GSM-R: Demiryolu İletişimi ve Uygulamaları için Uluslararası Kablosuz İletişim Standardı

Mehmet Yunus Dönmez

Netaş Telekomünikasyon AŞ.,İstanbul

ydonmez@netas.com.tr

Özet: Bu bildiride dünyanın gelişmiş demiryolu ağlarının iletişim altyapısının ve Avrupa Demiryolu Trafiği Yönetim Sisteminin (ERTMS) iletişim teknolojisi olarak kullanılmakta olan, Türkiye'de de modernleştirme ve hızlı trene dönüşüm aşamasında yeni yeni kullanılmaya başlanmakta olan GSM-R (Global System for Mobile Communications - Railway) teknolojisi tanıtılacaktır. Demiryolu iletişim teknolojilerinin devrimsel bir değişiklikle analog çağdan sayısal çağa geçmesi sonucunda GSM standardının güncel demiryolları ihtiyaçlarına yönelik olarak geliştirilmesi ve özelleştirilmesi sonucu ortaya çıkan bu teknoloji Avrupa Telekomünikasyon Standartları Enstitüsü (ETSI) tarafından uluslararası bir kablosuz iletişim standardı ile tanımlanmıştır. Bu kapsamda sistemin genel özellikleri tanıtılacak ve dünyanın öncü GSM-R firmalarından Kapsch'ın MSC santrali üzerinde Netaş Telekomünikasyon AŞ tarafından yapılan geliştirme çalışmaları ile ilgili bilgiler verilecektir.

Anahtar Sözcükler: GSM-R, demiryolu iletişimi, standart.

GSM-R: An International Wireless Communication Standard for Railway Communication and Applications

Abstract: In this article, we will introduce the GSM-R (Global System for Mobile Communications - Railway) technology, which is being used as the communication technology in the communication infrastructure of the European Rail Traffic Management System (ETRMS) and developed railway networks throughout the world and is newly being used in Turkey as a part of modernization and migration to the high-speed train systems. With the revolutionary change in the railway communication technologies bringing them from analog to digital era, the GSM-R system, which has emerged as a result of the improvements and specialization of the GSM standard for the recent needs of the railway systems, has been defined as an international wireless communication standard by the European Telecommunications Standards Institute (ETSI). In this context, we will introduce the general properties of the system and will introduce the ongoing developments tasks performed by Netaş Telekomünikasyon AŞ on the MSC device manufactured by Kapsch which is one of the leading GSM-R companies throughout the world.

Keywords: GSM-R, railway communication, standard.

1. Giriş

İletişim teknolojileri, kullanıldıkları sistemin boyutları, uzun mesafeler, yüksek sayıda çalışan, yolcu ve bunların devamlı hareketliliği gibi sebeplerden dolayı demiryolları sistemlerinde her zaman çok önemli bir görev üstlenmişlerdir [1]. Demiryolu taşımacılığında performansın artırılması için kullanılan telekomünikasyon teknolojisinin verimli çalışıyor olması kaçınılmazdır. Örneğin, trenlerin yer bilgilerinin kesin ve gerçek zamanlı olarak edinilebilmesi, aynı hat üzerinde daha çok sayıda trenin işletilebilmesine olanak sağlamaktadır.

Gelişmiş demiryolları ağlarının sürekli değişen ve artan ihtiyaçları iletişimin iyileştirilmesinin devamlı olmasını zorunlu kılmaktadır. Demiryolu personeli arasında güvenilir bir iletişim kurulmasının yanı sıra günümüzde lokomotif içinden devamlı radyo sinyalleşmesi sağlanması trenlerin daha hızlı işletilebilmesi, hat üzerinde kapasite arttırımı ve tren hareketlerinin devamlı denetim altında tutulması gibi ihtiyaçların karşılanması açısından önemli hale gelmiştir. Ayrıca, uluslararası ağlarda kullanılan ortak iletişim standardları sınır ötesi tren seferlerinin kesintisiz yapılabilmesini sağlamaktadır [2]. Analog ses tabanlı haberleşme ve klasik sinyalizasyon sistemlerinden sayısal tabanlı birleşik sistemlere geçişte tüm bu unsurlar etkin rol oynamaktadır.

Günümüzün sayısal tabanlı demiryolu sistemlerinden Avrupa Demiryolu Trafiği Yönetim Sisteminin (ERTMS) iletişim teknolojisi olarak kullanılmakta olan GSM-R (Global System for Mobile Communications - Railway) Avrupa Telekomünikasyon Standardları Enstitüsü (ETSI) tarafından tanımlanmış olan demiryolları iletişimi ve uygulamalarına yönelik uluslararası bir kablosuz iletişim standardıdır. Tren ve trenyolu düzenleme - kontrol merkezleri arasındaki iletişimde kullanılmaktadır. Sistem GSM standardı ile Uluslararası Demiryolları Birliği (UIC) tarafından başlatılan ve 500 km/saat'e kadar olan hızlarda iletişim kopukluğu olmadan başarım garantisi veren EIRENE (European Integrated Railway Enhanced Network) - MORANE (MObile radio for RAilway Networks in Europe) projelerinde belirlenen tanımlamalar üzerine inşa edilmiştir [3].

Bildirinin ikinci bölümünde GSM-R sisteminin tarihçesi tanıtılamıştır. Üçüncü bölümde GSM-R sisteminin genel özellikleri tanıtılmıştır. Dördüncü bölümde Netaş Telekomünikasyon A.Ş. bünyesinde yapılmakta olan GSM-R geliştirmelerinden bahsedilmiştir. Son bölümde sonuç bölümü yer almaktadır.

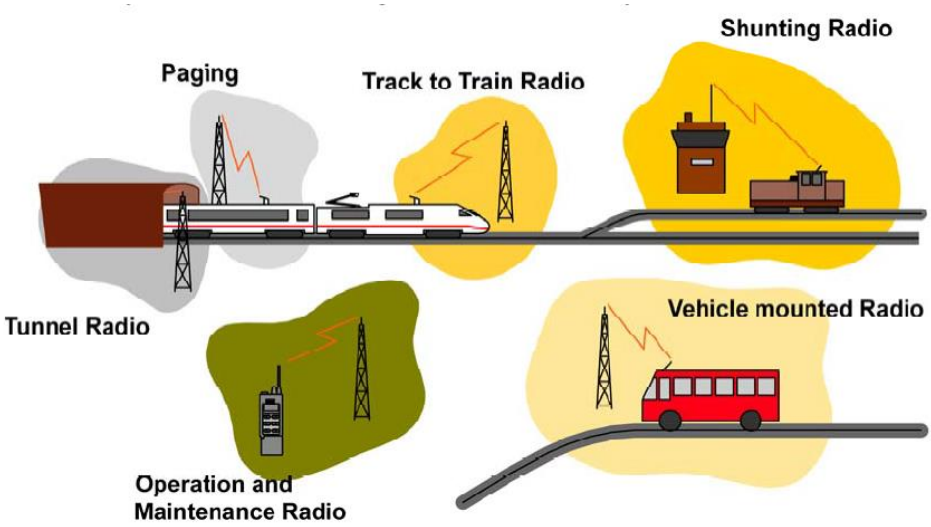
2. GSM-R tarihçesi

1985 ile 1989 yılları arasındaki çalışmalarının neticesinde UIC Radyo Frekans Grubu, gelecekteki demiryolu ihtiyaçları doğrultusunda giderek artan güvenli frekanslara olan ihtiyacı göz önünde bulundurarak Avrupa frekans Komitesi (CEPT) ile demiryollarına özel bir GSM bandının tahsis edilmesi için görüşmelere başlama kararı almıştır. Bu seçim kriterinin kaynağı olan ana hedeflerden biri kendini kanıtlamış, piyasada kullanılan hazır ticari ürünleri olan bir sistemin mümkün olan en az değişiklikle kullanılabilmesi olmuştur. Bu sebeple ihtiyacın belirdiği dönemde ticari olarak kullanılmakta olan ve ürünlerin geliştirildiği tek teknoloji olan GSM sisteminin kullanılmasına karar verilmiştir.

GSM tek başına verimli bir demiryolu hizmeti sağlayabilmek için gerekli olan bütün isterleri sağlayamadığı için Gelişmiş Konuşma Çağrı Öğeleri (ASCI) adı verilen özelliklerin belirlenmesi ve tanımlanması gerekmiştir. CEPT'e yapılan frekans talebi sonucunda GSM bandından 4 MHz'lik bir radyo frekans spektrumunun ayrılarak bu spektrumun sadece demiryolu kullanımına tahsis edilmesi önerilmiştir. Daha sonra ulusal frekans otoritelerinin 2005 yılına kadar özellikle askeri alanda kullanılmakta olan bu spektrumu boşaltmalarına karar verilmiştir.

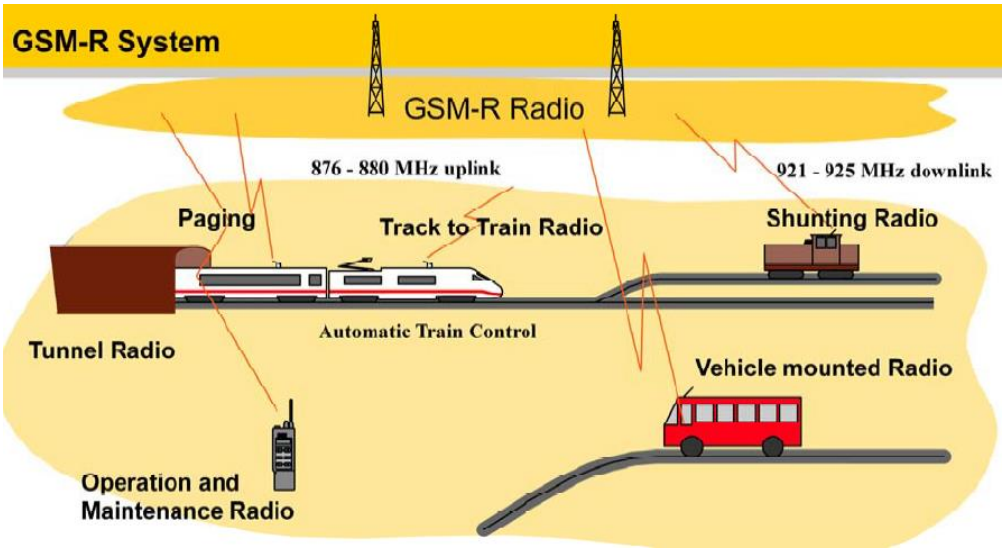
GSM altyapısının kulanılması kararının devamında UIC 1992 yılında Avrupa Birliği ve demiryolu işletmeleriyle EIRENE adı verilen projeyi başlatmıştır. Bu projenin amacı demiryollarının ihtiyaçlarını karşılayan ve ülke sınır geçişlerinde uyumluluk sağlayan mobil ağlar için fonksiyonel ve teknik isterlerin belirlenmesi olmuştur. Projede komşu demiryolu ağları içinde ve arasında gelecekte sınır geçişlerinde kesintisiz demiryolu servisleri sağlayacak olan operasyonel iletişim servisleri için gerekli isterler tanımlanmıştır.

1995 yılında EIRENE şartnamesinin ilk taslağı tamamlanmıştır. Bu şartnamenin

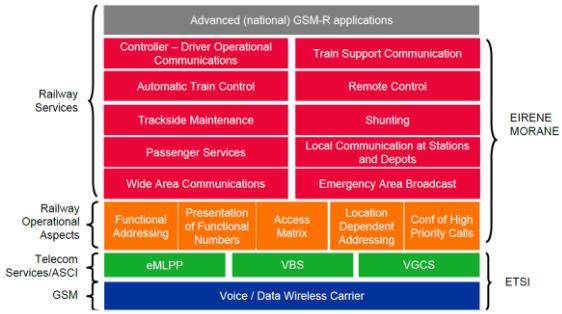


Şekil 1. GSM-R öncesi tren iletişim teknolojileri

teknik uygulanabilirliğinin doğrulanması amacıyla 1995 yılında UIC, Fransa, İtalya, Almanya demiryolları işletmeleri, AB ve GSM-R'ı desteklemek isteyen GSM firmalarının dahil olduğu MORANE (Mobile oriented Radio Network) isimli proje başlatılmıştır. MORANE için ilk pilot bölgeler Floransa – Arezzo hattı, Stuttgart – Mannheim hattı ve Paris banliyö bölgesidir. Bu bölgelerde ağ bileşenlerinin ve ilgili mobil donanımın kurulduğu ve birbirinden bağımsız çalışan ağlar kurulmuş, ASCI özelliklerinin çalışabilirliği doğrulanmıştır. 1997 yılında 37 ülkenin demiryolu işletmeleri tarafından UICnin hazırlamış olduğu Mutabakat Zaptı imzalanmıştır. Bu zapta göre demiryolları işletmeleri artık analog telsiz haberleşme sistemlerine yatırım yapmayacaklarını, yatırımlarını sadece GSM-R sistemine yapacaklarını taahhüt etmişlerdir. Ayrıca 17 ülke tarafından imzalanan Uygulama Anlaşmasına göre ülkeler en geç 2003



Şekil 2. GSM-R sonrası tren iletişim teknolojileri



Şekil 3. EIRENE GSM-R servisleri

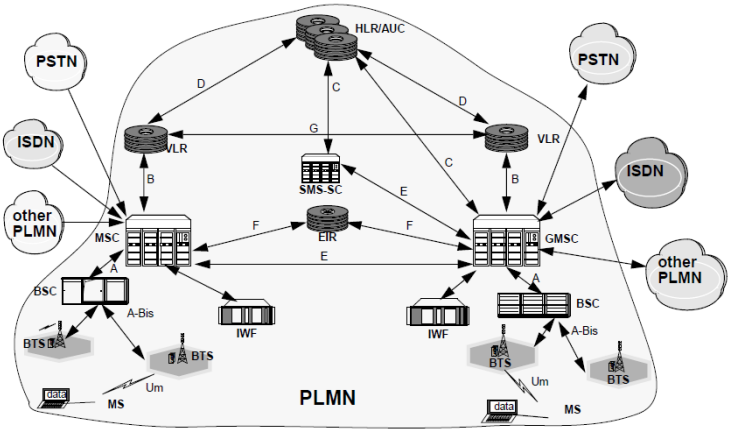
yılından itibaren GSM-R uygulamasına başlama taahhüdü vermişlerdir. EIRENE şartnamesi ve MORANE projeleri 2000 yılında tamamlanmıştır. [4]

3. GSM-R özellikleri

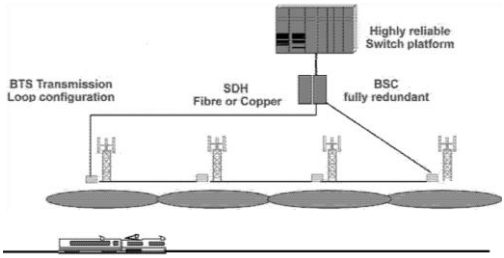
Avrupa Demiryolu Trafiği Yönetim Sisteminin (ERTMS) iletişim teknolojisi olarak kullanılmakta olan GSM-R sistemi EIRENE şartnamesi sonrasında farklı Avrupa ülkelerinde kurulmuş bulunan yerel demiryolu haberleşme altyapılarının standardizayonunu sağlamıştır. Şekil 1'de görüldüğü gibi tünel iletişimi, katar ve tren yönetim ve makinist haberleşmesi, işletme ve bakım haberleşmesi, demiryolu-tren iletişimi ve araca takılı iletişim sistemleri GSM-R öncesi birbirinden bağımsız ve beraber çalışamayan haberleşme sistemleriyle sağlanırken UIC Mutabakat Zaptı sonrası bu sistemler GSM-R teknolojileriyle yer değiştirmiştir. GSM-R sistemi sayesinde demiryollarındaki tüm ulaştırma unsurları tek bir frekans aralığında iletişim kurabilmektedir (Şekil 2). Farklı Avrupa ülkelerinde aynı amaç için farklı iletişim sistemleri kullanıldığı için sınır geçişlerinde karşılaşılan iletişim sorunları da GSM-R sonrasında aşılmıştır.

GSM-R bandı GSM bandının başlangıcında yer alan tamamı bitişik ve tamamı 19 kanal olan toplam 4 MHzlik bant genişliğinde bir frekans spektrumundan oluşmaktadır. 876-880 MHz aralığında uplink ve 921-925 MHz aralığında downlink bağlantı sağlamaktadır. GSM standardında 65°-360°lik antenlerle geniş bir alanın kapsanması ön plandayken GSM-R sistemlerinde 20°-65°lik antenlerle hattın çizgisel kapsanması ön plandadır. GSM sistemleritemel ses ve veri servislerine odaklanırken GSM-R sistemleri 2000 yılında kabul edilen EIRENE-MORANE projelerinde tanımlanan ileri ses servisleri, grup çağrıları, acil durum çağrıları, fonksiyonel adresleme, mekan bazlı adresleme ve öncelikli çağrılar gibi servislere odaklanmıştır. Bu projeler dahilinde tanımlanan bütün GSM-R servisleri Şekil 3'te gösterilmiştir.

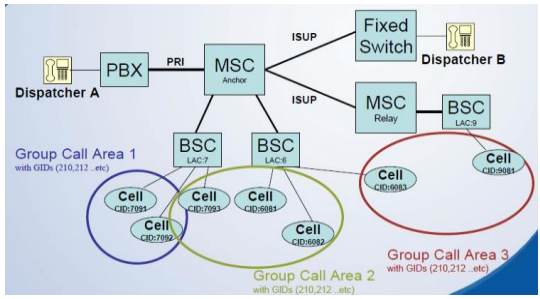
Kullanılan frekans özellkleri temelde GSM frekanslarına benzemektedir. Kullanılan



Şekil 4. GSM/GSM-R ağ mimarisi



Şekil 5. GSM-R radyo kapsama alanı



Şekil 6. VGCS ve VGS çağrı grupları

modülasyon tipi GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying) modülasyonudur. Kanal içi iletişim TDMA (Zaman bölmeli çoklu erişim) yoluyla gerçekleşmektedir. Veri iletimi her fiziksel kanal için periyodik TDMA çerçeveleri (4.615 ms periyod) kullanılarak gerçekleşmektedir. Her TDMA çerçevesi 8 adet zaman yarığından oluşmaktadır (mantıksal kanallar). Her mantıksal kanal ise 577 mikrosaniye ve 148 bit veri uzunluğundadır. GSM-R standardı ve ürünleri GSM standardı baz alınarak geliştirildiği için sistem bileşenleri ve mimarisi GSM sistem mimarisi ile aynıdır (Şekil 4).

2000 yılında kabul edilen EIRENE şartnamesinde:

- 500 km/saat hıza kadar tünel içleri dahil olmak üzere devamlı bağlantı (%99.99 ulaşılabilirlik. Kablolama ve ağ anahtar mimarisi için bkz. Şekil 5)
- Rx seviyesi -95 dBm'den, yüksek hızlı trenlerde ise -92 dbm'den daha iyi
- Handover kesintisi en çok 300 ms
- Konuşma gecikmesi max 90 ms
- Mil başına düşürülen handover sayısı < 5
- Bütün servislerin güvenilirliği yüzde yüze yakın
- Farklı önceliklendirme stratejileri
- İstasyonlarda ve servis binalarında kapsama
- Çağrı kurulmasının belirlenmiş bir süre içerisinde tamamlanması

gibi farklı servis kalitesi isterleri tanımlanmıştır.

Aynı şartnamede GSM standardı üzerine eklenti olarak kullanılacak olan ASCI adı verilen özellikler tanımlanmıştır. ASCI özellikleri üç gruba ayrılmaktadır:

- VBS (Voice Broadcast Service/Sesli Duyuru Servisi): Tek taraflı bir konuşma servisidir (Şekil 6). Bir grup veya bütün servis abonelerine ses yayını servisidir. VBS kaynağı full duplex kanaldan konuşur. Çağrıyı alanlar simplex kanaldan çağrıyı dinler. Frekans verimliliği için her VBS grup çağrı alanındaki her hücrede VBS çağrı dinlemeleri için tek bir simplex kanal tanımlanmıştır.
- VGCS (Voice Group Call Service/Sesli Grup Çağrı servisi): Bas konuş çağrı servisidir (Şekil 6). Bir grup servis abonesinin önceden belirlenmiş servis alanında kendi aralarında konuşma servisidir. Tüm VBS hizmetleri ve fonksiyonları bu çağrı hizmeti türünde geçerlidir. Her abone başka bir aboneden kanal alabilmektedir. Servis içindeki sevk-idare memurlarına her zaman konuşabilme hakkı verilmiştir. Diğer aboneler ise önce sinyalleşerek konuşma izni almaktadır.
- eMLPP (Enhanced Multi-Level Precedence and Preemption/İleri Çok Seviyeli Öncelik ve Çağrı Üstünlüğü): Noktadan noktaya haberleşme, VBS ve

VGCS servislerinde kullanılmaktadır. Önceliklendirme kullanarak ağ sıkışıklığını önler. 2 kısımdan oluşur. İlk olarak handover durumunda çağrıya daha yüksek öncelik atanır. İkinci olarak yüksek öncelikli çağrılara kaynak yokluğunda düşük öncelikli çağrıların kaynaklarını ele geçirme izni verilir. 5 çeşit öncelik sınıfı tanımlanmıştır: 0-Demiryolu acil durum, 1-Kontrol komutları, 2-İşletme ve kamusal acil durum, 3-Demiryolu işletme çağrıları, 4-Demiryolu bilgisi ve diğer çağrılar.

4. Netaş GSM-R geliştirmeleri

GSM-R teknolojisi Türkiye için yeni bir teknolojidir. Demiryolu ağı genişledikçe ve hızlı tren sistemleri gibi modern ulaşım sistem altyapıları daha çok bölgeye yayıldıkça GSM-R'a olan ilginin de giderek artması öngörülmektedir. Türkiye çapında GSM-R sistem geliştirmeleri için bir araya getirilmiş bir yerli ArGe ekibi bulunmamaktadır. Bu nedenle Netaş Telekomünikasyon A.Ş. bünyesinde kurduğu ArGe Merkezinde yeni nesil kablosuz ağlar (GSM/GSM-R) ile ilgili araştırma ve geliştirmeler yapan uzman bir ekip kurmuştur. 2012'den bu yana GSM/GSM-R çekirdek ağında yer alan bileşenler üzerinde geliştirmeler yapan bu ekip, merkezi Avusturya'da bulunan ve GSM-R sektöründe %58 pazar payıyla dünyada lider olan Kapsch firması adına MSC santralleri, HLR veritabanları ve MSC-BSC arasında yer alan A-arayüzü üzerinde geliştirmeler yapmaktadır (Şekil 4).

Netaş bünyesinde yapılan ve yapılmakta olan GSM-R geliştirmeleri aşağıda listelenmiştir:

- Grup çağrılarında AMR ve EFR kodeklerinin desteklenmesi
- BSS tarafından grup çağrılarının yeniden kurulması

- Grup çağrılarında kısa mesaj (SMS) gönderilmesi
- A-arayüzünde link ve devre paylaşımı
- Grup çağrılarında operasyonel ölçümlerin (OM) sağlanması
- MSC ve HLR üzerinde SMS-MT-CSI desteği sağlanarak SMS mesajlarının dağıtılmasında IN kontrolü desteğinin mümkün kılınması

- GSM-R'da SIP trank desteği
- Grup çağrılarında sevk idare memuru bağlantı sayısının 5'ten 35 adete çıkartılması.
- HLR sürümler-arası karşılıklı eşleşme haberleşmesinin sağlanması
- Ağ geçidiyle olan H.248 bağlantısında "3GPP trace package" desteği
- IP QoS istatistiklerinin raporlanması
- Grup çağrılarında RANFlex ve Coğrafi yedekleme desteği
- AoIP (A over IP: A-arayüzünün IP haberleşme altyapısının sağlanması) ön çalışmaları ve geliştirmeleri

Proje kapsamında PROTEL2 programlama dili kullanılmıştır. Testler CATT ve GAP benzetim araçları ile gerçekleştirilmektedir. Gerekli durumlarda gerçek ekipman ile testler Avusturya'daki Kapsch laboratuvarlarında yapılmaktadır.

Netaş Kasch'ın bir çözüm ortağı olarak, Kasch'ın Türkiye, Orta Doğu ve Asya projelerine dahil olmaktadır. Ayrıca son olarak Kapsch firmasının ihalesini kazandığı, bu yıl sona erecek olan ve 3 yıl süren Deutsche Bahn (Alman Demiryolları) GSM-R altyapısının 3GPP Sürüm 4'e göre modernizasyonu projesinde çözüm ortağıdır. Deutsche Bahn en yeni standardları ve sürümlerini yakından takip eden ve dünyada ilk olarak geliştiren en modern demiryolu işletmesidir ve bu projede çözüm ortağı olmak stratejik açıdan önem taşımaktadır.

5. Sonuç

ERTMS demiryolu sisteminin haberleşme altyapısı olarak kabul edilen GSM-R sistemi, ETSI tarafından standardlaştırılmasını takiben bütün dünyada kabul edilmeye başlanmış, Asya, Afrika, Avustralya ve Güney Amerika'da da kullanılmaya başlanmıştır. 2016 sonunda Kuzey Amerika kıtası hariç dünyanın büyük bölümünde sistemin kullanımına geçilmiş olacaktır. Kuzey Amerika kıtası ise alternatif hücresel sistemleri kullanmakta olduğu ve GSM adaptasyonunu çok geç tamamlayabildiği için GSM-R adaptasyonunun da 2016 sonrasında olması öngörülmektedir. Bu bildiride ülkeler arası demiryolu iletişimini tek bir standarda bağlayan ve kesintisiz hizmet sağlayan GSM-R sistemi tanıtılmıştır. Ülkemizdeki ilk ve tek yerli GSM-R ArGe ekibini kuran Netaş Telekomünikasyon A.Ş. bünyesinde yapılan GSM-R geliştirmeleri konusunda da bilgi verilmiştir.

6. Kaynaklar

[1] Aleksander Sniady, A. and Soler, J.,"An overview of GSM-R technology and its shortcomings ", **Proceedings of the International Conference on ITS Telecommunications**, 626-629 (2012).

[2] Winter, P., "Compendium on ERTMS", **Eurail Press**, (2009)

[3] GSM-R, http://en.wikipedia.org/wiki/GSM-R, 2014

[4] Pushparatnam, L., Taylor, T., Mandoc, D.,Konrad, K., "GSM-R Implementation and Procurement Guide", **UIC (International Union of Railways) Press**, Paris, 2009.

[5] Hofestadt, H., "Gsm-R: Global System for Mobile Radio Communications for Railways", **Proceedings of Electric Railways in a Uniited Europe**, 111-115, 1995.