

RAYLI TOPLU TAŞIMDA SİNYALİZASYON SİSTEMLERİ

Halil SÖYLER¹ Süleyman AÇIKBAŞ²

^{1,2}İstanbul ULAŞIM AŞ, Ferhatpaşa Metro Tesisleri, Esenler, İstanbul

¹e-posta: soyler@istanbul-ulasim.com.tr

²e-posta: acikbas@istanbul-ulasim.com.tr

Anahtar sözcükler: Raylı Sistem, Sinyalizasyon, Ray Devresi, Tam Otomatik Sürüş

ÖZET

Tramvay, Hafif Metro (LRT) ve Metro sistemlerinde hızlı, dakik ve emniyetli ulaşım önemlidir. Bu emniyet ve dakiklik sinyalizasyon sistemleri ile sağlanır. Sinyalizasyon sistemi raylı sistemlerde uçaklardaki güvenlik sistemleri gibidir ve emniyet bütünlüğü seviyesi (SIL) Metro hatlarında SIL4 ve tramvay kontrol sistemlerinde ise SIL2-3 dür. Sinyalizasyon sistemi ile sağlanan emniyet sayesinde yolcuların karşılaacağı riskler normal hayatta karşılaacağı riskler ile eşit seviyededir.

Bu bildiriye, şehiriçi raylı toplu ulaşımında kullanılan sinyalizasyon sistemleri anlatılacaktır. Sinyalizasyon sisteminin önemi ve yeni teknolojilerin karşılaştırılması ve Dünyada giderek yaygınlaşmakta olan tam otomatik sürücüsüz metro sistemlerinin avantajları kısaca anlatılacaktır.

1. GİRİŞ

Büyük şehirlerde trafik ve ulaşım probleminin çözümü içinde dünyanın birçok ülkesinde raylı sisteme önem verilmiş ve problem hafifletilmiştir. Ülkemizde, raylı sistemler 90'lı yıllara kadar az gelişmiş olarak gelmiştir. Günümüzde raylı sistemler toplu taşımada büyük öneme haizdir. Büyük şehirlerimizde karayolu taşımacılığında yaşanan darboğazların yol açtığı trafik sıkışıklığının hafifletilmesi için raylı toplu taşıma sistemlerine yapılan yatırımlar giderek artmaktadır.

Bildiriye ilk olarak sinyalizasyon sistemlerinin tarihi gelişimi verilecek, daha sonra şu anda kullanılmakta olan çeşitli sinyalizasyon sistemleri ve bu sistemleri oluşturan temel sinyalizasyon öğeleri kısaca tanıtılacaktır. Sinyalizasyon sistemlerinin birbirlerine göre avantaj ve dezavantajları verilecektir. Son olarak, günümüzde giderek yaygınlaşmakta olan tam otomatik sürücüsüz sistemlerin diğer sistemlere göre sağladığı avantajlar ve üstünlükleri verilecektir.

2. SİNYALİZASYON SİSTEMLERİ TARİHÇESİ

Demiryolu ilk gelişmeye başladığı yıllarda sadece hızlı bir ulaşım aracı olarak kabul ediliyor ve kaza vs problemler için herhangi bir önlem almak lüzumsuz görülüyordu. Hat ve kavşak sayısı azdı ve tren

katarları/dizileri de az sayıda araçlardan oluşmakta idi. Ayrıca trenlerin hızıda çok düşük olduğu için kontrol daha kolay oluyordu. Yol boyunca yolun açık olduğu ve önde tren olmadığı varsayılıyordu.

Fakat zamanla yaşanan kazalardan ve problemlerden sonra çözüm amacıyla el veya bayrakla işaret veren işaretçi görevliler hat üzerine konulmaya ve bu şekilde tren işletmeleri yapılmaya çalışılmıştır. Ancak, tren hız ve ağırlıklarının ve aynı zamanda trenlerin bağlandığı araç/vagon sayılarının artması, makinistlerin görüş mesafesi içinde trenlerin durdurulması veya emniyetli şekilde ilerletilmeleri problem olmaya başlamıştır. Bu nedenle, tehlikeli bölgelerden önce işaretlerin tekrar edilmesi ihtiyacı doğmuştur. Fakat işaretlerin veya flamaların uzaklardan görülememesi tren hareketlerini kısıtlamış ve işaretçilerin artırılması ihtiyacını doğurmuştur.

1840'lı yıllarda hız, emniyet ve ekonomi bakımından zaman aralığı yöntemi uygulanmaya başlanmıştır. Buna göre trenler için belli aralıklar tespit edilmiş ve bu müddetlerde karşılaşma noktalarına varmaları talimatı verilmişti. Fakat bu yöntemde trenlerin aksi veya aynı istikamette yol alan diğer trenlerden haberi olmamakta idi.

Bu eksiklik düşünülerek zaman aralık metodu yerine mesafe aralık yöntemine geçildi. Bu yöntemde demiryolu hattı kısımlara bölünmüş yani bloklar oluşturulmuş ve her bloğun başına bir işaret konmuştur. Bu işaretler vasıtası ile makinistler girmekte oldukları blokların işgal edilmiş olup olmadığını anlıyorlardı.

Mesafe aralık yönteminin uygulanması sabit hat sinyallerinin keşfine yol açmıştır. Telgrafın keşfi ile beraber zil ve telgraf beraber kullanılmış ve sinyal operatörleri bir sonraki istasyona blokların durumunu bildirerek trenlerin hareketlerini yönlendirmişlerdir. Bir evvelki sinyal operatörü bir sonraki istasyondan müsaade istiyor ve memur devreye yol verdikten sonra müsaadeyi veren memur kendi istasyonundaki sinyal devresini çalıştırabiliyordu.

Trenler arasını belirli miktarlarda mesafelendirmek düşüncesi ile tatbik edilen sinyal sistemi 1900'li yıllarda, Kontrol operatörleri tarafından elle

çalıştırılan blok sistemi, kontrollü elle çalıştırılan blok sistemi, yarı otomatik blok sistemi, Otomatik blok sistemi, mekanik blok sistemi gibi değişik sistemlerle gelişmeye devam etmiştir.

Türkiye’de ilk sinyalizasyon uygulamaları Sirkeci-Halkalı banliyö hattının 1955 yılında kurulması ile başlamış ve 1968 yılında da Haydarpaşa – Ankara hattının sinyalizasyon edilmesi ile devam etmiştir. Şu anda ise 9000 km civarında olan anahatların %20-25 civarı sinyalizasyonludur.

Günümüze gelindiğinde ise sinyalizasyon sistemleri çok gelişmiş, trenleri otomatik olarak makinistlere dahi ihtiyaç duymadan sürebilir dereceye gelmiştir.

Sinyalizasyon sistemi temel olarak 2 temel öğeden oluşur.

- 1- Saha Ekipmanları: Ray devreleri, Otomatik Makaslar, Sinyal Lambaları, Trenle haberleşme ekipmanları (Bikin, endüktif lop, sızdımlı kablo vs.)
- 2- Merkezi yazılım ve interlocking (Anlaşman)

3. SİNYALİZASYON SİSTEMİNİN TEMEL ÖGELERİ

3.1. Ray devreleri (Tren algılama):

Tren yerlerinin belirlenmesinde kullanılan bu ekipmanlar değişik tiplerde olabilmektedir.

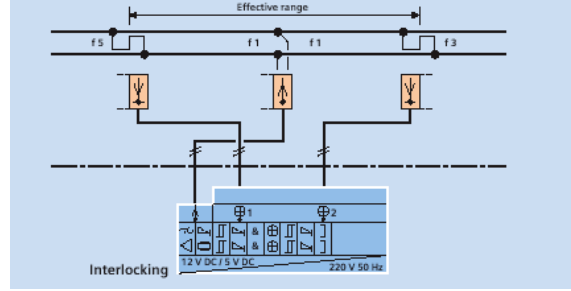
İzole Cebireli Ray Devreleri:

İzole cebireler ile birbirinden elektrikli olarak ayrılmış ray bölgelerine uygulanan gerilimin kontrol edilmesi ile trenin varlığı anlaşılır. Ray hattı izole cebire ile belli bölgelere ayrıldıktan sonra bu bölgelerin herhangi bir tarafından bir besleme gerilimi verilir ve ray bölgesinin diğer tarafından da gerilim kontrol edilir. Eğer izole edilmiş bölgeden uygulanan gerilime göre bir geri dönüş gerilimi alınıyorsa ray bölgesinde tren yoktur. Tren bir ray bölgesinde girince iki ray arasında kısa devre eder. Bu durumda ray uygulanan gerilimden geriye dönüş olmayacağı bölgede trenin varlığı anlaşılır. Burada tren algılama sistemi ters mantıkla çalışır. Yani gerilim varsa tren yok, gerilim yoksa tren var addedilir. Bunun sebebi ise hata emniyetli şekilde çalışma mecburiyetidir. Herhangi bir sebepten (kablo kopması, kısa devre, ekipman arızası vs) dolayı uygulanan gerilim geri alınmazsa o bölgede trenin olduğu addedilir ve sistemde arıza olsa dahi en emniyetli duruma geçeceği için kazalar önlenir. Özellikle eski sistemlerin tamamı Ray Devrelidir. İstanbul LRT hattı, İzmir Metrosu ve TCDD banliyö ve şehirlerası hatlarında izole cebireli ray devreleri kullanılmaktadır.

Kodlu Ray Devreleri:

Kodlu ray bölgelerinde rayları izole cebire ile ayırmaya gerek yoktur. Onun yerine ray bölgeleri arasında kapasitif ayırıcılar kullanılır. Ray bölgesinin bir ucundan verici vasıtası ile rayaya verilen ses frekansı

ray bölgesinin diğer ucundan bir alıcı vasıtası ile alınır ve ölçülür (Şekil-1). Eğer frekansta bir sapma varsa fail-safe mantığa göre tren varmış gibi düşünülür ve bölge kilitlenir. Son yıllarda inşa edilen olan sabit bloklu sistemlerde, ses frekanslı ray devreleri kullanılmaktadır. Özellikle kısa mesafeler de aracın algılanmasını gerektiren düşük zaman aralıklı tren işletmesi yapılan sistemlerde kullanılması avantajlıdır. Ayrıca ray kesintisiz olduğu içinde yolculuk konforu artar ve bakım maliyeti düşer. Son zamanlarda işletmeye açılan Ankararay raylı sistemler ve Taksim – 4 Levent İstanbul Metrosu kodlu ray devresi kullanılmaktadır.



Şekil-1: Basit bir ses frekanslı ray devresi örneği

Aks Sayıclı Ray Devreleri:

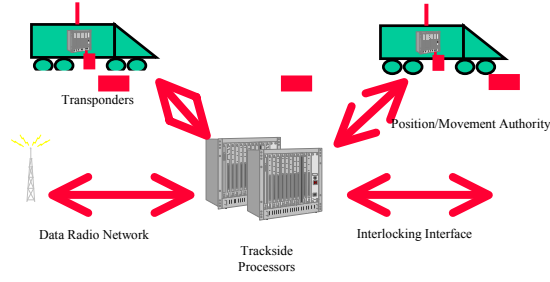
Ray bölgesine giren çıkan aksları sayarak trenin bölgede olup olmadığını anlayan ray devresidir. Eğer bölgeye giren aks sayısı bölgeden çıkana eşit değilse fail-safe mantıkla bölgede tren var kabul edilir. Özellikle şehirlerarası raylı sistemlerde Ray Devresi yerine yeni sistemlerde Aks Sayıcı (Şekil-2) tercih edilmektedir. Aks sayıcı sistemde izole cebire kullanmadığından bakımı kolaydır ve ray kesintisiz olduğu için yolculuk daha konforludur. Ülkemizde ise Aks sayıclı ray devresi Bursaray hattında kullanılmıştır. Dünya da ise özellikle şehirlerarası hatlarda hızla yaygınlaşmaktadır.



Şekil-2: Aks sayıcı örnekleri [11]

Hareketli Blok (Moving Block) Ray Devreleri:

Hareketli blok sinyal sisteminde ray devreleri sanaldır ve uzunluğu trenin hızına, durma mesafesine, fren gücüne, bölgenin kurp ve eğim parametrelerine göre değişir. Kumanda merkezindeki program her trenin önündeki mesafeyi otomatik olarak ayarlar ve trenin hızını düşürür veya yükseltir. Bu şekilde ray devresi olarak kullanılan mesafe kısa olacağı veya gereksiz yere uzun tutulmayacağı için hattın kapasiteside artar. Genellikle 90 sn ve altındaki hat kapasitelerinde kullanılması daha ekonomiktir. Ülkemizde Ankara metrosunda hareketli blok sinyalizasyon sistemi kullanılmıştır.



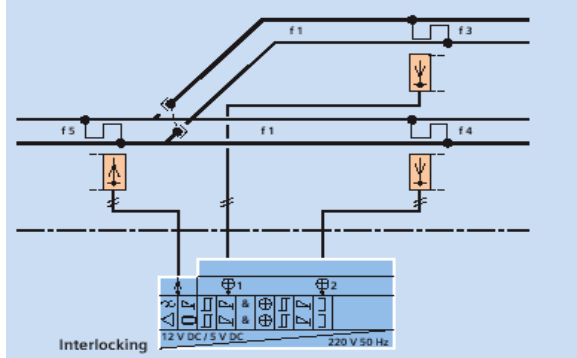
Şekil-3: Moving block sinyal şeması

3.2. Sinyaller:

Her ray bölgesinin veya yol girişlerinin başlangıcında trenlerin ilerlemesini veya durmasını kumanda eden trafik ışıkları bulunur. Kırmızı dur, yeşil geç manasındadır. Genelde tren eğer kırmızı ışığı geçerse otomatik olarak durdurulur. Sinyal sistemlerinin teknolojisine göre (bikın, endüktif loop, farklı reklı lambalar, GSM-R vs) her sinyal bölgesinin başlangıcında o ray devresi bölümünde hız sınırları bilgisi trene verilir ve güvenli seyir sağlanır. Moving block sinyalizasyon sisteminde bloklar değişebileceği için hat boyunca sinyaller yoktur sadece istasyon veya makaslarda ihtiyaca göre konulabilir.

3.3. Makaslar:

Trenlerin yön değişimleri makaslar yardımı ile olur. Makaslar da sinyalizasyon sisteminde yine fail-safe mantığına göre bölgede araç olduğu veya geçtiği durumda komut almaz ve makasların konumu ile ilgili bir şüpheli durum olduğunda da yine makasın kumandasına izin verilmez.



Şekil-4: Basit Makas sinyalizasyonu uygulaması

3.4. Trenüstü (On-board) ekipmanları:

Trenlerin üzerinde sinyalizasyon sisteminden gelen bilgileri alan ve ona göre treni hareket ettiren veya hareketini yönlendiren elektronik ünedir. Trenin sinyale göre hareket etmesinde sistemin en önemli bileşenidir. On-board ekipmanları makinistin treni sürdüğü sistemlerde hız sınırına veya diğer emniyet kurallarına uyulmadığı zaman önce makinisti uyarırlar ve tren üzerinde emniyetle ilgili bir eksiklik (kuplaj kopması, kapıların açılması, fren sisteminde bir arıza vs) veya sinyal sistemine göre bir hata (hat üzerinde bir engel algılanması, tanımlanmış maksimum hızı aşma vs) gördükleri an treni durdururlar. Otomatik sistemlerde ise makinisti uyarma olmayacağı için

güvenlik ölçme metodları biraz daha geliştirilmiş ve acil durum olduğunda yine güvenlik amaçlı tren durdurma yapılmaktadır. Sinyalizasyon sistemlerindeki kazaların bir çoğu on-board ekipmanları kapatılarak yapılan manuel sürüşlerde meydana gelmektedir.

3.5. Merkezi anlaşıman (Interlocking):

Kumanda merkezinde tüm hat boyu ekipmanlarının bilgileri toplanır ve bu bilgilere göre bir trenin bir ray bölgesine girmesine izin verilir ve verilmeyeceğine karar verilir. Bir makas veya ray bölgesine herhangi bir tren girdiğinde o tren bu ray bölgesini terk edene kadar bölge kilitlenir ve bölgede herhangi bir işlem yapılmasına izin verilmez. Bu şekilde trenler izin verilen bloktan diğer bloğa giremeyeceği (girmek istese bile ATC (Automatic Train Control)/ATP (Automatic Train Protection) tarafından durdurulacağı) için trenlerin karşılaşması/çarpışması engellenir.

Merkezi kilitleme sistemi ilk önceleri röleler vasıtası ile yapılmakta idi. Yani meşgul olan bölgenin rölesi çeker ve diğer komutlar uygulanmazdı. Yeni sistemlerde ise artık fail-safe (Safety Integrity Level 3-4) yazılımsal anlaşıman sistemleri kullanılmaktadır. Merkezi kilitleme sistemleri en az 2 adet endüstriyel bilgisayardan oluşur ve yapılan işlemler her iki bilgisayarda ayrı ayrı yapılır ve sonuçlar karşılaştırılır. Eğer sonuçlarda farklılık varsa komut uygulanmaz. Kilitlemenin fonksiyonları:

1. Trenin gideceği güzergah dışındaki bütün yollar Merkezi interlocking-anlaşıman tarafından kilitlenir.
2. Trenin yön değiştireceği her noktada rota kilitleme ile yol tanzimi yapılır. Bütün elektrik motorlu makaslar doğru pozisyona alınır ve mekanik olarak kilitlenir.
3. Sinyal tanzimi yapılan yani trenin seyredeceği bölgede trenin varlığının takibi yapılır.
4. Kilitlenen bölgeden trenin geçişi ile beraber diğer trenlerin geçişine müsaade edilebilmesi için otomatik serbest bırakılır.

Trenin hareket edeceği güzergahtaki sinyallerin ve makasların tanziminden sonra tren geçene kadar durumu muhafaza eder.



Şekil-5: Kumanda Merkezi

4. SİNYALİZASYON SİSTEMLERİ

Günümüzde kapasiteyi arttırmak ve emniyetli sürüş yapmak için tramway sistemlerinde de kendine özgü bölgesel sinyalizasyon sistemleri kullanılmaktadır. Tramway sistemlerinde düz yolda karma trafiğin uygulandığı bölgelerde görerek sürüş, makas ve tünel bölgelerinde ise interlocking ile emniyet sağlanır. Tünel bölgesinde sinyal konmasının mantığı; tünelin girişinde aydınlıktan karanlığa geçildiğinden önde durmuş olabilecek trenin veya kurplarda duran trenlerin farkedilemeyeceği için 15 km'nin üstünde hız yapılacak tünel alanlarında sinyalizasyon sistemi kurulmasıdır.

Günümüzde birçok sistemden bahsedilirken temelde hafif metro ve metrolarda üç tür sinyalizasyon sistemleri kurulmaktadır.

1. Sabit (Fixed) blok manuel sürüş
2. Sabit (Fixed) blok otomatik sürüş
3. Hareketli (Moving blok) otomatik sürüş

4.1. Sabit blok manuel sürüş sinyalizasyon sistemi:

Bu sinyalizasyon sisteminde sinyal sistemi sinyal lambaları vasıtası ile makinisti yönlendirir. Günümüzde genelde 10 dakikanın altında sefer aralığı olan sistemlerde zaman çizelgesi uygulama mecburiyeti doğmuştur. Bir sistemde 10 dakikanın altında bir sefer aralığı (Headway Time – HT) varsa trenler arasındaki mesafenin korunması gerekmektedir. Sabit bloklu manuel sürüş sistemlerinde trenler arasını tam olarak ayarlamak mümkün olmadığından sefer aralıklarını tutturmak pek mümkün olmamaktadır. Bu tür sistemlerde genelde sefer aralıklarını maksimum oranda tutturmak için makinistlerin deneyimlerine güvenilmektedir. (ör. İstanbul ve İzmir Hafif Metro hatları) Fakat makinist tecrübelerine göre bir sürüş eğer hattın kapasitesi 10 dakikalık headwayden düşükse tren aralıkları tutturulamamakta ve Makinist Bilgilendirme Sistemleri (DIS) ve Araç Takip Sistemleri kullanılması gerekmektedir (ör. Ankara ve Bursa Hafif Metro hatları).

4.2. Sabit blok otomatik sürüş sinyalizasyon sistemi:

Otomatik tren işletme sistemine sahip bu sistemlerde trenler kumanda merkezi tarafından bilgisayar vasıtasıyla otomatik olarak sürülmektedir. Zaman çizelgesine göre tren hareket saatleri işletme programına kaydedilir. Trenin hangi hızda nasıl gideceği bazen blokların başında veya devamlı trenle haberleşme yoluyla alınmaktadır. Merkezi interlocking trenlerin konumunu algılar ve durması gerektiği noktayı ve nasıl güvenli olarak duracağını trene bildirir. Trende aldığı bilgiye göre duracağı yeri, uygulaması gereken fren gücünü hesaplar ve ona göre bir fren gücü uygular.

Eğer tren çalıştırma sıklığı düşük tutulmak isteniyorsa sinyalizasyon sisteminin ilk dizaynı sırasında (ör. HT = 90 sn. veya 120 sn.) ray devrelerinin uzunluğu kısa tutulmalıdır. Düşük tren aralıklarında uygulanması zor olmakla beraber 2 dk civarındaki tren aralıklarına kadar uygun bir çözümdür. Manuel sürüş sinyalizasyon sistemine göre %10-15 daha fazla maliyetli olmakla beraber, sürüş senkronizasyonu, enerji ve personel tasarrufu düşünüldüğünde uygun bir çözümdür. Taksim – 4 Levent arasındaki İstanbul metrosu bu sistemi kullanmaktadır.

4.3. Hareketli (Moving) blok otomatik sürüş

Sinyalizasyon sistemlerindeki gelişimin ulaştığı son noktadır. 1960' larda başlayan ilk araştırmalar ve denemelerden sonra ilk Tam Otomatik - Sürücüsüz Raylı Sistem 1983 yılında Lille, Fransa' da Siemens tarafından inşaa edilerek hizmete açılmıştır. Günümüze kadar bütün büyük raylı sistem üreticileri bu sistemler üzerinde çalışarak geliştirmeye devam etmişlerdir. Günümüzde ise haberleşme sistemini CBTC ile yaparak gelişmesine devam etmektedir.

Kumanda merkezi her trenle hat boyunca döşenmiş sızıntılı kablo veya kablosuz ağ yoluyla haberleşir. Kablosuz ağ yoluyla trenle haberleşilen sistemlerde Sinyalizasyonun güvenlik seviyesinin yüksek olması gerektiğinden haberleşme sistemi yedeklidir yani çift kanal haberleşme kullanılır ve sahadan gelen bilgiler tren üzerinde karşılaştırılır. Trenlerin hangi hattın hangi noktasında olduğu (dopler radar, GPS, aracın km sayacı vs yardımı ile bu konum belirlenir) tren tarafından kumanda merkezine gönderilir. Her trenin, önündeki trene ne kadar yaklaşacağı trenin hızına, fren gücüne ve yol durumuna göre her zaman yeniden hesaplanır ve trene gönderilir ve buna göre trenin hızı yeniden ayarlanır. Her trenin bulunduğu bölge ayrı ayrı kilitlenir ve her trenin hızı ayrı ayrı hesaplanır.

Genelde 90 sn. ve daha az sefer aralıkları için cazip bir sinyal sistemidir. 90 saniyenin üstündeki sefer aralıklarında bir sinyal sistemi için bazen pahalı kalmakla beraber genelde yolcu yoğunluğu olan hatlarda uygundur. Özellikle son yıllarda IEEE tarafından açık kod olarak standarta giden Haberleşme Tabanlı Tren Kontrolü (Communication Based Train Control-CBTC) sistemleri tek firmaya bağlı kalmama yönünden de avantajlıdır. Yani bir firmanın yapmış olduğu sinyal sistemini diğer sinyal firması da uzatabilir ve böylece özellikle uzatma projelerinde rekabet ve fiyat avantajı oluşur.

5. TAM OTOMATİK SÜRÜCÜSÜZ (TOS) SİSTEMLER ve AVANTAJLARI

Raylı toplu taşımada sürücüsüz veya tam otomatik sistemler yaygınlaşmaktadır. Hem hareketli blok hemde sabit blok sistemlerde tam otomatik bilgisayar kontrollü tren sürüşü mümkündür. Yıllardır yapılan testler ve uygulamalar başarı ile sonuçlanmıştır.

TOS sisteminin avantajları aşağıda verilmiştir:

Güvenlik ve Emre Amadelik

1. TOS Sistemler insan hatasını engellemektedir. Mevcut sistemlerde kazaların bir çoğu insan hatasından kaynaklanmaktadır.
2. Ayrılmış yol kullanımı yaya ve araç ile çarpışmaları önlemektedir.
3. Platform kapıları kullanılması durumunda hat'a insan düşmesini ve yolcuların sebep olduğu gecikmeleri önlemektedir.

Yüksek Kalitede Hizmet

1. TOS Sistemler ile trenler arasındaki Headway süresi minimuma indirilerek yolcuların bekleme süreleri kısaltılmaktadır.
2. Aktarma noktalarında bekleme süresi kısaltılabilmektedir.
3. Yüksek ticari hız, kısa yolculuk süreleri ve dakiklik toplu taşımının yolcu çekim etkisini arttırmaktadır.

Yüksek İşletme Esnekliği

1. Değişkenlik arz eden yolculuk taleplerine gerçek zamanlı olarak hat'a araç sokma veya hattan tren çekme şeklinde cevap verebilme özelliği.
2. Araç içinde Sürücülerin / Personelin olmaması personel verimliliğini arttırmaktadır. Tabii araca makinist konup/konmaması işletmeciliği yapan firmanın seçimine bağlıdır. Trende bulundurulacak personeller yolculara hizmet kalitesini artırıcı şekilde örneğin yolculara yardımcı olacak şekilde çalıştırılabilir.

Düşük Bakım Maliyeti

1. TOS sistemlerde eğer hareketli blok kullanılırsa (özellikle CBTC'de) kullanılan saha ekipmanlarının az olması sebebiyle bakım ihtiyacı azdır ve maliyeti düşüktür.
2. Saha ekipmanı az olduğu için arızaya müdahale daha kolay ve arıza giderme süresi daha düşüktür.

Minimum Çevresel Etki

1. Belirli yolculuk talebi için kullanılacak Headway süresinin kısaltılması demek daha kısa tren setlerinin kullanılması demektir. Bu altyapının boyutunun ve maliyetinin azalması demektir.
2. Lastik tekerlekli versiyonlarda dik eğimleri rahatlıkla tırmanabilme ve daha az gürültü oluşturma özelliği.

6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu bildiriye raylı sistemlerde kullanılan sinyalizasyon sistemleri kısaca tanıtılmış ve Sinyalizasyon ve haberleşmenin büyük gelişmeler gösterdiği günümüzün teknolojisi otomatik tren işletmesinin avantajları verilmiştir.

Yeni kurulacak raylı sistemlerde kapasite açısından TOS sistemlerin kurulmasının getireceği avantajlar verilmiştir. Çoğu zaman kapasiteyi artırmak için yapılacak inşaat veya diğer masraflar sinyalizasyon sistemine yapılacak maliyetin yanında karşılaştırılmayacak kadar büyüktür. Teknolojinin gelişmesi ile beraber otomatik sürüş ile manuel sürüşlü sinyalizasyon sistemleri arasındaki fark da %10-15'ler seviyesine inmiştir. Eğer kurulacak raylı sistemin kapasitesinin yüksek olması isteniyorsa, sabit blok yerine hareketli blok sinyalizasyon sistemleri tercih edilmelidir. Eurobalise, GSM-R, CBTC gibi uluslararası standartlara göre açık kodlu sistemlerin kullanılması ilerdeki uzatmaların kolaylaşması, değişik trenlerin aynı hatta sürülebilmesi vb. avantajlar açısından önemlidir.

KAYNAKLAR

- [1] Computers in Railways IX, Editors: J.Allan, C.A.Brebbia, R.J.Hill, G.Sciutto & S.Sone - WitPress, 2004
- [2] IEE Railway Professional Network, Tenth Residential Course on Railway Signalling and Control Systems, University of Nottingham, Jubilee Campus 29 March - 2 April 2004
- [3] Alparslan H., Metrolarda Sinyalizasyon Sistemleri ve Hız Kontrol Tekniklerinin İncelenmesi, Erciyes Üniversitesi, FBE Yüksek Lisans Tezi, Eylül 2001, Kayseri
- [4] Demirbilek A., Raylı Ulaşımında Sinyalizasyon Sistemleri ve Ray Devrelerinin Modellenmesi, YTÜ, FBE Yüksek Lisans Tezi, 1997, İstanbul
- [5] Öncel S., Demiryolu Sinyalizasyonunun Hızlı Tren Hatlarındaki Uygulamaları ve Etkileri, İTÜ FBE Yüksek Lisans Tezi, Ocak 1999, İstanbul
- [6] Can C., Demiryollarında Sinyalizasyon ve Elektronik Kilitleme, GYTE Mühendislik ve FBE Yüksek Lisans Tezi, 2001, Gebze
- [7] www.bombardier.com
- [8] www.siemens.com
- [9] www.alcatel.com/tas/brochures/brochures.htm
- [10] www.ansaldo-signal.com
- [11] www.frauscher.co.at