

# Distributed Online Training Simulation for Railway Dispatcher

Nuri Ozalp, Ahmet Basgoze, Ozdemir Kavak, Burcu Kalkan

TUBITAK BILGEM

Informatics and Information Security

Research Center

Kocaeli, Turkey 41470

Email: (nuri.ozalp, ahmet.basgoze, ozdemir.kavak, burcu.kalkan)@tubitak.gov.tr

**Abstract**—Computer Simulations can be considered as a powerful tools for learning such as analysing, designing, and interacting. Especially in the vital criticality level it has become more important tools such as train traffic simulation. The most important purpose of the train control system to prevent train collisions with other trains, keeping them in safe range.

The purpose of this study is to provide train traffic control in a distributed simulation system. The system consists of an instructor five students and a scenario-editor. The system use real train route model located in Turkey. During the simulation, dispatchers console can controls train traffic which have different size and speed in system. Success in educational outcomes can be measured. Instructor console make decisions about the organization of teaching and learning experiences, classroom management, and responses to individual students. The user is able to monitor and track the progress of five targeted students throughout the course of the simulation.

## I. INTRODUCTION

Tren trafii kontrol sistemleri ok kritik sistemlerdir. Amalar trenleri gvenle ve zamannda varmas gereken hedeflere ulatmaktr.

Anlk konum eski model trenlerde bilinmemektedir. Sinyalizasyon sistemleri sayesinde trenlerin yaklak konumlar 3km civarnda tahmin edilebilmektedir. Tren trafiini ynetenlere dispeer denilmektedir. Son yllarda dispeer eitimi sefer saylnn artmas ve tren yollarlnn artmas ile daha nem kazanmtr. Bu nedenler birok eitimi simulasyonu gelitirilmistir. zellikle kontrol merkezlerinde birden ok sipeerin birlikte almasndan dolay datk yapl ve birden ok kullancıl simulasyonlar nem kazanmtr. Bu sayede tek bir simulasyonda hazrlanan youn trafikli seneryo ile birden ok dispeerin birlikte tren trafii ynetmesi ve birok problemle baa kmas nem arz etmektedir.

Bu almada eitmen, renci, seneryo editr ve deerlendirme modl olmak zere 4 modl gelitirilmistir. Seneryo editr ile istenilen arazi hazrlanmakta ve istenilen btn kt koullar bu arazide oluturulmakta ve istedii kadar deiik konumlarda tren ekleyebilmektedir. Eitmen ister tek simlasyon isterse farkl 5 simlasyon ayn anda balatabilmekte ve simlasyonlara mdahele edebilmektedir. stedii zaman snapshot ile eitimde baz nemli grd yerleri tekrar tekrar rencilere tecrbe ettirebilmektedir. renciler yetkileri lsnde sorumlu oldu alanda tren trafiini ynetebilmekte ve meydana gelen arзалarın zm iin almalar yapabilmektedir. Anlk tren hareketlerini ayn zamanda trengraf

ile takip edebilmektedir. Eitim sonunda deerlendirme yaplabilmekte ve yetitirilen dispeerin baars ilebilmektedir.

## II. RELATED WORK

Yingkai Bao and his friend proposo a framework for Dispatcher Training Simulation System. This system consist of 4 modules. First one is main program module which comminicate with other modules, second one is operator module which modeling dispatcher behiever. Thirt one is Scheduler module controls evaluation of squences and the last module is power system simulator module is related power system. This study is not distrubuted simulation. Only one tranee get dispatcher education. In our system is distributed and support 5 trainees same or different scenerio in one session in simulation [2].

## III. SYSTEM DESIGN

### A. Simlasyon Yaam Dngs

RAYTES sistemi be bamsz simlasyon ortamın ezamanlı ve birbirinden bamsz olarak yrtebilmektedir. Aadaki gsterilen ekil 8 deki yaam dngs bir simlasyon ortamın temsil etmektedir. Sistem ilk altrlldnda IDLE durumda bulunmaktadr. Bir senaryo sisteme yklenerek simlasyon oturumu oluturulduunda LOADED durumuna geilir. Bu durumda simlasyon balangi saatinde beklemekte olup, almaya hazr haldedir. Simlasyon altrlldnda RUNNING durumuna geer, simlasyon saati ilerlemekte, simle edilen nesneler zamana duyarlı biimde ilenir, ve insan arayzlerinde sistem ile kullancılar aras etkileim gereklennmektedir. PAUSE durumunda simlasyon saati ve simlasyon ilemler geici olarak durdurulur. PAUSE durumunda yine simlasyon RUNNING durumuna balayabilir. Simlasyon sonlandırıldnda TERMINATED durumuna der ve simlasyon artk yeniden balatlamaz.

### B. Communication

1) *Simulation Message*: Simulation Message mesaj tr simlasyon sistemin st seviye kumanda ve kontrol mesajlama trdr. Bu mesajlar Eitmen Konsolunda retilmektedir ve sistemin dier bileenlerine gnderilmektedir. Simlasyonun yaratılması, duraklatılması, snapshot alınması, gibi temel simlasyon komutları iermektedir. Ayrıca simlasyondaki sanal saha nesnelerinin durumlarına mdahele etmek amacıyla bir takım zel mdahele komutları tanımlıdır. Mesaj komutları Tablo 1 de verilmektedir.

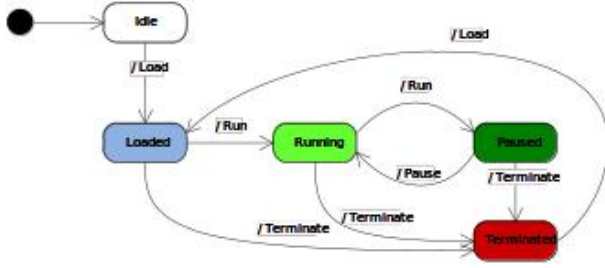


Fig. 1: Representation of Simulation Life cycle

2) *Request Message*: RequestMessage mesaj tr Kontrol Merkezi Client (KMC) modlın Kontrol Merkezi Sunucu (KMS) modlne gnderilen komutlar tamaktadır. KMC ve KMS arasındaki protokol client-server mimarisi olup RequestMessage komutlar istemci tarafın sunucu tarafından hizmet isteı olarak deerlendirilmektedir. RequestMessage komutlar de listelenmektedir.

3) *State Message*: StateMessage mesajlar simlasyon alması esnasında sanal saha daki tanımlı elemanların durum bilgilerinin iletilmesi için kullanılmaktadır. Kontrol Merkezi Sunucu (KMS) modl StateMessage kullanarak Kontrol Merkezi Client (KMC) modlne saha bilgilerini gndermektedir. Kontrol Merkezi Sunucu ayrıyetten saha grntleme ihtiyacı duyan Geni Ekran Konsolu (GEK) ve Eitmen Saha Mdahale (ESM) modllerine de StateMessage vastasıyla bilgi gndermektedir.

4) *System Message*: SystemMessage mesajlar renci Kontrol Ynetimi (KY) ile Kontrol Merkezi Sunucu (KMS) modller arasında kullanılan mesajlardır. Bu mesaj tr renci kullanıcıların eitim sistemine giri (login) salamakta kullanılmaktadır.

#### C. Modbus

Modbus otomasyon sanayi evrelerinde kabul grm bir ham veri iletim protokolü. Bu protokol client-server mantında alp sistemler arasında bit dizilerin sorgulanması ve iletilmesinde kullanılmaktadır. RAYTES projesinde Modbus paketler UDP/IP üzerinden yazılım modlünden modle iletilmektedir. Kontrol Merkezi Sunucu (KMS) modl, Anklamın Simlatır (AS) modl, Saha Simlatır (SS) modl ve Tren Simlatır (TS) modller arasında komut ve bilgi transferi Modbus paketleri ile gerçekleştirilmektedir.

#### D. SSY Simlasyon Sunucu Ynetim Modl

SSY yani Simlasyon Sunucu Ynetim modl simlasyon sistemi içerisindeki tüm aktif modllerin bal olduı haberleşme altyapısının ve koordinasyonun salandı modldır. Simlasyon ak içerisinde doğrudan bir grevle sorumlu tüm aktif modller bu modle ya doğrudan ya da altında altkları ana modl üzerinden dolaylı olarak bal olmak zorundadır. Simlasyonun alması ve hazırlanması esnasında gerçekleştirilen tüm mesajlaşmalar bu modl üzerinden gerçekleştirilmektedir. SSY ayrıca sistemdeki aktif konsollar gibi kendi içerisindeki bilgileri uygun mesajlara karşılık olarak diğer konsollarla ya da uygulamalarla paylaşabilmektedir. SSY mesajlaşma amacıyla tüm sistem elemanları gibi SD yani Simlasyon Destek ve Mesajlaşma Modlünü kullanılmaktadır. Bu birim tüm giriş bilgilerini SD üzerinden almakta olup yine k bilgilerini de SD üzerinden sisteme datmaktadır. SD bu SSY üzerinde Mesaj Sunucu görevi

ile tanımlanmış olarak kullanılmaktadır. SSY üzerine gelen her bir mesaj bir n kontrolden geçirilerek mesaj ile ilgili yapılacak işleme karar verilir. SSY'nin bir mesaj üzerine yapacağı 4 işlem vardır;

- Mesaj doğrudan hedef ya da hedeflerine gndermek
- Mesaj tüm aya yayınlamak
- Mesajın içeriği SSY ile ilgili ise SSY'den doğrudan cevap mesajı yollamak
- Mesajın hiyerarşik olarak gderilmesi gerekiyorsa bu hiyerarşinin salanması

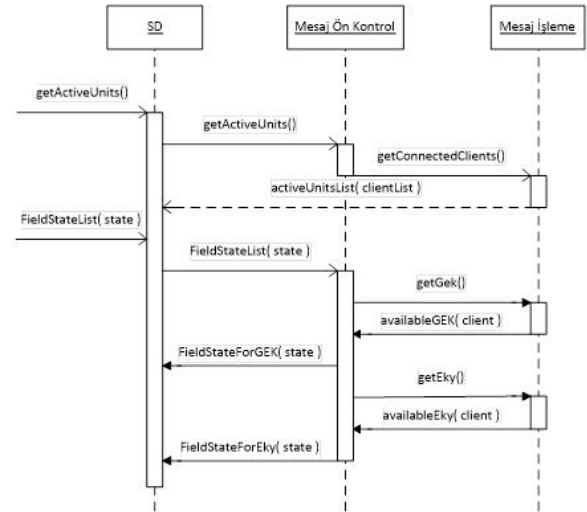


Fig. 2: Representation of SSY sequence diagram

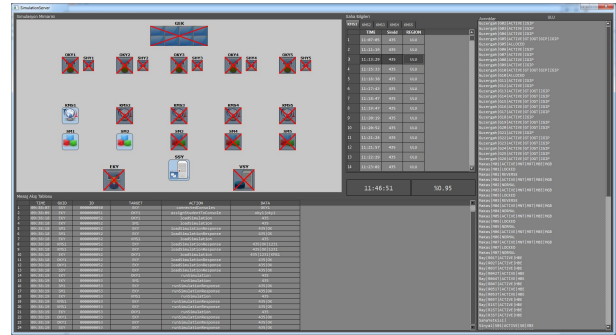


Fig. 3: Representation of SSY class diagram

Hiyerarşik mesaj gnderimi bir mesajın, rnekin simlasyon yüklemesi mesajının ncelik sırasına göre her bir birime yollanması anlamına gelmektedir. Sıra ile yollanan her bir mesaj sonrasında olumlu cevap gelmesi durumunda bir sonraki ilgili birime mesaj iletilir. Bu zincir bir noktada kırılırsa sistem mesaj gnderen ilk birime olumsuz mesaj döndürür. Her mesaj zinciri tamamlanması olumlu mesaj iletilir.

#### E. SM Simlasyon Motor Modl

1) *Snf Yapsı*: Simlasyon Motoru (SM) modlindeki ana sınıf SimMotor sınıfıdır. Bu sınıf Config, XmlUtility, SahaEventList,

```
classDiagram
    class SimMotorGui
    class SimMotor
    class FTSSimManager
    class CommunicableClient
    class Config
    class XmlUtility
    class SahaEventList

    SimMotorGui --> SimMotor : Uses
    SimMotor --> FTSSimManager : 1
    SimMotor --> CommunicableClient : 1
    SimMotor --> Config : 1
    SimMotor --> XmlUtility : 1
    SimMotor --> SahaEventList : 1
```

2) **Mesajlama:** Simlasyon Sunucu Ynetimi (SSY) ilk baladnda 5 adet bamsz Simlasyon Motoru (SM) proses yaratr. Bu SM prosesler sayesinde 5 bamsz simlasyon ezamanl olarak SSY tarafından kontrol edilmesine olanak salar. SSY SimlasyonMessage tr mesajlar SM ye aktarmaktadr. Bu tr mesajlar, simlasyon ykle, smlasyon balat tarznda st seviye kontrol mesajlardr. SM bu mesajlar Saha Trafik Ynetimi (FTS) simlasyon modllerine iletmektedir. Simlasyon modl bu mesajların gerektirdii ilemleri tamamladnda SMye yant (olumlu veya olumsuz) vermektedir ve bu netice SSY ye geri bildirilmektedir. LoadSimulation mesaj genel rnek olarak ele alnrsa; bu mesaj SM tarafından alndnda iki ilem tetiklemektedir. Birincisi, senaryo da oynatılmas gereken nceden programlanm olaylar veritabanından okunuyor ve Saha Event List (SEL) listesine yklenmektedir. Bu olayların her biri bir Saha Event (SE) olarak tanımlanmtr. kinci ilem ise FTS ve onun bnyesindeki Saha Simlasyon (SS) modeli, Anklam Simlasyon (AS) modeli ve Trafik Simlasyon (TS) modelini ilgili senaryonun teknik parametrelerini veritabanından ykleme ve simlasyon balatma durumu iin hazırlanmas. Simlasyon Running durumundayken SEL deki sıralanm SE olaylar simlasyon zamanna gre FTS modlne iletme iin aktarılmaktadır. Bu mekanizma bir senaryonun mdahalesiz olarak iletmesini salamaktadır. Ancak bir simlasyon ayrıca eitmen tarafından mdahale edilmesine izin vermektedir. Eitmen, Eitmen Saha Mdahale (ESM) arac kullanılarak manuel Saha Event yaratabilir. Bu manuel olarak yaratılan SE olaylar SMye anlık olarak iletildiinde SE olay SEL listesinin bana eklemektedir ve byelelikle simlasyonun sonraki evriminde hemen iletmesi salanmaktadır.

The diagram illustrates the architecture of the simulation system as a set of components and their interdependencies:

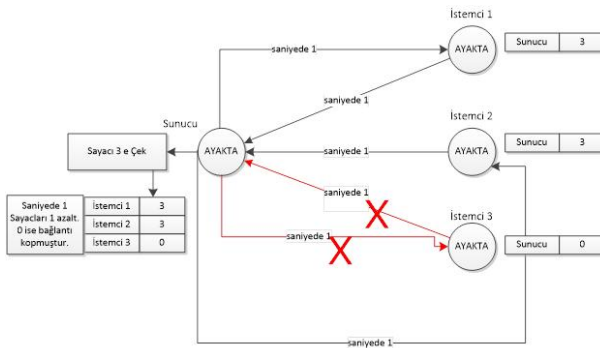
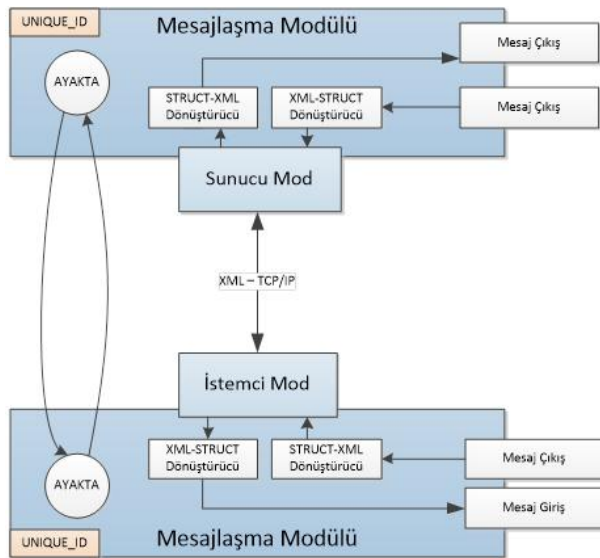
- SSY (Simülasyon Sunucu Yönetimi)**: The central server management component.
- SM (Simülasyon Motoru)**: The simulation engine component.
- FTS (Saha Trafik Simülatör Yönetimi)**: The field traffic simulator management component.
- SEL (Saha Event List)**: A component managing field events.
- TS (Tren Simülasyon Modülü)**: The train simulation module.
- SS (Saha Eleman Simülasyon Modülü)**: The field element simulation module.
- AS (Anılaşım Simülasyon Modülü)**: The animation simulation module.
- VT (Veritabanı/KM Protokol Kayıt/Simülasyon Kayıt/Kullanıcı/Audio/Video...)**: The database component for storing various types of data.

**Key Relationships and Messages:**

- SSY** depends on **SM** (indicated by a solid arrow).
- SSY** sends a **Simulation msg** message to **SM**.
- SM** depends on **FTS** (indicated by a solid arrow).
- SM** sends a **Sim Ms/Saha Eýt** message to **FTS**.
- FTS** depends on **SEL** (indicated by a solid arrow).
- FTS** sends a **Sim Ms/Saha Eýt** message to **SEL**.
- FTS** has a self-dependency (indicated by a solid arrow from its top to bottom).
- FTS** depends on **TS** (indicated by a solid arrow).
- FTS** sends a **Sim Ms/Saha Eýt** message to **TS**.
- FTS** depends on **SS** (indicated by a solid arrow).
- FTS** sends a **Sim Ms/Saha Eýt** message to **SS**.
- FTS** depends on **AS** (indicated by a solid arrow).
- FTS** sends a **Senaryo-Saha** message to **AS**.
- FTS** sends a **Save/Restore Object State** message to **VT**.
- FTS** sends a **Senaryo** message to **VT**.
- TS** communicates with **SS** via a **modbus** interface.
- SS** communicates with **AS** via a **modbus** interface.
- VT** provides storage services for **SSY**, **SM**, **FTS**, **TS**, **SS**, and **AS** (indicated by dashed arrows pointing to each component).

kontrol gibi zellikler eklenerek projeye zg protokol kurallar erevesinde tasarlanmtr. Mesajlama ve iletiimi salayacak olan ana modl iki modda alabilmektedir. Bu modalardan ilki Server yani sunucu mod iken diir mod ise Client yani istemci modldr. Sunucu modda altrldnda belirli bir balat portu zerinden haberlemenin saland bu sistem modda diir yani stemci modda diir sistemlerin balanlmas beklenmektedir.

stemci mod balant esasnda hedef sunucu bilgilerini ve kendisini tatan tekil esiz bir ID ile eriimi salayaca. Bu balantlar esiz hale getirmek iin IP numaralar kullanlmaya-  
ca. nk ayn makina zerindeki farkl uygulamalar birbirleri ile sunucu zerinden haberleme yeteneine sahip olmaldr. Ayn ID ile birden fazla eriim denemesi yapldnda sistem 2. sistemin balant denemesini Kullanmdaki bir ID uyarsyla reddedecektir. Yine bir sunucuya bal olan tm istemciler o sunucuya periyodik olarak sunucuya bal olduklar yani ayakta olduklar bilgisini yollarlar. Ters adan bakldnda sunucu da kendisine bal olan tm istemcilere alr yani ayakta oldu bilgisi periyodik olarak bildirmektedir. Bu sayede sistemdeki tm elemanların balant kontrol gerektirebilecektir.



#### IV. TRAINING ENVIRONMENT

### A. K renci Konsolu

renci Konsolu (K) bir renci Bilgisayar (B) ve bir Sesli Haberleme Cihazından (SHC) alt donanım bileenlerden olumaktadır. Knin yapı ekil 2 de gsterilmiştir. renci Bilgisayar bilgisayara kasa, fare, klavye ve LCD ekran donanımlardan olumaktadır. Bilgisayar üzerinde Windows 7 iletim sistemi kuruludur. renci Konsol Ynetimi (KY) yazılım modl st seviye modl olup konsolunun genel ilevlerinden sorumludur. Dispeer arayüz uygulamasını KM Client (KMC) modl gerektiriyor. Ekranların video grnt kayıtlar Video Kayıt Altyapı (VKA) modl tarafından gerektiriliyor. Sesli Haberleme Cihaz dispeerin sesli iletimini salamak için gerekli mikrofon, kulaklık veya telefon ahiye ile donatılacaktır. üzerinde alan Sesli Haberleme Yazılım Modl (SHY) eğitim amalarına uygun biçimde arama yapmay, aranmay destekleyecektir.

### B. GEK Geni Ekran Konsolu

Geni Ekran Konsolu (GEK) bir Geni Ekran Bilgisayar nitesi (B) ve bir Geni Ekran Duvar nitesi (GD) donanım bileenlerden olumaktadır. GEKin yapısal ekil 3 de gösterilmiştir.

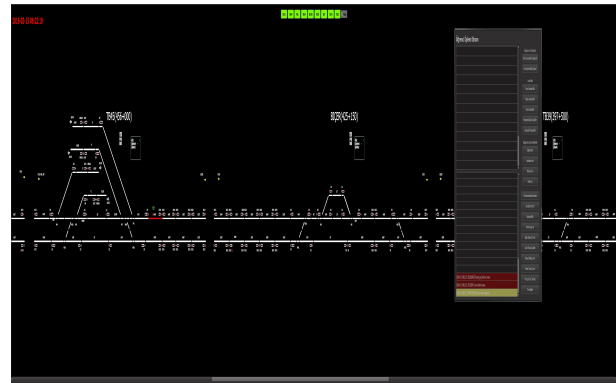


Fig. 8: Representation of Dispatcher Console

Geni Ekran Bilgisayar nitesi (GB) ok kl ekran kart ile donatlm olup, her k Geni Ekran Duvar nitesinin birer ekranna baldr. Bilgisayar zerinde Geni Ekran Konsol Ynetimi (GKY) yazlm almaktadr. Bu yazlm Dispeer arayz uygulamas olan KM Client (KMC), Video Kayt Altyap (VKA) ve Video Geri Oynatma Arac (VGO) modllerin altrlmas ve kontrol edilmesinden sorumludur. Sesli Haberleme Cihaz eitmenin sesli iletiimini salamak iin gerekli mikrofon, kulaklk veya telefon ahize ile donatlacakt. zerinde alan Sesli Haberleme Yazlm Modl (SHY) eitim amalarına uygun biimde arama yapmay, aranmay destekleyecektir.

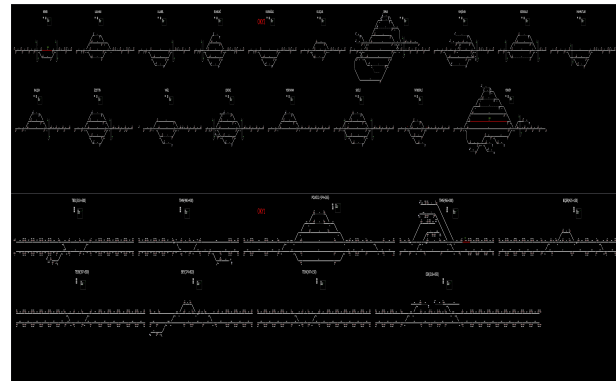


Fig. 9: Representation of Wide Screen Console for 2 students

### C. Eitmen Konsolu

Eitmen Konsolu (EK) bir Eitmen Bilgisayar nitesi (EB) ve bir Geni Ekran Duvar nitesi (GD) donanım bileşenlerinden oluşmaktadır. EKnin yapısı ekil 4 de gösterilmiştir. Eitmen Bilgisayar nitesi (EB) kasa, fare, klavye ve LCD ekran donanımlardan oluşmaktadır. Bilgisayar üzerinde Windows 7 iletişim sistemi kuruludur. Bilgisayar üzerinde Eitmen Konsol Ynetimi (EKY) yazılmış olmaktadır. Bu yazılım Eitmen Simülasyon Ynetim (ESY), Eitmen Saha Mdahale (ESM), ve Video Geri Oynatma (VGO) modüllerini alır ve kontrol edilmesinden sorumludur. Geni Ekran Duvar nitesi (GD) iki satır dört sütun düzenine göre yerleştirilmiş 8 LCD ekranlık görüntüleme duvardır.

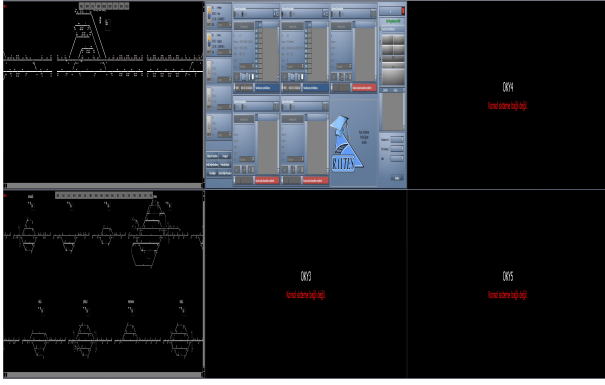


Fig. 10: Representation of Instructure Console with 2 active students

#### D. SS Simlasyon Sunucu nitesi

RAYTES projesinde tm mesajlama koordinasyonu salamak amacyla Simlasyon Sunucu nitesi uygulamas kullanlacaktır. Endstriyel bir sunucu bilgisayarda koacak uygulama proje ekibi tarafından getirilecektir. Uygulamanın temel ilevleri simlasyon bileenleri arasında mesajlama senkronizasyonunu ve koordinasyonu salamak, sistemin almasını tm mesaj aklarını grntlemek, simlasyon altyapısını oluşturan diğer sunucu tarafı bileenlerin ayağı kaldırılmasını salamak, simlasyon bileenlerinin balant bilgilerini tutmak ve bunları diğer bileenlerle paylamak gibi grevlerdir. Simlasyon sisteminin tm aktif bileenleri Simlasyon sunucusuna dorudan ya da dolaylı olarak bal bulunacaktır.

#### E. Editör Analiz Konsolu

Editör Analiz Konsolu (EAK) bilgisayar kasa, fare, klavye ve LCD ekran donanımlardan oluşmaktadır. EAK'nın yapısal ekli 7'de gösterilmiştir. Bilgisayar üzerinde Windows 7 iletim sistemi kurulu olup Senaryo Editör Aracı (SED), Performans Analiz Aracı (PA), Kullanıcı Yönetim Aracı (KYA), Rengi Eitimi Kayıtları Aracı (EK) ve Video Geri Oynatma Aracı (VGO) yazılım modülleri almaktadır. EAK simlasyon nesi senaryoların hazırlanması, kullanıcıların tanımlanması, ve simlasyon sonrası eğitim performans analizi ve rengi eğitim kayıtlarının incelemek için kullanılmaktadır. Dolayısıyla bu konsol simlasyon eğitimi esnasında deil off-line kullanılmaya yneliktir.

#### F. Train Graph

Raytes Projesi kapsamında geliştirilen Trengraf bileeni, tren hareket kayıtlarının (TrainEvent) sorgulanarak grafik üzerinde eğitimli senaryolar ile gösterimini sağlayan bir veri analiz aracıdır. 74'de örnek bir ekran görüntüsü verilmiştir. Sorgu sonucunda trenlerin bloklardan geçiş hareketleri rahatlıkla izlenebilmektedir.

- Erinin solundaki izgi ile işletilen noktalar trenin bloklara girişini,
- Erinin sandaki izgi ile işletilen noktalar trenin bloklardan çıkışını,
- ki izgi arasında kalan transparan boyalı alan ise giriş-çıkış arasındaki zaman farkını, yani trenin o blokta ne kadar kaldığını ifade etmektedir.

Bu senaryoların hangilerinin gösterileceğini kullanıcı tarafından seçilebilmektedir.

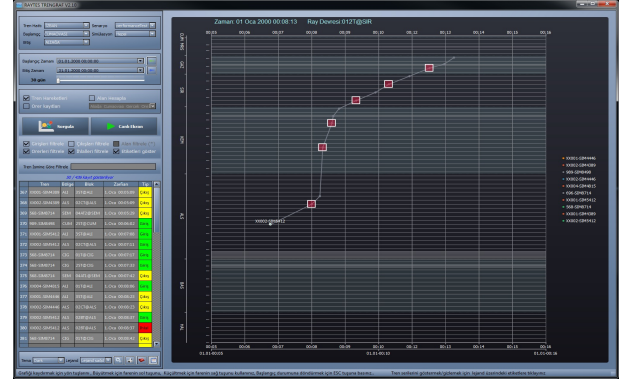


Fig. 11: Representation of Train Graph

## V. EXPERIMENT RESULT

### VI. CONCLUSION

The conclusion goes here.

### ACKNOWLEDGMENT

This work has been conducted within Rail Transit systems Simulation Research Lab- project (project number 3920-S513000), which is part of the Rail Transit Systems research program funded by The National Research Institute of Electronics and Cryptology (TUBITAK BILGEM). We thank all project partners for their work and contributions to the project.

### REFERENCES

- [1] H. Kopka and P. W. Daly, *A Guide to L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X*, 3rd ed. Harlow, England: Addison-Wesley, 1999.
- [2] Y. Bao Coll. of Electr. Eng., Zhejiang Univ., Hangzhou, China Z. Li ; D. Wen ; C. Guo ; L. Zhang ; S. Pang