

Tren Kontrol Sistemi:

X Havalimanı'nda yolcu sayısı ve terminal sayısı artmıştır; mevcut otobüs ulaşım sistemi bu ihtiyaca cevap verememektedir. Yolcu taşımacılığını daha hızlı, güvenli ve etkili hâle getirecek yeni bir tren kontrol sistemi istenmektedir.

Mevcut Sistem (System as is):

- Havalimanındaki mevcut ulaşım sistemi otobüslere dayalıdır.
- Otobüsler yolcu taşıma kapasitesi açısından yetersiz kalmaktadır.
- Trafik yoğunluğu nedeniyle otobüsler yavaş hareket etmekte ve gecikmeler yaşanmaktadır.
- Otobüsle ulaşım düşük frekanslıdır, dolayısıyla yolcular uzun kuyruklarda beklemektedir.
- Bu durum bazı yolcuların uçuş bağlantılarını kaçırmasına neden olmaktadır.
- Çevresel sürdürülebilirlik açısından, otobüslerin sebep olduğu sera gazı emisyonları önemli bir sorun teşkil etmektedir.
- Otobüslerin geliş-gidiş zamanı hakkında net ve anlık bilgi paylaşımı mümkün değildir.
- Zaman yönetimi, güvenlik ve konfor açısından ciddi yetersizlikler mevcuttur.

Yeni Sistem (System to be):

- Tüm terminaller, yer altından tek hatlı dairesel bir demiryolu ağıyla birbirine bağlanacaktır.
- Ana terminal ile şehir terminali arasında iki yönlü (çift hatlı) doğrudan bağlantı sağlanacaktır.
- Park yolları (parking track), aktif olmayan trenler için kullanılacaktır.
- Her hat, blok (block) adı verilen parçalara bölünecek ve her blok giriş sinyali ve sensörlerle donatılacaktır.
- Sistem, yazılım kontrollü tren hareketi ile çalışacak; trenlerin hızlanma, durma ve kapı açma komutları yazılım tarafından verilecektir.
- Trenler üzerindeki ekranlarda mevcut ve sonraki istasyon bilgileri görüntülenecektir.
- Sürücüsüz (tam otomatik) mod desteklenecek, fakat gerektiğinde sürücü destekli standart mod da çalışabilecektir.
- Trenler, trafiğin yoğun olduğu saatlerde yüksek frekansla çalışacak şekilde planlanacaktır.
- Yolcu bilgilendirme sistemi sayesinde hem istasyonlarda hem tren içinde anlık bilgiler sağlanacaktır (örneğin kalkış saati, aktarma yapılacak havayolu şirketleri vb.).
- Sistem, trenler arası güvenli mesafeyi dinamik olarak koruyacaktır ve blok ihlalleri yazılımla engellenecektir.
- Konforlu ulaşım için yumuşak hızlanma/yavaşlama algoritmaları uygulanacaktır.
- Sistem, işletme maliyetlerini düşürmeye ve çevresel etkileri azaltmaya yönelik optimize edilecektir.

İş Gereksinimleri (Business Requirements):

- Havalimanı içinde yolcu taşıma kapasitesi, önceki otobüs sistemine kıyasla en az %50 artırılmalıdır.
- Ulaşım süresi, otobüs sistemine kıyasla ortalama %30 oranında kısaltılmalıdır.
- Trafik yoğunluğundan etkilenmeyen, kesintisiz bir iç ulaşım altyapısı sağlanmalıdır.
- Güvenlik seviyesi, kaza olasılığının yasal limitlerin altına indirilmesiyle iyileştirilmelidir (örneğin, çarpışma riski < 0.001).
- Sistem bakım ve işletme maliyetleri, uzun vadede otobüs sistemine göre %25 azaltılmalıdır.
- Yolcu memnuniyeti, tren konforu, bilgi akışı ve zamanında ulaşım üzerinden ölçülerek artırılmalıdır.
- Çevresel sürdürülebilirlik, sera gazı salınımının azaltılmasıyla sağlanmalıdır (örneğin %40 düşüş).
- Yeni sistem, hem sürücülü hem de sürücüsüz (tam otomatik) modda çalışacak esneklikte tasarlanmalıdır.
- Sistem, yoğun saatlerde her 2 dakikada bir sefer düzenleyebilecek kapasitede olmalıdır.
- İş zekâsı ve raporlama altyapısı kurularak sistem performansı sürekli izlenebilmelidir.

Kullanıcı Gereksinimleri (User Requirements):

- Yolcu olarak, hangi istasyonda olduğumu ve bir sonraki istasyonun ne olduğunu tren içi bilgi ekranından görebilmek istiyorum.
- Yolcu olarak, trenin ne zaman varacağını ve hangi terminale gideceğini istasyondaki panodan takip edebilmek istiyorum.
- Sürücü olarak, sistemden gelen sinyal komutlarını açık bir şekilde görebilmek ve bu sinyallere göre hareket edebilmek istiyorum.
- Sürücü olarak, sistemin beni düzenli aralıklarla uyararak dikkatimi kontrol etmesini istiyorum.
- Yolcu olarak, tren hareket hâlindeyken kapıların kesinlikle açılmamasını istiyorum, böylece güvenliğim sağlansın.
- Bakım görevlisi olarak, trenin hangi blokta olduğunu ve hareket durumu geçmişini izleyerek bakım planlaması yapabilmek istiyorum.
- Yönetici olarak, trenlerin doluluk oranlarını ve sefer sıklığını görebilmek istiyorum, böylece hizmet kalitesini analiz edebileyim.
- Yolcu olarak, trenin geç ya da erken gelmesi durumunda bilgilendirilmek istiyorum.

Sistem Gereksinimleri (System Requirements):

SinMax = maksimum sinyal hızı , bir trenin bir bloğa girmeden önce veya bir blok içinde ulaşabileceği en yüksek güvenli hız sınırını ifade eder.

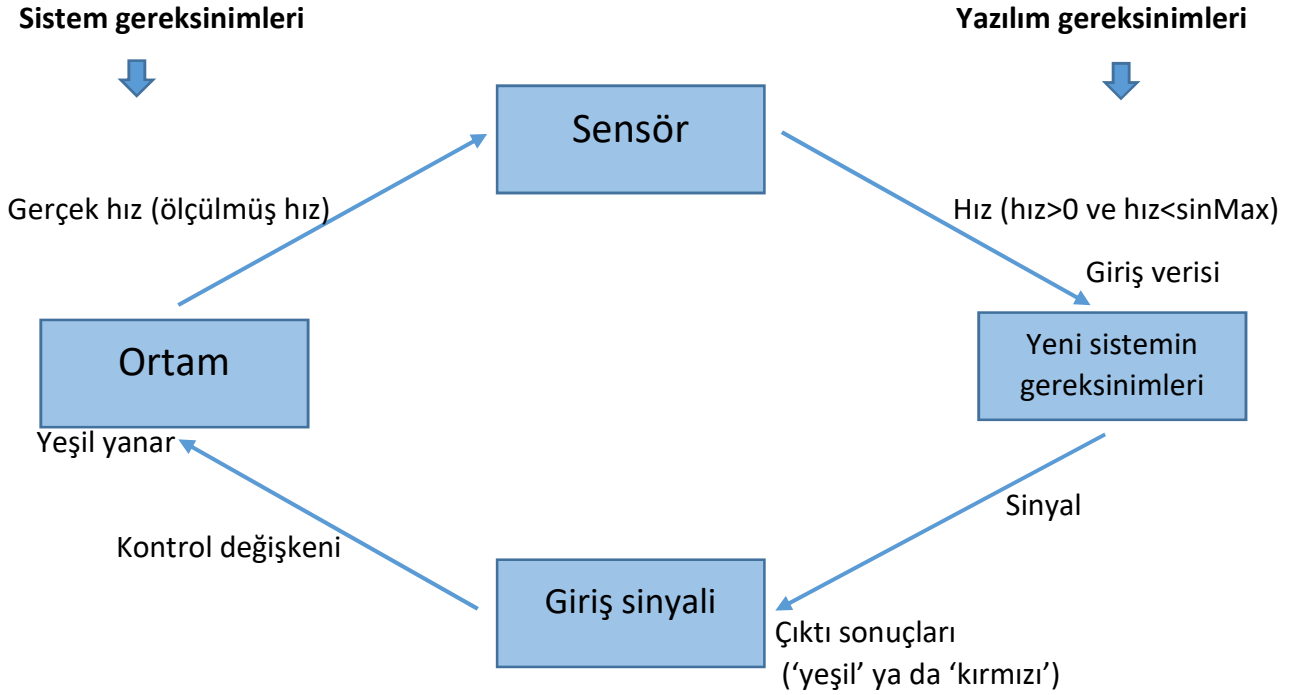
- Tren kalktığında en fazla sinMax hızına sahip olmalıdır.
Tren = 'Kalkıyor' $\rightarrow \text{hız} \leq \text{sinMax}$
- Tren gelmekteyse, maksimum hız sınırını aşamaz.
Tren = 'Geliyor' $\rightarrow \text{hız} \leq \text{sinMax}$
- Tren hareket halindeyse, kapılar mutlaka kapalı olmalıdır.
Tren hareket ediyor $\rightarrow \text{kapılar} = \text{'kapalı'}$
- Tren, bir bloktan sinyal aldığı anda kalkışa geçmelidir.
Sinyal = 'alındı' $\rightarrow \text{Tren} = \text{'Kalkıyor'}$
- Hız sinMax değerini aşmıyorsa, sinyal alınabilir.
 $\text{Hız} \leq \text{sinMax} \rightarrow \text{Sinyal} = \text{'alındı'}$
- Hareket bildirimi yapıldığında sinyal ışığı yeşil yanmalıdır.
Hareket bildirimi $\rightarrow \text{sinyal} = \text{'yeşil'}$

Yazılım Gereksinimleri (Software Requirements):

GerHız = Trenin anlık olarak sistem tarafından ölçülen gerçek hızını ifade eder. Sistem bu değeri sensörler aracılığıyla algılar.

- Tren = 'Kalkıyor' $\rightarrow \text{hız} > 0 \wedge \text{hız} < \text{sinMax} \wedge \text{yön} = \text{'->'}$
- Tren = 'Geliyor' $\rightarrow \text{hız} > 0 \wedge \text{hız} < \text{sinMax} \wedge \text{yön} = \text{'<-}'$
- $(\text{hız} > 0 \wedge \text{hız} < \text{sinMax}) \rightarrow \text{sinyal} = \text{'yeşil'}$
- $(\text{hız} > 0 \wedge \text{hız} < \text{sinMax}) \Leftrightarrow \text{gerHız} > 0 \wedge \text{gerHız} < \text{sinMax}$
- $\text{sinyal} = \text{'y'} \Leftrightarrow \text{yeşil yanar}$
- $\text{hareket bildirimi} \Leftrightarrow (\text{gerHız} > 0 \wedge \text{gerHız} < \text{sinMax})$

Yazılım Gereksinimi İle Sistem Gereksinimi Bağlantısı:



Alan Özellikleri (Domain Properties):

- Bir blokta aynı anda yalnızca bir tren bulunabilir.
Bir blokta aynı anda iki tren olamaz.
- Tren hareket halindeyken kapılar açık olamaz.
Tren hareket ediyor → kapılar ≠ 'açık'
- Tren platformdaysa ya duruyordur ya da hareket halindedir.
Tren platformda → Tren = 'duruyor' V Tren = 'hareket ediyor'
- Platform 'dolu' ise ya tren tamamen duruyordur ya da hareket halinde olmalıdır.
platform = 'dolu' → hız = 0 V (hız > 0 ∧ hız < sinMax)
- Tren sinyal olmadan bir bloğa giriş yapamaz.
Sinyal ≠ 'alındı' → Tren yeni bloğa giremez

İşlevsel Gereksinimler (Functional Requirements):

1. Tren, blok geçişinde sinyal varlığını kontrol etmelidir.
2. Tren ekranında bir sonraki istasyon bilgisi görüntülenmelidir.
3. Tren kalktığında sistem otomatik olarak "hareket bildirimi" üretmelidir.
4. Yolcu bilgilendirme ekranında trenin yönü ve tahmini varış süresi yer almalıdır.
5. Kapılar yalnızca tren tam olarak durduğunda açılabilir.
6. Sürücü varsa, yazılımın gönderdiği tepki testlerine zamanında yanıt vermelidir.

İşlevsel Olmayan Gereksinimler (Non-Functional Requirements):

1. Sinyal iletimi gerçek zamanlı olarak 500 ms altında gerçekleşmelidir.
2. Tren içi ekran güncellemeleri her 1 saniyede bir yenilenmelidir.
3. Sistem yoğun saatlerde dahi 99.9% kullanılabilirlik sunmalıdır.
4. Tren veri aktarımı kesintisiz ve şifreli kanallar üzerinden yapılmalıdır.
5. Sistem arızalarında manuel müdahale opsiyonu olmalıdır.
6. Tam otomatik modda sistem %100 otonom kontrol sağlamalıdır.

Gizlilik ve Bütünlük Gereksinimleri:

- Tren hız ve yön bilgileri yalnızca yetkili yazılım servisleri tarafından değiştirilebilir.
- Giriş sinyali duruma müdahale yalnızca kontrol odası tarafından yapılabilir.
- Yolcu ekranında kişisel veri içeren herhangi bir bilgi gösterilmemelidir.

Varsayım (Assumption):

- Blok içindeki sensörler çalışır durumdadır ve trenin varlığını doğru şekilde algılar.
- Tüm sürücüler yazılım tarafından gönderilen uyarılara zamanında tepki verir.
- Kapı sensörleri kapıların kapalı olup olmadığını sistem doğru şekilde bildirir.
- Otomatik modda yazılım, tren hareketini dış müdahale olmaksızın kontrol eder.
- Yeşil sinyal yandığında trenin önünde başka tren olmadığı varsayılır.

Tanımlar (Definitions):

- Tren: Belirli bir hat üzerinde yolcu taşıyan raylı taşıma aracı.
- Blok: Tren izleme ve kontrolü için ayrılmış sabit uzunluktaki yol parçası.
- Sinyal: Trenlerin bloklara girişini yöneten ışıklı/elektronik gösterge.
- sinMax: Sistem tarafından tanımlanmış bir blokta ulaşılabilecek maksimum güvenli hız.
- Hareket bildirimi: Tren hareket ettiğinde sistemin oluşturduğu dijital bildirim.
- Kapılar: Yolcuların giriş/çıkışı için kullanılan, güvenlik gereği hareket sırasında kapalı olması gereken sistem elemanları.
- Yön: Tren hareketinin ilerlediği doğrultu ('->' gidiş, '<-' geliş).