı yöne giden taşıtların gruplanarak bir küme halinde kontrol edilmesi ve her küme için bir küme başı atanarak eşgüdümün sağlanması hedeflenmiştir. Protokol, taşıtların hareket yönüne göre zaman dilimlerini iki gruba

ayırarak kanal içerisinde erişim ve girişim çarpışmalarını azaltmayı hedeflemektedir. Kanal erişiminde adaleti sağlamak üzere düğümlere hem kontrol kanalında hem de servis kanalında bir zaman dilimi atanmaktadır. Benzetim sonuçlarına göre paket iletim oranının arttığı ve çarpışmaların azaldığı belirtilmesine karşın hareketli taşıtların hızları 40 km/s civarında kabul edilmiştir. Bu hız değerinin gerçek bir otoyol senaryosunda daha fazla olduğu düşünülmekte ve daha yüksek hızlarda aynı kararlılık ile çalışamayacağı öngörülmektedir.

İncelenen söz konusu protokoller ile ilgili karşılaştırma sonuçları tablo 2'de sunulmuştur.

Tablo 2. Karasal taşıt ağı OEK protokolleri

	ADHOC MAC	**VESoMAC**	**CB MAC**	**CBM MAC**	**SOFT MAC**	**DM MAC**	**ACFM**	**VE MAC**	**CFR MAC**	**DA CMAC**
Kanal Durumu	Tek	Çok	Tek	Çok	Tek	Çok	Tek	Çok	Tek	Tek
Erişim Yöntemi/ leri	TDMA	TDMA	TDMA	Melez	Melez	CSMA/ TDMA	TDMA/ FDMA	TDMA	TDMA	TDMA
Çarpışma	Var	Var	Yok	Yok	Var	Var	Yok	Yok	Yok	Yok
Ağ Tipi	Çok Yoğun	Az Yoğun	Az Yoğun	Az Yoğun	Az Yoğun	Normal	Çok Yoğun	Çok Yoğun	Çok Yoğun	Çok Yoğun
Uygulama Türü	Çoklu Ortam	Çoklu Ortam	Çoklu Ortam	Gerçek zamanlı/ Çoklu Ortam	Gerçek zamanlı/ Çoklu Ortam	Gerçek Zamanlı	Gerçek Zamanlı	Gerçek zamanlı/ Çoklu Ortam	Gerçek zamanlı	Gerçek zamanlı
Eş zamanlama Türü	GPS	Zaman	Bilgi Yok	Zaman	GPS	Zaman	GPS	GPS	GPS	Bilgi Yok

Sonuç ve Değerlendirme

Literatür çalışmalarından da görüldüğü üzere KTA için önerilmiş birçok çekişmeli, çekişmesiz ve melez protokol bulunmakla birlikte bu protokollerin hemen hepsi, hareketlilik durumları, coğrafik durum, trafik yoğunluğu, taşıt hızları gibi özel trafik senaryoları için geliştirilmiş oldukları ve bazı özel görevler üzerine yoğunlaştıkları görülmektedir. Önerilmiş protokollerin birçoğu sadece TDMA tabanlı, bir kısmı tek kanallı, bir kısmı ise birkaç mekanizmayı birlikte bulunduran melez yapıyı kullanmaktadır. Genellikle KTA'ların karakteristik özelliği ve zorluğu olan düğümlerin hızlı hareketi dolayısıyla ortaya çıkan girişim, çarpışma, ağ ile iletişimin kopması gibi problemlerin her birinin ayrı ayrı çözümü için bu yöntemler ve içerdikleri değişik yaklaşımlar, bazı uygulamalarda tek başına bazılarında ise birlikte kullanılmıştır.

Her ne kadar geniş bir yelpazedeki uygulamaları destekleyebilecek, taşıt ağlarındaki birçok probleme ve zorluğa dayanıklı protokoller önerilmiş olsa da gerçekte hiçbir çözüm, tüm olumsuzlukları gideren etkili, verimli ve tüm senaryolarda çalışan yapıda değildir. Bu tip ağlarda genellikle kullanılan teknik, tek başına tüm bu gereksinimleri karşılamamakta, bütün gereksinimleri karşılayacak teknikleri birlikte kullanmak durumunda ise protokolün sunduğu verimlilik ve etkinlik konusunda sıkıntılar yaşanmaktadır. Literatürdeki protokollerde genel yaklaşım bilinen bir veya birkaç problemi çözmeye çalışmak, sınırlı trafik senaryolarını ele almak veya birkaç uygulama türünü desteklemek olarak gözlemlenmiştir. Bu açılardan tüm sorunları çözen bir protokol

yerine en çok problemi çözen protokoller uygulamada öne çıkmaktadır.

Ağdaki QoS gereksinimlerini iyileştirmek, gerçek zamanlı iletime katkı sağlamak, iş başarımı ve kanalın verimli kullanımını artırmak üzere bu tip ağlarda OEK tarafında çalışmalar halen sürmektedir.

Bu bağlamda, yeni geliştirilecek olan OEK protokollerinde, bahsedilen bu parametreler dikkate alınması durumunda literatüre ve uygulamaya olumlu yönde katkı sağlayacak protokollerin ortaya çıkmasının mümkün olacağı öngörülmektedir.

Kaynaklar

Abdalla, G. M., Abu-Rgheff, M. A., & Sidi-Mohammed Senouci. (2009). Space-Orthogonal Frequency-Time medium access control (SOFT MAC) for VANET. In *2009 Global Information Infrastructure Symposium* (pp. 1–8). IEEE. https://doi.org/10.1109/GIIS.2009.5307071

Al-Sultan, S., Al-Doori, M. M. M., Al-Bayatti, A. H., & Zedan, H. (2014). A comprehensive survey on vehicular Ad Hoc network. *Journal of Network and Computer Applications*, *37*, 380–392. https://doi.org/10.1016/j.jnca.2013.02.036

Bi, J. (2009). Research on Vehicular Ad Hoc Networks. *2009 Chinese Control and Decision Conference*, 4430–4435. https://doi.org/10.1109/CCDC.2009.5192343

Borgonovo, F., Capone, A., Cesana, M., & Fratta, L. (2002). RR-ALOHA, a Reliable R-ALOHA broadcast channel for ad-hoc inter-vehicle communication networks. *First Annual Mediterranean Ad Hoc Networking Workshop (Med-Hoc-Net 02)*, (January), 1–5. https://doi.org/10.1.1.58.8020

Borgonovo, F., Capone, A., Cesana, M., & Fratta, L. (2003). ADHOC: A new, flexible and reliable MAC architecture for ad-hoc networks. *IEEE Wireless Communications and Networking Conference, WCNC*, *2*, 965–970. https://doi.org/10.1109/WCNC.2003.1200502

Brenner, B. P. (1997). A Technical Tutorial on the IEEE 802 . 11 Protocol Director of Engineering.

Dang, D. N. M., Dang, H. N., Do, C. T., & Hong, C. S. (2014). HER-MAC: A Hybrid Efficient and Reliable MAC for Vehicular Ad hoc Networks. In *28th International Conference on Advanced Information Networking and Applications* (pp. 186–193). https://doi.org/10.1109/WCNC.2013.6554589

Gillani, S. A., Shah, P. A., Qayyum, A., & Hasbullah, H. B. (2014). MAC Layer Challenges and Proposed Protocols for Vehicular Ad-hoc Networks. In *Vehicular Ad-hoc Networks for Smart Cities* (Vol. 306, pp. 3–13). springer. https://doi.org/10.1007/978-981-287-158-9

Guo, W., Huang, L., Chen, L., Xu, H., & Xie, J. (2012). An Adaptive Collision-Free MAC protocol based on TDMA for Inter-Vehicular communication. In *Wireless Communications Signal Processing (WCSP), 2012 International Conference on* (pp. 1–6). Huangshan: IEEE. https://doi.org/10.1109/WCSP.2012.6542833

Günter, Y., Wiegel, B., & Großmann, H. P. (2007). Cluster-based medium access scheme for VANETs. In *IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems, Proceedings, ITSC* (pp. 343–348). Seattle, WA: IEEE. https://doi.org/10.1109/ITSC.2007.4357651

Hadded, M., Muhlethaler, P., Laouiti, A., Zagrouba, R., & Saidane, L. A. (2015). TDMA-Based MAC Protocols for Vehicular Ad Hoc Networks: A Survey, Qualitative Analysis, and Open Research Issues. *IEEE COMMUNICATION SURVEYS & TUTORIALS*, *17*(4), 2461–2492.

Hang Su, & Xi Zhang. (2007). Clustering-Based Multichannel MAC Protocols for QoS Provisionings Over Vehicular Networks. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, *56*(6), 3309–3323. https://doi.org/10.1109/TVT.2007.907233

Hartenstein, H., & Laberteaux, K. P. (2008). A tutorial survey on vehicular ad hoc networks. *IEEE Communications Magazine*, *46*(6), 164–171. https://doi.org/10.1109/MCOM.2008.4539481

Kenney, J. B. (2011). Dedicated short-range communications (DSRC) standards in the United States. *Proceedings of the IEEE*, *99*(7), 1162–1182. https://doi.org/10.1109/JPROC.2011.2132790

Khilar, P. M., & Bhoi, S. K. (2014). Vehicular communication: a survey. *IET Networks*, *3*(3), 204–217. https://doi.org/10.1049/iet-net.2013.0065

LAN/MAN Standards Committee. (2010). IEEE Std 802.11p-2010 IEEE Standart for Information Technology. *IEEE Computer Society*.

Lu, N., Ji, Y., Liu, F., & Wang, X. (2010). A dedicated multi-channel MAC protocol design for VANET with adaptive broadcasting. *IEEE Wireless Communications and Networking Conference, WCNC*, (2008). https://doi.org/10.1109/WCNC.2010.5506242

Omar, H. A., Zhuang, W., & Li, L. (2013). VeMAC: A TDMA-based MAC protocol for reliable broadcast in VANETs. *IEEE Transactions on Mobile Computing*, *12*(9), 1724–1736. https://doi.org/10.1109/TMC.2012.142

Shukla, N., Katiyar, P., Devgan, N., Kumar, N., & Dinker, A. G. (2014). Comparison of the MAC Protocols in Vehicular Ad-Hoc Network. *International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering*, *3*(5), 9543–9548.

Sidhik, A., Mammu, K., Hernandez-jayo, U., & Sainz, N. (2015). Direction Aware Cluster-Based Multi Channel MAC Protocol For Vehicular Ad Hoc Networks. In *Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications (WiMob)* (pp. 549–556). Abu Dhabi: IEEE. https://doi.org/10.1109/WiMOB.2015.7348010

Tanuja, K., Sushma, T. M., Bharathi, M., & Arun, K. H. (2015). A Survey on VANET Technologies. *Internetional Journal of Computer Applications(0975 - 8887)*, *121*.

Yu, F., & Biswas, S. (2007). A Self Reorganizing MAC Protocol for Inter-vehicle Data Transfer Applications in Vehicular Ad Hoc Networks. In *10th International Conference on Information Technology (ICIT 2007)* (pp. 110–115). Orissa: IEEE. https://doi.org/10.1109/ICIT.2007.28

Zou, R., Liu, Z., Zhang, L., & Kamil, M. (2014). A Near Collision Free Reservation based MAC Protocol for VANETs. In *IEEE WCNC* (Vol. 2, pp. 1538–1543). Istanbul: IEEE.

A Review on Media Access Control Protocols Developed for Terrestrial Vehicular Networks

Extended abstract

Nowadays, Terrestrial Vehicular Networks (TVN) are referred as networks of mobile vehicles that include wireless local area technologies between vehicle – vehicle and vehicle – infrastructure on highways or urban areas. It is possible to talk about valuable benefits of these networks such as accident prevention, increasing in road and transport safety and contributing to traffic efficiency in vehicle traffic. It is a known fact that one of the most important and determining factors in the performance and efficiency of a vehicle network is MAC which have an important place in the network organization.

In terrestrial vehicle networks, MAC (Media Access Control) protocols are one of the most effective components in a vehicle network to ensure that nodes can use the communications environment fairly, communicate quickly and on time, and send information to each other collision-free and lossless. For this purpose, many MAC protocols (Ad-Hoc MAC, VeSOMAC, CBMAC, CBMMAC, DMMAC, ACFM, etc.) have been designed in the field of terrestrial vehicle networks and still different protocol design studies are continuing for provide quality parameters.

The MAC protocols in the literature are generally classified into 3 types as contention-based, delay-constrained / contention-free and hybrid MAC protocols. According to the type of problem, researchers have work on one of these MAC types, but as seen from the literature research they are studying on hybrid protocols more than others.

The main goals of this study is to examine the MAC protocols proposed as solutions to various problems such as collision, interference, connection and data loss that occur in these networks, to give ideas about the missing aspects by making comparisons between these MAC protocols and being a guide for researchers who is going to do new MAC studies.

Almost all of these protocols have been developed for specific traffic scenarios such as mobility, geographical situation, traffic intensity, vehicle speeds, and seem to focus on some specific tasks. Many of the proposed protocols only TDMA-based, some with one channel, and some with a hybrid structure which use several mechanisms together.
Workings on MAC side is continuing to improve quality parameters in the network, to provide contribution to real-time transmission, to improve performance and efficient use of the channel.

In this context, it is anticipated that if these parameters are taken into account in the newly developed protocols it will be effect positively.

As a result in this study, we examined many various MAC protocols which are active in the data link layer and acted in the network organization. In addition we have proposed what should be done when designing an effective MAC protocol by taking into account the good and the poor aspects of these protocols.

Keywords: *Vehicular Networks, Medium Access Control Protocol, Vanet efficiency*