Demiryolu Mühendisliği Dergisi
2018, 18 (2): 6-12
Makale Türü: Not (Hakemsiz)

ETCS (European Train Control System) Seviye 3

Sinan KÜÇÜK

TCDD, Kapasite Yönetim Dairesi Başkanlığı, Müşteri İlişkileri Şubesi, Ankara, Türkiye

sinankucuk@tcdd.gov.tr

(Alınış: 20.06.2018, Kabul: 02.07.2018)

Özet: Avrupa demiryolu sistemlerindeki çeşitlilikten dolayı –Sinyal sistemleri, trafik kontrol sistemleri, ray açıklığı, cer akımı vb.- ülkeler arası demiryolu işletmesinde kısıtlar meydana gelir. Ray açıklığı gibi problemler ekartman açıklığı değiştirilebilir boji ile çözülse de diğer problemler için sınırlarda lokomotif değişimi gerekir. Bu nedenle Avrupa'daki demiryolu işletmecileri ülkelerarası demiryolu trafiğini kolaylaştırmak için standartlar geliştirmeye çalışmışlardır. Bunlardan birisi de trafik kontrol sistemidir. Birçok ülke kendi kontrol sistemine sahip olduğu için, lokomotifleri tüm bu sistemlerin altyapısı için donatmak mümkün değildir.

Bu nedenle 1991 yılında Avrupa Birliği ülkelerinin ulaştırma bakanları 91/440/EWG sayılı demiryolu yönetmeliği ile standart bir sistemin temellerini attı. Bu sistem European Rail Traffic Management Systems (ERTMS) yani Avrupa Demiryolu Trafik Yönetim Sistemi'dir.

Bu sistem 4 proje olarak planlanmıştır: [1]

- Global System for Mobile Communication-Railway (GSM-R), Demiryolu için Mobil İletişim Sistemi
- European Traffic Management Layer (ETML), Avrupa Trafik Yönetim Ara yüzü
- Integrated European Signalling System (INESS), Bütünleşmiş Avrupa Sinyal Sistemi
- European Train Control Systems (ETCS), Avrupa Demiryolu Kontrol Sistemleri.

Bu yazıda ETCS 3. Seviye trafik kontrol sistemi hakkında genel bilgiler ve sistemin avantajları, dezavantajları, güvenlik sorunları ile ilgili bilgiler özetlenmiştir.

***Anahtar kelimeler**: ETCS Seviye 3, Moving Block, ETCS Regional, Tren Bütünlüğü*

1. Tarihçe

Öncelikle konu bütünlüğü açısından bu bölümde farklı seviyelerin kısa bir özeti Tablo 1'de verilmiştir.

ETCS Seviye sıfırda herhangi bir trafik kontrol sistemi bulunmaz. Sadece sürücü panelinde (DMI-Driver-Maschine-Interface) anlık hızlar gösterilir ve maksimum hız denetimi yapılabilir. Tren kontrolü tamamen sürücüdedir.

ETCS Seviye 1'de ise sürüş bilgileri balisler aracılığı ile belirli noktalarda (ana Sinyal, yaklaşma sinyali vb.) trene aktarılır. Ayrıca sürekli hız kontrolleri de yapılır. Ek olarak Balis, EuroLoop, Radio Infill ile verimli bir sürüş için bilgiler sürekli güncellenir. Sürüş bilgileri tren bilgisayarında (EVC- European Vital Computer) işlenir ve dinamik hız, fren eğrisi vb. anlık hesaplanır. Seviye 1 kendi içinde FS (Full Supervision) ve LS (Limited Supervision) diye ikiye ayrılır. Seviye 1 LS modunda sürücü sadece yol boyu sinyallerini

izler, aracın ivmelenmesini kontrol eder ve yolu gözlemler. Seviye 1 FS modunda ise aracın kontrolü sürücüdedir ancak sınırları aştığında sistem müdahale eder. Frenleme görevini ETCS alt modülü olan ATP üstlenir. Aynı zamanda sürücü güzergâhı kontrol etmekle yükümlüdür.

Tablo 1: ETCS Seviyelerinin karşılaştırılması

Seviye	**0**	**1**	**2**	**3**
Yol boyu Sinyal altyapısı	Var	Var	Yok	Yok
Data aktarımı	Balise	Balise, EuroLoop, Radio Infill	Balise, Radio Infill	Balise
RBC (Radio Block Centre)	Hayır	Hayır	Evet	Evet
Tren bütünlüğü	Hayır	Hayır	Hayır	TIMS
Moving Blok	Hayır	Hayır	Hayır	Evet
Konum bilgisi	Ray devresi, aks sayıcı	Ray devresi, aks sayıcı	Ray devresi, aks sayıcı	GPS, GSM-R, Odometre
Balis Tipi	Sabit	Sabit ve programlanabilir	Sabit	Sabit
LEU (Lineside Electronic Unit)	Hayır	Evet	Hayır	Hayır
Sinyal	Yol boyu	Yol boyu	Araç içi	Araç içi

ETCS Seviye 2 esaslı değişiklikler içerir. RBC ile araç ve Kumanda Merkezi arasında sürekli iletişim sağlanır. Sürüş bilgileri sıklıkla güncellenir. Ayrıca RBC araç ile altyapı arasındaki veri alışverişini de sağlar. Odometre ve balisler aracılığıyla trenin blok içerisindeki konumu büyük oranda bir doğrulukla hesaplanır. En önemli ekonomik faydalarından biri yol boyu sinyaller tamamen kaldırılabilir ve sinyaller kabin içi sinyale dönüştürülerek sürücü panelinde gösterilir. Sahada kullanılan elementlerin birçoğu RBC ile kontrol edilir ve kablo kullanmaya ihtiyaç duyulmaz.

2. Çalışma Prensibi

ETCS Seviye 3 seviye 2'nin geliştirilmiş halidir. En büyük fark hareketli blok (Moving Block) modelidir. Bu model sayesinde tren algılama ekipmanlarına ihtiyaç duyulmaz. Yolcu trenlerinde tren üzerine monte edilmiş ve birbiri ile iletişim halinde olan radyo vericiler ile tren bütünlüğü kontrol edilir.

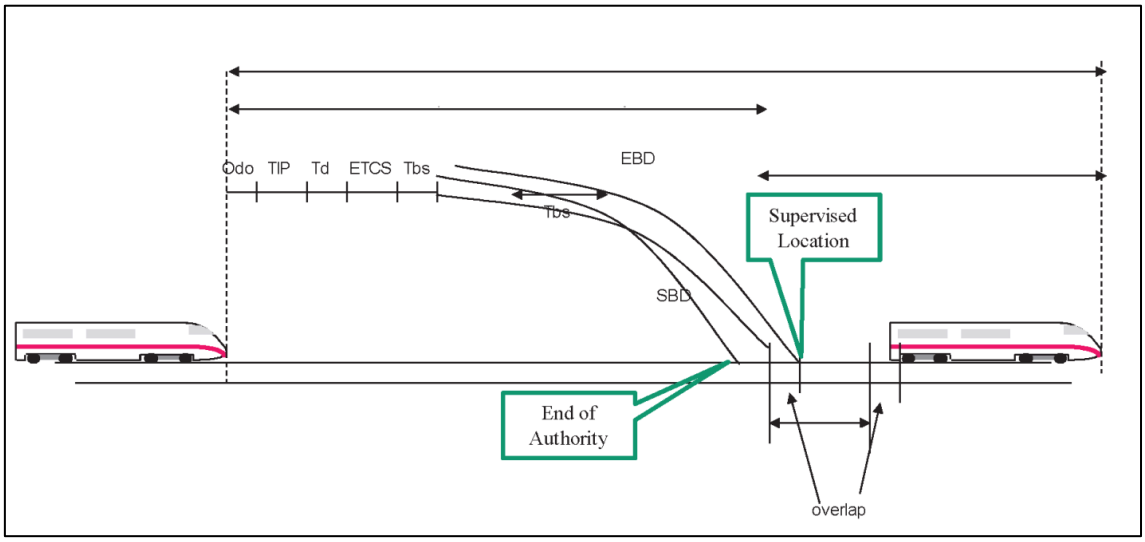
Tablo 2: ETCS Seviye 2-3 Temel Farklılıkları

	Seviye 2	**Seviye 3**
Tren Tanıma	Tren tanıma ve tren bütünlüğü ray devresi veya aks sayacı ile yapılır.	Tren konumu ve bütünlüğü RBC saha elemanları ve tren üstü ekipmanı ile kontrol edilir.
Tren Bütünlüğü	Tren algılama ekipmanları ile yapılır.	Radyo vericiler ile sağlanır. ETCS'den bağımsız bir modüldür.
Sürüş Bilgileri (MA-Movement Authority)	Her tren için ayrı ayrı MA kontrol merkezinden RBC ile trene iletilir.	Trenin konumuna ve güzergâhına göre RBC anklaşmanlı güzergâh belirler.

Yük trenleri içinse farklı firmaların farklı ticari çözümleri mevcuttur. Burada amaç, takip eden trenin öndeki trenin bloğun tamamını terk edene kadar beklemesi yerine iki tren arasında fren mesafesi kadar takip mesafesi koyarak kapasiteyi artırmaktır. (Bkz. Şekil 1) İki sistem arasındaki temel farklılıklar Tablo 2'de özetlenmiştir.

Fren eğrisi modelinde seviye 2 ile 3 arasında bir fark yoktur. SRS'de tanımlanan Sistem gereklilikleri her iki seviye içinde aynıdır. Sadece seviye 3'te trenin sürüş izninin verildiği son noktayı (Supervised Location- SvL) geçmeyeceğinden emin olunmalıdır.

Seviye 3'te konum tespiti seviye 2'de ki gibi Odometre ve belirli referans noktalarındaki Eurobaliseler ile yapılır. Odometre aracın teker dönüş sayısını hesaplar. Yarıçapta dikkate alınarak trenin kat ettiği mesafe hesaplanır. Patinajdan veya kızaklamadan kaynaklanan hatalar eurobalisler ile belirli aralıklarla düzeltilir.



Şekil 1: ETCS Seviye 3 Minimum Takip Mesafesi [2]

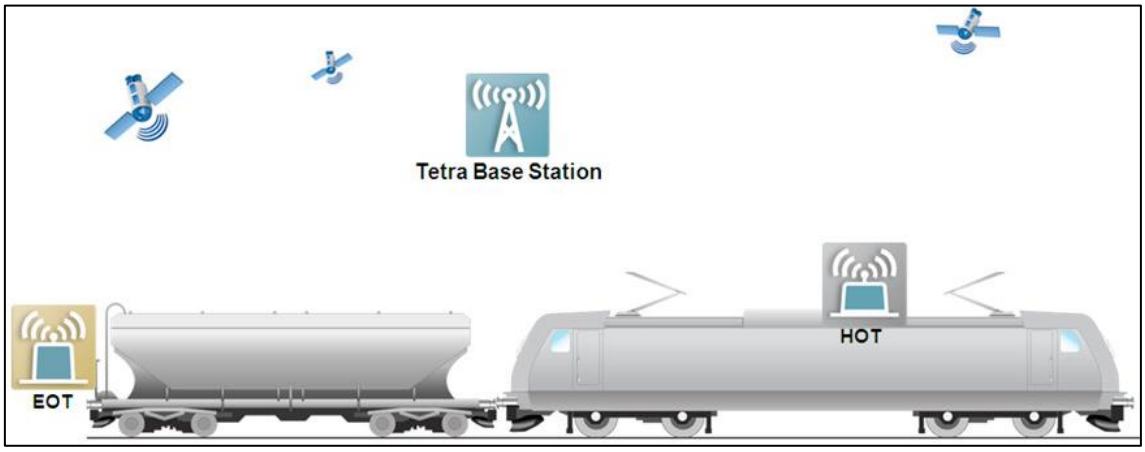
Odo	: Odometre Hatası	TIP	: Algılama Süresi
Td	: Tepki Süresi	Tbs	: Servis freni tepki süresi
SBD	: MA servis fren mesafesi	EBD	: SvL Acil fren mesafesi
ETCS	: ETCS operasyon süresi (DMI güncelleme, EVC döngü, MA güncelleme, MA alış, RBC döngü süreleri dahil		

Tren bütünlüğü Train Integrity Monitoring System (TIMS) ile kontrol edilir. Yolcu trenleri için bu kolaydır. Tren üzerinde belirli aralıklı radyo frekans ile çalışan cihazlar birbiriyle devamlı iletişim halindedir. Bu iletişim 5 saniye de bir yenilenir. İletişimin kopması halinde sistem sürücüyü uyarır. İletişim kopukluğu 5 saniyeyi aşarsa araç fren yapar. Yük trenleri içinse çeşitli çözümler vardır.

Bunlardan ilki bir araç üstü ekipman sayesinde tren bütünlüğü kontrol edilir (Bkz. Şekil 2). Bu ekipman trenin başına (HOT: Head of Train) ve sonuna (EOT: End of Train) bağlanarak tren uzunluğu sisteme girilir. Uydular ve GSM-R sistemi ile üçgen oluşturarak "Tren Uzunluğu" sürekli kontrol edilir [11].

Bir başka çözümde trenin arkasında bulunan bir "Reflektör" yardımı ile trenin uzunluğunu sürekli ölçmektir. Ancak trenin kurba girmesi ya da fiziksel engeller nedeniyle bunu kontrol etmek her zaman mümkün olmayabilir. Ayrıca yük trenlerinde

tren bütünlüğünün bozulması fren hava basıncını etkiler. Bu durumda da sürücü DMI ile uyarılır. TIMS sistemi aks sayacı, ray devresi vb. yol üstü ekipmanlarına olan ihtiyacı ortadan kaldırır.



Şekil 2: Yük trenleri için Tren Bütünlüğü Sistemi (TIMS) [11]

Bu seviyede kumanda merkezinin görevlerinden bir kısmı RBC'ye yüklenmektedir. Örneğin trenin güzergâhı boyunca rota açma işlemini RBC yapar. Rota açma sürecinde yol üstü elementlerinin (Makas, hemzemin geçit vs.) ayarlanması da RBC'nin görevleri arasındadır. Yol üstü elementlerinin kontrolü için belirli aralıklarla konteynır kurulur. Bu elementlerle bağlantı kablosuz olarak sağlanır. Böylece daha ekonomik ve sağlam bir model oluşur.

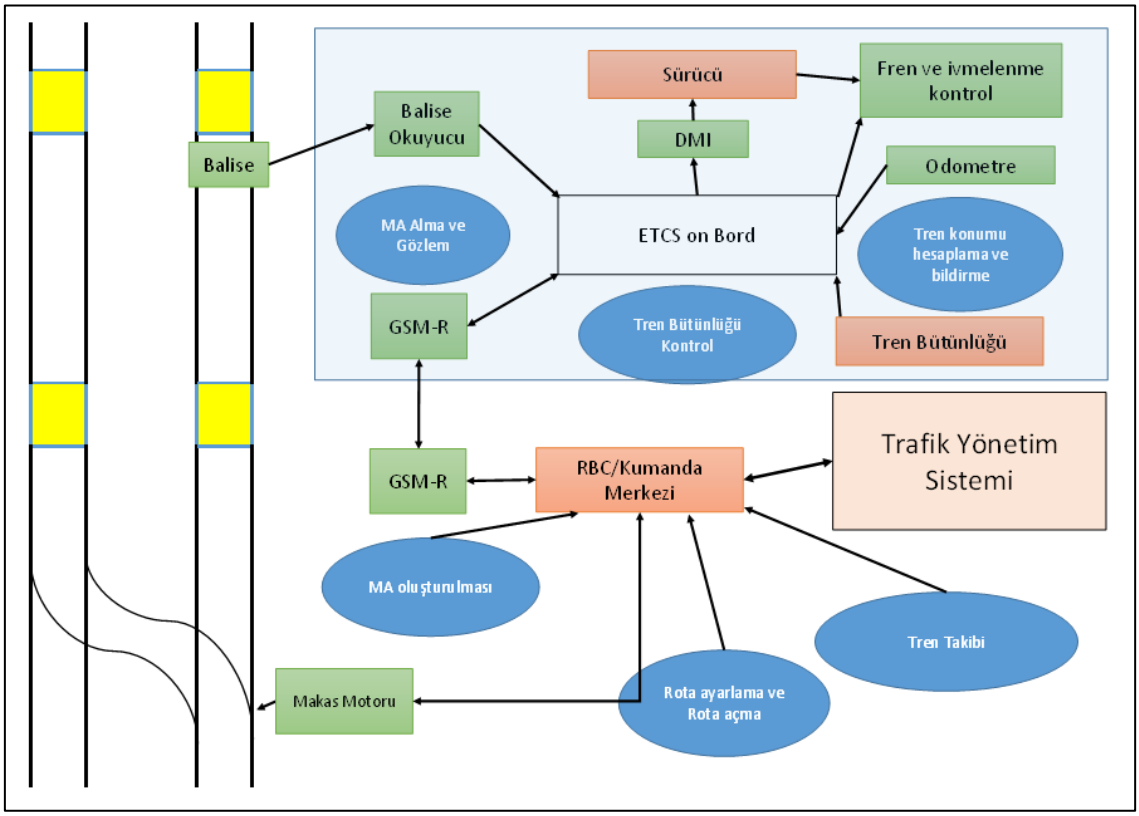
Bu sistemin en önemli değişikliklerinden birisi hareketli bloktur. Bu modelin kapasiteye olan etkisi tartışılmazdır. Ancak yine de yapılan araştırmalar şu soruyu gündeme getirmektedir:

2.1. Hareketli Blok mu? Sanal (Virtual) Blok mu?

Hareketli blok, anlık zamanlı tren bilgileri ile birbirini takip eden iki tren arasında güvenli bir fren mesafesine emniyet mesafesi (Overlap) eklenerek hesaplanan minimum fren mesafesidir (Bkz. Şekil 1). Yüksek kapasite vaat eden Hareketli Blok prensipleri, kapasite ve performans gibi yüksek gereksinimlere ihtiyaç duyulan metro tarzı küçük çaplı demiryolu ağları (Marmaray gibi) için CBTC tabanlı sinyal teknolojileriyle sağlanmaktadır. Ancak bu tür sinyal teknolojileri tedarikçiye göre değişen özellikler göstermektedir. Bu durum farklı sistemler arasında entegrasyon sorunu olabilir. Ayrıca çok karmaşık ve yoğun tren ağının olduğu yerlerde manuel sürüşlerde sürücünün hız, Reaksiyon süresi vb. göz önüne alındığında kontrol problemi yaşayacağı öngörülmektedir [2]. Bu nedenle Virtual Blok Hareketli Blok'a alternatif olarak görülmektedir. Virtual blokta hat yazılım tarafından sanal bölümlere ayrıldığı bir kesit modeldir. Blok uzunluğu, tren uzunluğuna ve trafik yoğunluğuna bağlıdır [2]. Virtual bloğun avantajı geleneksel modele olan benzerliği ve kullanım kolaylığı olarak özetlenebilir. Hareketli Blok ise kapasiteyi artırır, bekleme süresini azaltır. İşletimsel olarak Hareketli Blok daha avantajlıdır. Çünkü sanal blokta yazılımsal da olsa bloklar arası sinyallerle korunmalıdır. Bu durum seviye 2 ile seviye 3 arasında ki en büyük farktır ve seviye 2 ile 3 arasında ki kapasite farkı sanal blok mesafelerinin küçük olması durumunda az, büyük olması durumunda çok olur.

3. Sistem Gereksinimleri

- Seviye 2 ve seviye 3'ün sistem gereklilikleri Avrupa Demiryolu Ajansı'nın (ERA) yayınladığı System Requirement Specification (SRS) Subset 026'da tanımlanmıştır.
- Bu seviye manevra, hizmet veya planlanan trenler için uygun olmalıdır.
- Bu seviyede maksimum tren hızı 500 km/h olacak şekilde tasarlanmalıdır [3].
- Verimli olmamasına rağmen hem altyapı hem de araçların geçiş sürecinde alt seviyelere entegre olacak şekilde tasarlanmalıdır. Çünkü uluslararası sürüşlerde ya da tüm demiryolu altyapısı veya araçları Seviye 3 ile donatılmamış olmayabilir.



Şekil 3: ETCS Seviye 3 Sistem Şeması [2]

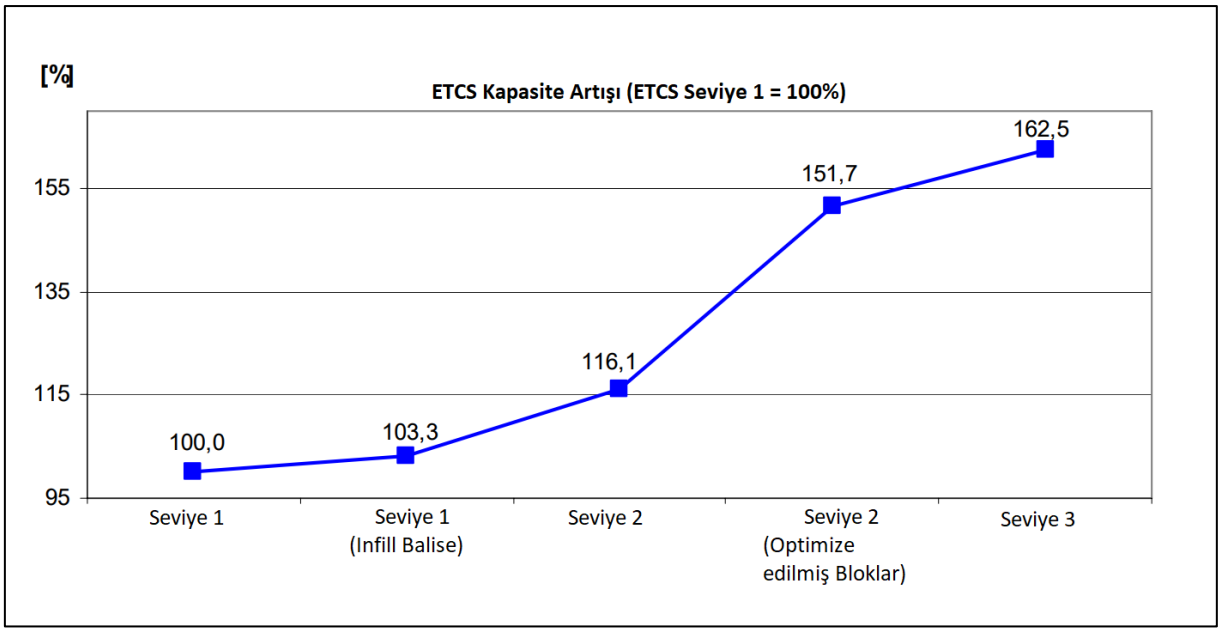
- Manevra sürüşleri ya da arıza durumlarında geçerli olacak şekilde araç altyapı elementlerine veri gönderebilmeli ve alabilmelidir. Aynı şekilde yol üstü elementleri kontrol merkezinden manuel olarak kontrol edilebilmelidir.
- Maksimum altyapı hızına bağlı olarak balisler tekli ya da gruplar halinde yeterli mesafelerde döşenmelidir.
- MA güzergâh üzerinde her bir nokta için tanımlanabilmelidir. Bunun için tren istikametine göre hat kilometresi kullanılacağı gibi koordinatlar da kullanılabilir. Koordinatların kullanılması durumunda çok hassas bir konum tespiti yapılması gerekir. Çünkü ray aralığının birkaç metre olduğu düşünülürse trenin gidiş yönü ve hangi hattı kullanıldığı çok önemlidir. Ayrıca tünel gibi kapalı alanlarda "Diferansiyel GPS" (DGPS) desteği gerekir.

4. Uygulamaları

Seviye 3'ün uygulaması (ETCS Regional) şimdiye kadar İsveç'te ve Kazakistan'da yoğun olmayan yan hatta Bombardier tarafından yapılmıştır. Son olarak yine Bombardier tarafından Zambiya'da (Güney Afrika) 2000 km bir hat planlanmıştır. [5] [6] [7]

5. Sonuç ve Yorum

Geleneksel tren takip sistemine göre seviye 3'te blok modelinin olmayışının kapasiteye çok ciddi olumlu etkileri vardır. Sinyal tepki süresi, yaklaşma süresi, bloktan çıkış süresi gibi parametrelerin olmayışı trenin hattı meşguliyet süresini azaltır. Nitekim şekil 4'de de görüleceği gibi hızlı tren hatlarında kapasite artışı Seviye 1'e göre seviye 3'te yüzde 62,5 artış göstermiştir. Ancak uygulama da grafikteki gibi sadece hızlı trene ayrılmış yol olmayabilir. Karışık trafiğin olduğu yollarda seviye 2'ye göre ortalama %10-20 gibi bir artış olabilir [10].



Şekil 4: Yüksek hızlı tren hattında seviyelere göre kapasite artışı [9]

Bu seviyede yeni yapılacak hatların maliyetleri daha düşük olur. Çünkü saha elementlerinin birçoğu (Sinyal, aks sayacı vb.) bu seviyede kullanılmaz. Çalışmalar, ETCS seviye 3 için altyapı ekipmanlarındaki sermaye tasarrufunu seviye 2'ye kıyasla %25, çok yönlü bir sinyal bloğu sistemine kıyasla %50'ye veya%60'a varan oranlarda tahmin etmektedir [9]. Ama bu durum, on board iletişim, tren bütünlüğü gibi güvenlik sistemlerinin maliyet artışıyla dengelenecektir. Ayrıca kablosuz çalışan sistemlerin sistematik bakımları da artarak bir bakım maliyeti çıkaracaktır. Ayrıca seviye 3'te sürüşün büyük bir kısmının otomatize edilmiş olmasından dolayı ciddi bir enerji tasarrufu söz konusudur. Daha çevrecidir.

Seviye 3'ün ana hatlar üzerinde uygulanması durumunda, radyo sistemine olan bağımlılık ve hat kapasitesinde oluşan veri hacminin büyüklüğü radyo şebekelerinin kapasitelerini yeniden gündeme getirmektedir. GSM-R sisteminin trafik kapasitesine yetip yetmeyeceği şüphelidir ve bu nedenle seviye 3'ün yeterli bir radyo standardına sahip olup olmayacağı önemlidir.

Bu seviyede aks sayaçları ve ray devrelerine ihtiyaç olmadığı düşünülürse yetkisiz araçların ya da sürüşleri tehlikeye atacak durumların tespiti hayati önem taşımaktadır. Raylara giren tanımlanmamış araçların takibi mümkün olmamaktadır.

Sonuç olarak, seviye 3'te halen çözülmemiş sorunların olmasından dolayı şimdilik sadece konvansiyonel hatlarda ya da trafiğin düşük olduğu ana hatlarda uygulanabilir.

Kaynakça

[1] U. Maschek, Sicherung des Schienenverkehrs, 2015, Wiesbaden
[2] Transport Research Laboratory, ERTMS Level 3 Risks and Benefits to UK Railways, 2010
[3] ERA- European Railway Agency, 2014, System Requirements Specification, SUBSET 026-1, V. 3.4.0
[4] Additional Methods to Detect Train Integrity under ETCS Level 3 and the Effects on Capacity and Control of Movement, Schön, Sevastian, Žilina, 2013
[5] http://www.railwaygazette.com/news/infrastructure/single-view/view/ertms-regional-contract-in-zambia.html
[6] http://www.railwaygazette.com/news/business/single-view/view/swedes-unveil-first-etcs-level-3-application.html
[7] http://www.irse.nl/resources/170314-ERTMS-L3-The-gamechanger-from-IRSE-News-Issue-232.pdf
[8] ERTMS Regional – Ein ETCS Level 3 Projekt für regionale Strecken, Eschlbeck, Rainer, ETR November 2013
[9] https://uic.org/cdrom/2007/8_ertms-conference/docs/presentations/G4_wendler_en.pdf
[10] http://www.irse.org/knowledge/publicdocuments/2011_09_29_ERTMS_Level_3_from_High_Speed_Vision_to_Rural_Implementation.pdf
[11] Bombardier INTERFLO 550 ERTMS Level 3 Radio Based Train Control Moving Block System, Version 1, 2015

Özgeçmiş

Sinan Küçük
Ulaştırma Yüksek Mühendisi

1 Aralık 1986 tarihinde Konya'da dünyaya geldi. Selçuklu Anadolu Lisesi'ni bitirdi. Yıldız Teknik Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği'nden mezun oldu. Üniversite eğitiminden sonra YLSY Programı ile TCDD adına bursiyer olarak olarak Almanya Darmstadt Teknik Üniversitesi'nde yüksek lisans eğitimini tamamladı. Halen TCDD Genel Müdürlüğü Kapasite Yönetim Dairesi Başkablığı'nda çalışıyor. Çalışma alanları: ETCS Seviye 3, Otonom trenlerin arıza senaryoları ve EYS analizleri, Kapasite geliştirme analizleri ve Şebeke Bildirimi. Evli ve bir çocuk babasıdır.