

Marmaray Sinyalizasyon Sistemleri

► Süleyman KARAYANIK

ÖZET

Marmaray ile birlikte konvansiyonel hatlarda kullanılan sinyalizasyon sisteminde değişikliğe gidilmiştir. Sinyalizasyon sisteminde bilgisayar ve yazılım daha fazla kullanılmaya başlanmıştır. Eskiden birçok rölenin yaptığı iş artık tek bir modül içerisinde yerleştirilen çok küçük rölelerle yapılabilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Marmaray; ERTMS; CBTC; Marmaray BC1; Marmaray CR3

1. GİRİŞ VE TARİHÇE

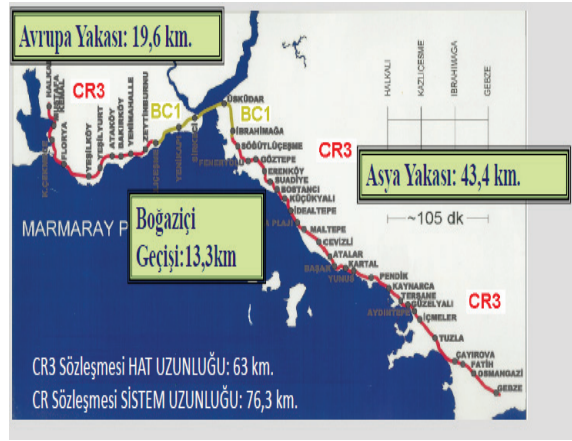
İstanbul Boğazı'nın altından geçecek bir demiryolu tüneli projesi ilk kez 1860'lı yıllarda Sultan Abdülmecid tarafından dile getirildi. Abdülhamit zamanında 1902'de Amerikalı mühendisler proje üzerinde çalışmalar yaptılar ve Tünel-i Bahri'nin beratını aldılar.

Marmaray Projesi 1998 yılında ihale edildi, 2004 yılında inşaatına başlandı. Projenin boğaz geçişi (BC1) yüklenicisi Japon Taisei Co.'dur. BC1 kısmı 29 Ekim 2013 tarihinde hizmete açıldı. Banlıyo Hatlarının iyileştirilmesi (CR3) yüklenicisi OHL-Siemens Dimetronic'tir. Batırılan bir tüpün ağırlığı 18000 tondur. Tüm hattın uzunluğu 76,3 km'dir. İşletmeye açılan Kazlıçeşme - Ayrılık Çeşmesi arası 13,6 km, Boğaz tüp geçit uzunluğu 1,4 km'dir. Gebze Halkalı arasında 42 istasyon vardır. Günde ortalama 1.200.000 milyon insan taşınacaktır. 34 Adet 10 vagonlu tren ve 20 adet 5 vagonlu tren ile toplam 54 tren sefer yapılacaktır.

2. SİNYALİZASYON SİSTEMİ

Sinyalizasyon; trenlerin emniyetli bir şekilde ilerleyebilmesi için demiryolunun bloklara bölündüğü, bloklar arasında anlaşılan düzeneklerinin kurulduğu, hat boyu ekipmanlarına (sinyal, makas vb.) ve diğer gerekli

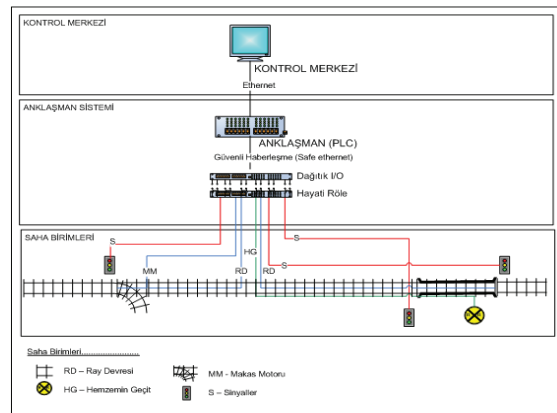
donanıma bir merkezden kumanda etmenin mümkün olduğu, bu hareketlerin izlenebildiği sistemdir.



Şekil 1. Marmaray tüm istasyonlar ve hat uzunluğu

Marmaray'da Karma Trafik Sistemi uygulanmaktadır. Avrupa Demiryolu Trafik Yönetim Sistemi Seviye 1 (ERTMS) ve Haberleşmeye Dayalı Tren Kontrolü (CBTC) olmak üzere 2 adet Sinyalizasyon Sistemi kullanılmaktadır.

Demiryolu sinyalizasyon sistemi işletme yönetim merkezi (kumanda merkezi), anlaşılan ve saha elemanları olmak üzere üç ana bileşenden oluşmaktadır.



Şekil 2. Sinyalizasyon sistemi bileşenleri

2.1 İşletme Yönetim Merkezi (OCC)

Tren trafiğinin, elektro-mekanik sistemlerin, kamera, bilgilendirme ekranlarının(PID), bakım-onarım faaliyetlerinin izlendiği/kontrol edildiği kumanda merkezidir.

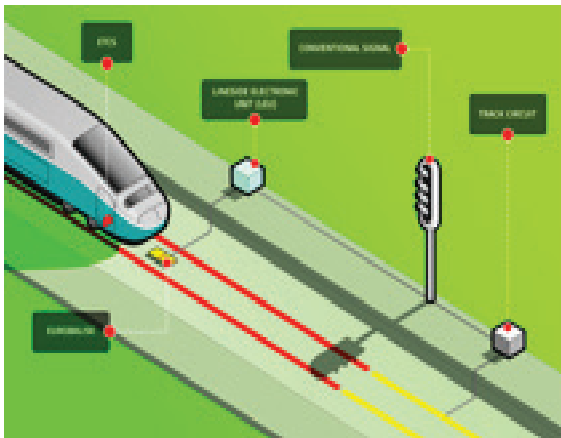
OCC'de Trafik Kontrolörü, İletişim Koordinatöre, E-M Koordinatörü, Bakım Koordinatörü ve bu kişilerin koordinasyonunu sağlayan yetkili Süpervizör vardır.

2.2 Saha Elemanları sistemin ortak kullandığı Yolbo-yu Sinyalizasyon ekipmanları şunlardır:

- Anlaşman
- Sinyaller
- Makas motorları
- Ray devreleri
- Dingil sayıcılar
- Peron acil durdurma butonları

ERTMS Seviye 1 Hatboyu ekipmanları :

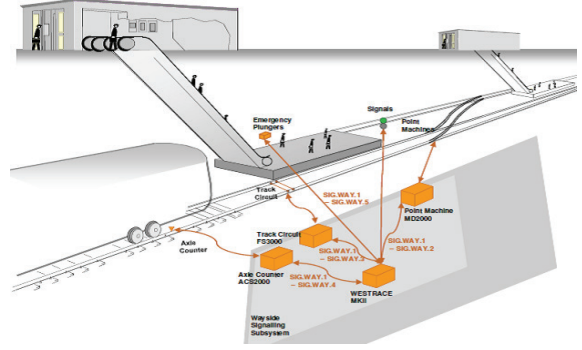
- Hatboyu Elektronik Ünitesi (LEU)
- Eurobaliz
- Geçici hız sınırlama yöneticisi (TSRM)



Şekil 3. ERTMS Seviye 1 ekipmanları

CBTC Hatboyu ekipmanları:

- Blok İşlemci(BP)
- APR Baliz
- Geçici hız sınırlama yöneticisi (TSRM)



Şekil 4. CBTC ekipmanları

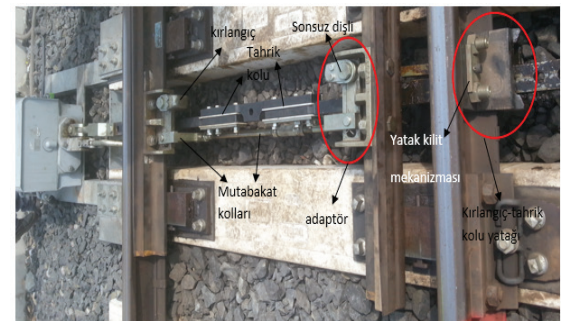
Makas: Demiryolu araçlarının bir yoldan diğer bir yola geçişini sağlayan yol donanımlarıdır. Elektrikli motorlar vasıtasıyla treni sağa ya da sola yönlendirmek üzere yolun sağına veya soluna yerleştirilebilen dillerden oluşan yol aygıtıdır. Marmaray'da MD2000 Makas motoru kullanılmaktadır.



Şekil 5. MD2000 Makas motoru

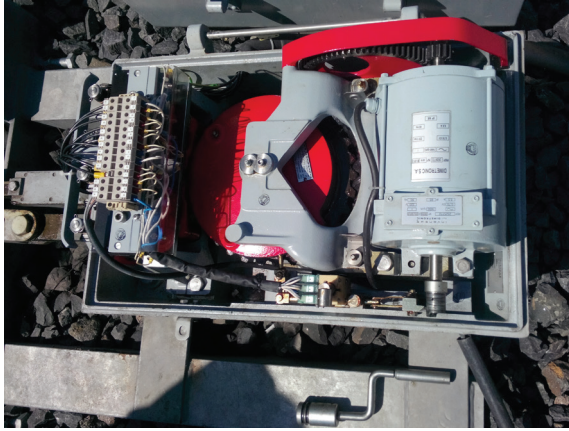
Makaslar; dil takımı, ara raylar, göbek-kontray kısımlarından oluşur. Marmaray'da yaslanma rayı ile dil ucu arasındaki açıklık tek motorlu makaslarda 160 mm, ikili makaslarda 160mm-70mm, üçlü makaslarda 160mm,110mm ve 70 mm'dir.

Makasın normale ve terse kilitlenmesi tahrik koluyla olmaktadır. Makasın pozisyon bilgisi dedektör (mutabakat) kolları vasıtasıyla kumanda merkezine iletilmektedir.



Şekil 6. Makasın elemanları

Makas motoru 220V AC ile çalışmakta ve mutabakat devresi 50 V DC ile beslenmektedir/izlenmektedir.



Şekil 7. Makasın iç kısmı

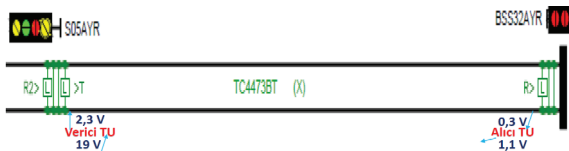
Makasın konum bilgisi istasyonlardaki sinyal ekipman odasındaki (SER) makas modülünden görülebilmektedir.



Şekil 8. Makas kontrol modülü

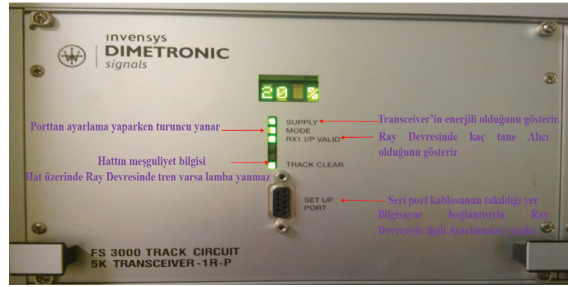
Ray devresi: Bulunduğu hat kesiminde demiryolu aracının varlığını ve yerini tespit etmek için kullanılan, hat meşguliyetini/serbestliğini algılama sistemidir. Marmaray'da FS 3000 eksiz ray devreleri ve tüp/tünel kısmında dingil sayıcılar kullanılmaktadır. FS3000 eksiz ray devresinin besleme voltajı 110V AC'dir. Frekansı 4080 ile 7200 Hz arasındadır.

Ray devrelerinin her iki ucunda dönüştürücü ünite (TU) bulunur. Bunlar alıcı veya verici olarak kullanılabilirler.



Şekil 9. 4473BT Eksiz ray devresi

Teknik odadan sahaya gönderilen voltaj verici dönüştürücü ünite tarafından düşürülerek raya verilir. Rayda dolaşan düşük voltaj alıcı dönüştürücü ünite tarafından yükseltilerek teknik odaya (SER) gönderilir. Ray devresine tren basarsa ray devresi kısa devre olur, voltaj sıfıra yaklaşır ve kumanda merkezinde bloğun meşgul olduğu görülür. SER'de ray devresinin meşgul olup/olmadığı bilgisini veren, ray devresinin voltaj ayarlarının yapılabildiği alıcı-verici modülü bulunmaktadır.



Şekil 10. Alıcı-verici (Transceiver) modülü

Dingil sayıcı: Herhangi bir blokta tren veya meşguliyetin olup/olmadığını izleme sistemidir. Genelde tünellerde kullanılmaktadır.

Ray devresine göre avantajları:

Çok uzun bloklar izlenebilir.

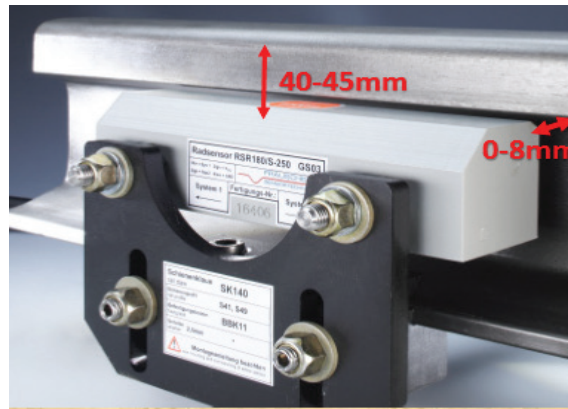
Balast direncinden etkilenmez.

Katener geri dönüş akımından etkilenmez.

Saha şartlarından etkilenmez.

Dezavantajları:

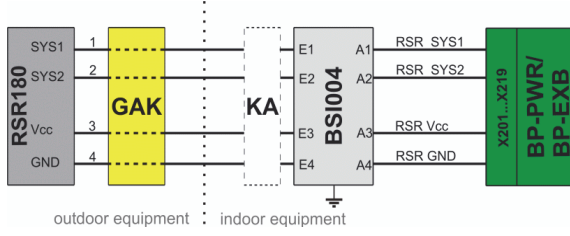
Ray kırıklığı tespit edilemez.



Şekil 11. RSR180 Dingil sayıcı

Marmaray'da Frauscher Sensortechnik GmbH (Avusturya) markalı Frauscher Gelişmiş Sayıcı (FADc) sistemi kullanılmaktadır. Sahada RSR180 dingil sayıcısı bulunmaktadır.

RSR180'in içinde iki adet sensör bulunmaktadır.

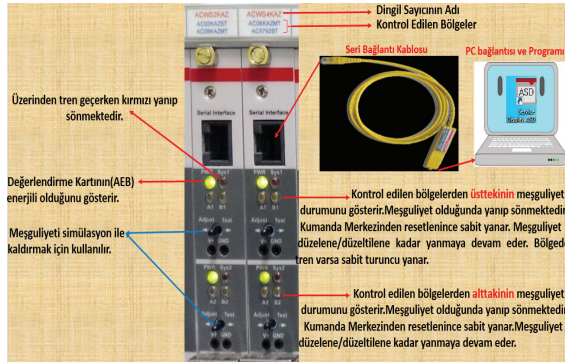


Şekil 12. RSR180 Dingil sayıcı ile FADc arası bağlantı

(GAK=Sahadaki bağlantı kutusu, BSI=Aşırı gerilim koruma kartı , BP=Güç dağıtımı)

3,4 besleme voltajı 12-14 V DC'dir ve 1,2 sensör uçlarına 2-4 V DC gelmektedir.

Dingil sayıcılı blokta meşguliyet oluşursa SER'deki gelişmiş değerlendirme kartlarından (AEB) simülasyon çalışması yapılarak(tren sanal olarak meşgul bölgedeki dingil sayıcılar üzerinden ileri-geri yürütülerek) meşguliyet kaldırılabilir. Dingil sayıcı akım değerleri ve sensörlerin arızalı olup/olmadığı bilgisayarda ASD programı vasıtasıyla görülebilir.



Şekil 13. AEB kartı

Sinyaller: Blokların başlangıcına monte edilirler. Blok durumuna göre sinyal renk bildirimi verirler.

Üç Işıklı Yüksek Sinyaller

Dört Işıklı Yüksek Sinyaller

Beş Işıklı Yüksek Sinyaller

Hız Göstergeli Üç Işıklı Yüksek Sinyaller

Hız Göstergeli Dört Işıklı Yüksek Sinyaller

Hız Göstergeli Beş Işıklı Sinyaller

Üç Işıklı Cüce Sinyaller

Dört Işıklı Cüce Sinyaller

İki Işıklı Cüce Sinyaller

Sinyal renk bildirimleri:

Kırmızı: Öndeki blok dolu

Sarı: Öndeki bir blok boş

Yeşil: En az iki blok boş

Sarı üzeri kırmızı: Dolu bloğa giriş

Sarı üzeri sarı: Makastan sapmalı geçip bir blok boş

Sarı üzeri yeşil: Makastan sapmalı geçip en az iki blok boş

Kırmızı üzeri yeşil: Manevra sinyali

Kırmızı üzeri mavi: Marmaray'da blokta CBTC treni olduğunu bildirir



Şekil 14. Sinyaller

Avrobaliz: Demiryolu güzergahında ERTMS donanımlı trenler için herhangi bir noktada yer tespiti ve tren kontrolü amaçlarıyla araca veri iletmek için kullanılır. Hat boyunca iki farklı baliz türü kullanılır.

- Kalıcı olarak kaydedilmiş bir telegram içeren sabit verili baliz, araçtaki baliz antenine aynı veriyi iletir.

- Değişken verili baliz, sinyal bildirisine göre değişken veriler iletir. Bu baliz değişkeni, fişsiz kalıcı olarak bağlanmış bir kablo aracılığıyla bağlanan bir hatboyu Elektronik Ünitesi (LEU) tarafından kontrol edilir.



Şekil 15. Avrobaliz

APR Baliz: Raylar arasında monte edilir. CBTC donanımlı trenlerin altında bulunan APR okuyucu APR balizindeki bilgileri okur. APR balizi trene bulunduğu kilometre bilgilerini, bölge içindeki aktif ve bir sonraki blok işlemci (BP) bilgilerini, radyo frekans (RF) bilgilerini iletir.



Şekil 16. APR baliz

Peron acil durdurma butonu: Peronlarda bulunmaktadır. Bir kaza veya tehlikeli bir durum nedeniyle sistemi durdurmak için kullanılır.



Şekil 17. Peron acil durdurma butonu

Geçici hız sınırlaması (TSRM): ERTMS Seviye 1 ve CBTC hat boyunca hareket eden trenlere geçici hız sınırlaması veren bilgisayar tabanlı sistemdir. Örneğin makaslardan geçişteki hız sınırlaması TSRM vasıtasıyla yapılabilmektedir.

2.3 Anlaşman

Lojik fonksiyonların çalıştığı elektronik kartlardan oluşur. Sistemin beyni konumundadır. Saha elemanları ile haberleşerek giriş, çıkış sinyallerini kontrol eder, komut alıp gönderir. Güzergah tanzimine olanak sağlar.

Marmaray'da Westrace MKII anlaşman sistemi kullanılmaktadır. Anlaşman sistemi kartları:

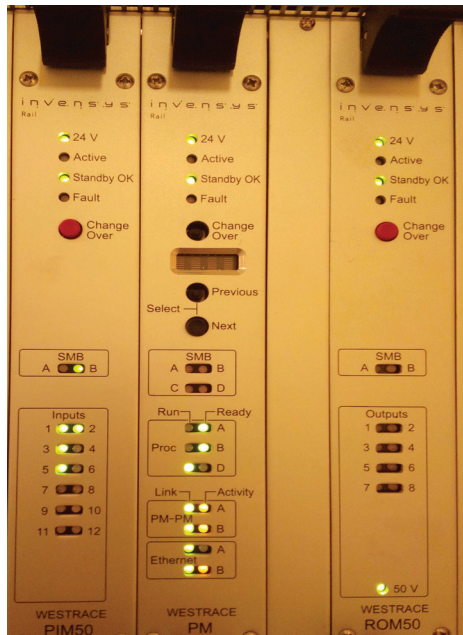
İşlemce modülü: Tüm Anlaşman parçalarının kontrolünü sağlayan anlaşman ekipmanının beyni durumundaki kart. Ağ iletişimi ve tanılarının yönetiminden de sorumludur.

Paralel giriş modülü: Makas Motoru, Ray Devrelerinden gelen bilgilerin girişinin olduğu karttır.

Röle çıkış modülü: Makas Motoruna çıkış bilgilerinin gönderilmesi için kullanılan karttır.

Lamba çıkış modülü : LED Sinyallerin çalıştırılması için kullanılan karttır.

Güç kaynakları: 24V DC gerilim sağlayan ekipmandır.



Şekil 18. İşlemci modülü (PM), Paralel Giriş modülü (PIM), Röle çıkış modülü (ROM)

3. AVRUPA DEMİRYOLU TRAFİK YÖNETİM SİSTEMİ (ERTMS) / AVRUPA TREN KONTROL SİSTEMİ (ETCS)

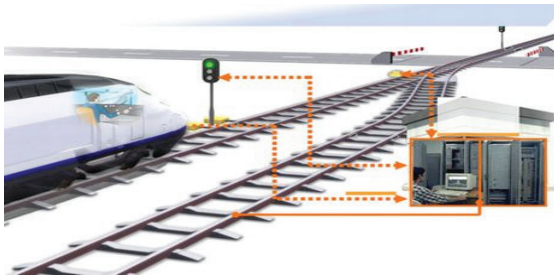
Avrupa'da komşu ülkeler arasındaki sistem farklılıklarından dolayı trenlerin hareketleri esnasında problem oluşmaktaydı. Trenlerin farklı ülkelerden geçişinde kesintisiz hareket edebilmesi için ERTMS oluşturulmuştur. Sinyalizasyon sistemleri arasında birlikte işlerlik özelliği sağlanmıştır.

ERTMS'nin avantajları:

- 500 km/saat'e kadar tren hızlarını desteklemektedir.
- Otomatik tren koruma sistemi (ATP) sağlanmaktadır.
- Hat kapasitesinin artması sağlanmaktadır.
- Hareketli blok işletmeciliği (Seviye 3) sağlanmaktadır.

ERTMS Seviye 1: Tren ile veri alışverişinin/iletişimin aralıklı olarak belirli noktalara yerleştirilmiş balizler aracılığıyla yapıldığı tren kontrol sistemidir. Sinyale bağlı değişken bilgi içeren baliz vardır. Hat boyunca konum bilgilerin yer aldığı sabit balizler de vardır. Mevcut sinyal sistemine belirli donanımlar eklenerek bu sistem kurulabilir. Sinyaller, ray devreleri gibi tren konumunu bildirme ve trene hareket bildirimini verme ekipmanları vardır. Sabit blok sistemi kullanılmaktadır.

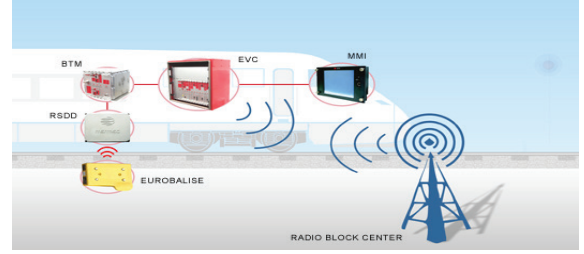
Sistem yol boyundan gelen bilgileri elektronik kontrol ünitesine (LEU) iletir. LEU'lardan gelen bilgilere göre anlaşılan hareket izin yetkisi verir.



Şekil 19. ERTMS Seviye 1

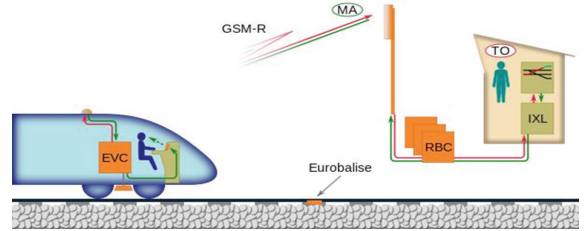
ERTMS Seviye 2: Trenle iletişimin sürekli sağlandığı ve değişken verilerin trene sürekli iletildiği tren kontrol sistemidir. Trenle ses ve veri iletişimi sağlanmaktadır ve GSM-R teknolojisi kullanılmaktadır. Makinist yetkisi

ve ray bilgisi radyo dalgalarıyla gelir. Kabin ekranı sürekli günceldir ve sinyallere, değişken balizlere ve LEU ekipmanlarına gerek yoktur. Ray devreleri vardır. Sabit blok sistemi kullanılmaktadır.



Şekil 20. ERTMS Seviye 2

ERTMS Seviye 3: Trenle iletişimin sürekli sağlandığı ve değişken verilerin trene sürekli iletildiği tren kontrol sistemidir. Hareketli blok sistemi ve GSM-R teknolojisi kullanılmaktadır. Tüm kontrollere tren kendiliğinden yapar. Değişken balizlere, sinyallere, ray devrelerine gerek yoktur.



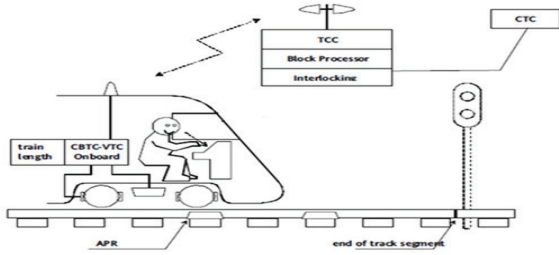
Şekil 21. ERTMS Seviye 3

4. HABERLEŞMEYE DAYALI TREN KONTROLÜ (CBTC)

Marmaray'da hat 1 ve hat 2'de CBTC, hat 3'te ERTMS kullanılmaktadır. Marmaray'ın tüp/tünel kısmında Ayrılık Çeşmesi - Kazlıçeşme arasında iki hat vardır. Bu hatlarda ERTMS ve CBTC birlikte kullanılmaktadır.

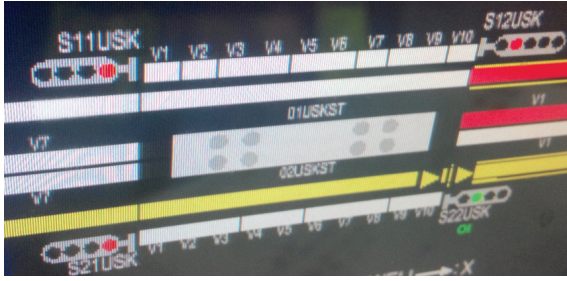
Haberleşmeye dayalı sinyalizasyon sistemi, konvansiyonel tren işletmeciliğinde Marmaray ile birlikte ülkemizde ilk defa uygulanmaktadır.

CBTC, anlaşılanın güzergah durumu hakkında verdiği bilgilere ve tren konum bilgilerine dayalıdır. Trenin hareket izni blok işlemci (BP) tarafından belirlenen tren konumuna bağlıdır. BP'ler telsiz aracılığıyla trenlerden sürekli konum bilgilerini alırlar. Araç üstündeki anten vasıtasıyla sürekli BP'ye tren konum bilgisi iletilir. BP anlaşılanla çift yönlü iletişim halindedir. Hareket izni; hız, güvenli mesafe bilgisi ve öndeki güzergahın coğrafi verilerini içerir.



Şekil 22. CBTC

CBTC’de fiziksel blok içerisinde sanal bloklar vardır. Bir fiziksel blok içerisine birden fazla CBTC donanımlı tren girebilmektedir. Aşağıdaki şekilde S11USK ile S12USK sinyalleri arasında kalan 01USKST fiziksel blok içerisinde yazılımsal olarak belirlenmiş sanal bloklar (V1-V10) gösterilmiştir.



Şekil 23. Fiziksel blok içerisindeki sanal bloklar

5. SONUÇ

Teknolojinin hızla ilerlemesine paralel olarak konvansiyonel ve hızlı tren hatlarında kullanılan sinyalizasyon sistemleri de gelişme göstermiştir. Eskiden yaygın olarak kullanılan mekanik sistemler yerine elektronik ve bilgisayar ağırlıklı sistemler kullanılmaya başlanmıştır. Buna bağlı olarak trenler daha kısa zaman aralıklarıyla işletilebilmektedir ve hat kapasitesi artmaktadır. Sinyalizasyon sisteminde daha az ekipman kullanıldığından bakım onarım faaliyetlerindeki süre azalmaktadır. Trenlerin birbirlerini denetleyebilmelerine bağlı olarak trafik emniyeti artmaktadır.

Bu makalenin birinci bölümünde Marmaray’ın tarihçesinden bahsedilmiştir. İkinci bölümde sinyalizasyon sistemi tanımlanmış ve bileşenleri açıklanmıştır. Üçüncü bölümde Marmaray’da kullanılan ERTMS sistemi ve dördüncü bölümde Marmaray’da kullanılan CBTC sistemi açıklanmıştır.

6. KAYNAKLAR

1.Karayanık S, Binay İ, Temiz İ. “ Demiryolu Ulaşımında Modern Sinyalizasyon Sistemlerinin Gelişimi

” Otomasyon dergisi, Sayı 275, syf. 84-92. Türkiye, Mayıs 2015.

2. Ayşaroğulları, Ö E. (2009) Railway Signalization SCADA and Simulation Project for Interlocking Systems, İstanbul Teknik Üniversitesi FBE, İstanbul, Türkiye.

3. OHL, Invensys Rail Dimetronic dökümanları

4.www.railsystem.net/communications-based-train-control-cbtc/ (28 Mayıs 2016)

5.www.marmaray.gov.tr (20 Mayıs 2016)

6.www.ertms.net (26 Mayıs 2016)

7. Karayanık S. “ Marmaray Aydınlatma Sistemi” Yüzey İşlemler dergisi, Sayı 100, syf. 66-72. Türkiye, Ocak-Şubat 2015



Süleyman KARAYANIK

1981 yılında Zonguldak, Devrek, Adatepe köyünde doğdu. İlkokulu Adatepe’de, ortaokulu Esenyurt İlköğretim

okulunda, liseyi Kastamonu Anadolu Meslek Lisesinde bitirdi. Üniversite eğitimine Abant İzzet Baysal Üniversitesi Elektrik Öğretmenliği bölümünde başladı. 2008’de Marmara Üniversitesi Elektrik Öğretmenliği bölümünden mezun oldu. Mühendislik eğitimine Doğu Üniversitesi Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği (İng) bölümünde başladı. 2014’te Yeni Yüzyıl Üniversitesi Elektrik Elektronik Mühendisliğini bölüm birincisi olarak bitirdi. Halen Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik Elektronik Mühendisliği bölümünde Yüksek Lisans eğitimine devam etmektedir.

2007’de Haydarpaşa Elektrikli Sinyal Şefliğinde Tesisler Sürveyanı olarak işe başladı. Halen Marmaray Tüp/Tünel Sinyalizasyon ve Telekomünikasyon Başmühendisliğinde çalışmaya devam etmektedir.