



SimuX

Raylı Sistem Simülatörü

Yrd. Doç. Dr. M. Turan SÖYLEMEZ
İstanbul Teknik Üniversitesi
Elektrik Müh. Bölümü

Ekim 2003

SimuX Sunumu

1

Plan

- Simülasyon nedir, neden kullanılır?
- Simülasyon programından ne beklenir?
- Raylı sistemlerin simülasyonu
- SimuX nedir?
- SimuX'ta kullanıcı ara yüzü
- SimuX modelleme teknikleri
- SimuX program akışı
- Program çıktıları ve raporlama
- Özet

Ekim 2003

SimuX Sunumu

2

Simülasyon nedir?

Simülasyon (benzetim) gerçek hayattaki sistemlerin bir benzerinin farklı bir ortamda kurularak düşük maliyet ile sistemin nasıl çalıştığının anlaşılması yolunda yapılan faaliyetlerdir.

Günümüzde simülasyon çalışmalarının büyük çoğunluğu bilgisayarlar üzerinde yapılmaktadır.

Ekim 2003

SimuX Sunumu

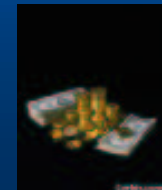
3

Neden Simülasyon?

Genelde simülasyon yapmanın temel nedeni **düşük maliyet**tir. Simülasyon sayesinde yapılacak bir işin doğru olup olmadığını oldukça hızlı ve ucuz bir şekilde anlamak mümkündür.

Bu temel nedenin dışındaki simülasyon amaçlarını iki grup altında incelemek mümkündür:

1. Tasarım sırasında
2. Var olan sistemlerde



Ekim 2003

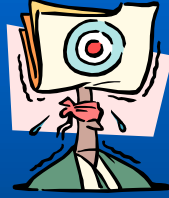
SimuX Sunumu

4

Neden Simülasyon?

1. Tasarım sırasında

- a. Gerçeklenebilirliği görmek için
- b. Gerçeklendiğinde sistemin nasıl davranacağını görmek için
- c. Maaliyet analizi yapmak için
- d. Bir takım kritik parametrelerin değerlerini öngörmek için



Neden Simülasyon?

2. Var olan sistemlerde

- a. Sistemin performansını anlamak için
- b. Performans artırımı ve işletim maliyetlerini düşürmek amacıyla
- c. Sistemde öngörülen değişikliklerin etkilerini görmek için

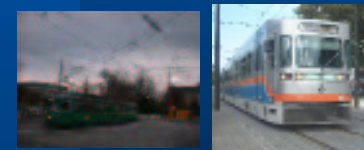


Simülasyon programından ne beklenir?

İyi bir simülasyon programı şu altı temel özelliğe sahip olmalıdır:

1. **Benzeşim:** Gerçek sisteme yakın sonuçlar üretmek
2. **Hızlı olmak:** Sonuçların çabuk üretilmesi
3. **Esneklik:** Simülasyon parametrelerinin rahatlıkla değiştirilmesi
4. **Etkileşim:** İyi bir kullanıcı ara yüzü
5. **Standartlık:** Standartlarla uyumlu olmak
6. **Raporlama:** Simülasyon sonuçlarının etkin şekilde raporlanması

Raylı Sistemlerin Simülasyonu



Raylı sistemlerin simülasyonu kendine has bir takım özellikler içerir.

Raylı Sistemlerin Simülasyonu



Raylı sistemler

- a. Elektriksel
 - b. Mekanik
 - c. Sosyal
- bileşenlerden oluşur.

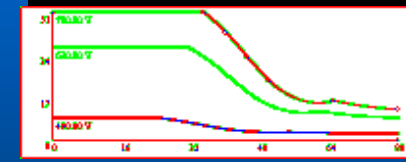
Bu durum
simülasyonda
dikkate alınmalıdır.

Ekim 2003

SimuX Sunumu

9

Raylı Sistemlerin Simülasyonu



Bir demiryolu sisteminin dinamik modellenmesi ve simülasyonu çok sayıda eş zamanlı **doğrusal olmayan denklem** çözümünü gerektirdiği için zorluk arz eder.

Ekim 2003

SimuX Sunumu

10

Raylı Sistemlerin Simülasyonu



Raylı sistemlerin simülasyonunda bir başka zorluk ta sistemin **çok sayıda bileşenden** oluşması (bazı durumlarda yüzlerce) ve bunların birbirleriyle ilişkilerinin **zaman içinde değişiyor** olmasıdır.



Ekim 2003

SimuX Sunumu

11

Simülatörlerin Raylı Sistemlerde Kullanım Alanları

- ✓ Raylı sistemlerin inşaat maliyetleri oldukça yüksektir.
- ✓ Ayrıca inşaatı tamamlanmış bir sistem üzerinde değişiklik yapmak ta çok zordur.
- ✓ Bundan dolayı raylı sistemlerin planlama ve tasarım aşamaları hata kabul etmez.
- ✓ Simülasyon çalışmaları planlamanın doğru yapılıp yapılmadığının test edilmesinde ve tasarlanan sistemin optimize edilmesinde önemli bir yer tutar.
- ✓ Bunun dışında hazırdaki bir sistem üzerinde kullanılan araçların değiştirilmesi veya headway zamanının kısaltılması gibi büyük modifikasyonlar yapılacağı zaman da simülasyon yardımımıza koşar.

Ekim 2003

SimuX Sunumu

12

Kullanım Alanları

- ✓ İşletme şartlarında tren performansının belirlenmesi
- ✓ Transformator merkezlerinin ve kesicilerin boyutlandırılması
- ✓ Katener sisteminin yeterliliğinin saptanması
- ✓ Bir trenin pantografındaki maksimum, minimum ve ortalama gerilim değerlerinin bulunması
- ✓ Enerji tüketiminin ve kayıplarının saptanması. Enerji tasarruf programlarının uygulamadan önce test edilmesi
- ✓ Regeneratif frenlemenin etkisi ve hattın 'receptivity rate' inin belirlenmesi
- ✓ Ray Gerilimi ve Kaçak akım analizi
- ✓ Farklı besleme şekillerinin test edilmesi

Ekim 2003

SimuX Sunumu

13

SimuX Nedir?



- ✓ **SimuX (SimulatorX)** bir Raylı Sistem Simülasyon programıdır.
- ✓ Yapılması planlanan yeni bir hattın boyutlandırılması ve/veya performans analizi SimuX yardımıyla bilgisayar ortamında gerçekçi olarak modellenerek test edilebilir.
- ✓ Benzer şekilde mevcut hatlarda yapılacak iyileştirme (araç yenileme vb.) çalışmalarının doğrulanmasında da SimuX kullanılabilir.

Ekim 2003

SimuX Sunumu

14

İstatistikler

- Kullanılan programlama dili: Visual C++
- Kaynak dosya sayısı (.cpp, .h, .rc): 131
- Kullanılan sınıf (class) sayısı: 100
- Kaynak dosyaların büyüklüğü: >1MB
- Çalıştırılabilir dosya büyüklüğü: >3MB
- Program satırı: >32,000

Ekim 2003

SimuX Sunumu

15

SimuX kullanıcı arayüzü

SimuX son derece gelişmiş bir kullanıcı ara yüzüne sahiptir.

Ara yüz özellikleri arasında bazıları şunlardır:

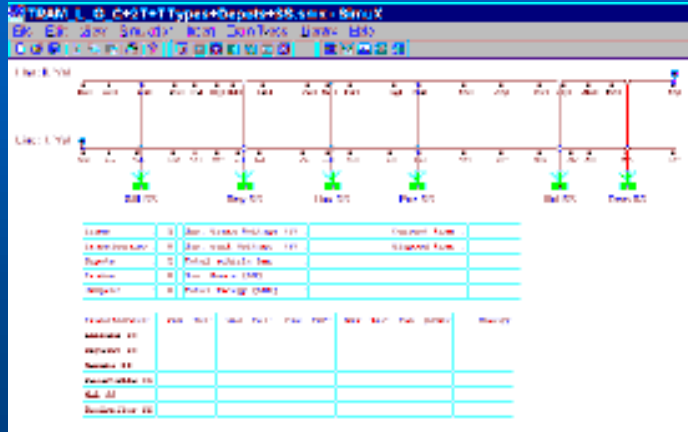
- ✓ Sonuçların hat üzerinde hareket eden trenler şeklinde görülebilmesi
- ✓ Diyalog kutuları yardımıyla etkin bilgi girişi
- ✓ İstenen analog değerlerin grafiklerinin simülasyon ile eş zamanlı çizdirilmesi
- ✓ Matlab, Mathematica ve Text formatlarında çıktı alınabilmesi
- ✓ Kopyala-Yapıştır şeklinde Text input data girişi

Ekim 2003

SimuX Sunumu

16

Simux kullanıcı arayüzü

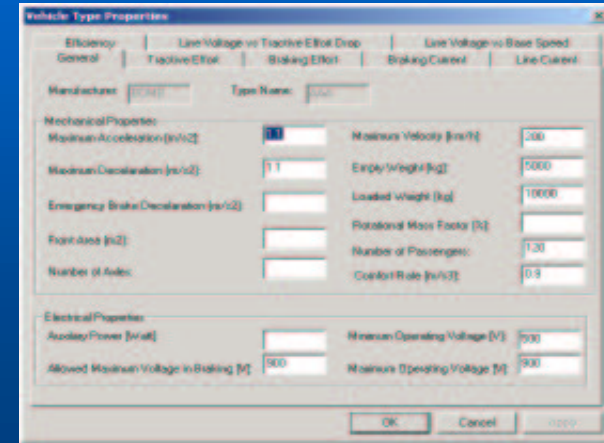


Ekim 2003

Simux Sunumu

17

SimuX kullanıcı arayüzü



Ekim 2003

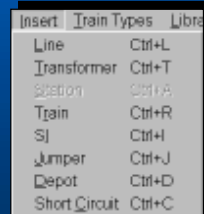
Simux Sunumu

18

SimuX kullanıcı arayüzü

Şu anda kullanıcı ara yüzünü kullanarak şu nesnelerin modellenmesi ve birbiriyle ilişkilerinin programa aktarılması mümkündür:

1. Hatlar
2. Trafo merkezleri
3. Trenler
4. İstasyonlar
5. Depolar
6. SI'lar (Bölge İzolatörü)
7. Jumper'lar (Potansiyel Dengeleme Bağlantıları)
8. Kısa devreler



Ekim 2003

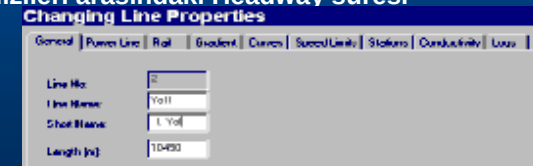
Simux Sunumu

19

Modelde Kullanılan Ana Sistemler

1. Hatlar

- Hat sayısı ve isimlendirmeleri ve metraji
- Yolcu istasyonları ve bekleme süresi
- Kurplar
- Eğimler
- Hız sınırlamaları ve maksimum işletme hızı
- Bir dizide bulunan araç sayısı
- Tren dizileri arasındaki Headway süresi



Ekim 2003

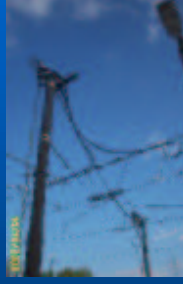
Simux Sunumu

20

Modelde Kullanılan Ana Sistemler

2. Cer Gücü ve Katener Sistemi

- Trafo merkezi sayısı, yerleri ve isimlendirmeleri
- Trafo merkezi iç ekipman değerleri
- (+) ve (-) Fider kabloları
- Trafolar arası izolman bölgeler
- Katener sistemi verileri
- Jumper noktaları
- Ray verileri



Ekim 2003

SimuX Sunumu

21

Modelde Kullanılan Ana Sistemler

3. Araçlar

- **Mekanik veriler**
 - Araç maksimum hızı
 - Araç boş/dolu ağırlık bilgileri.
 - Maksimum hızlanma ve frenleme ivme değerleri.
 - Cer kuvveti – Hız diagramı.
 - Frenleme kuvveti – Hız diagramı.
- **Elektriksel veriler**
 - Nominal, minimum ve maksimum gerilim değerleri.
 - Yardımcı güç değeri
 - Kontrol sistemi verileri
 - Hat gerilimi – Cer kuvveti diagramı



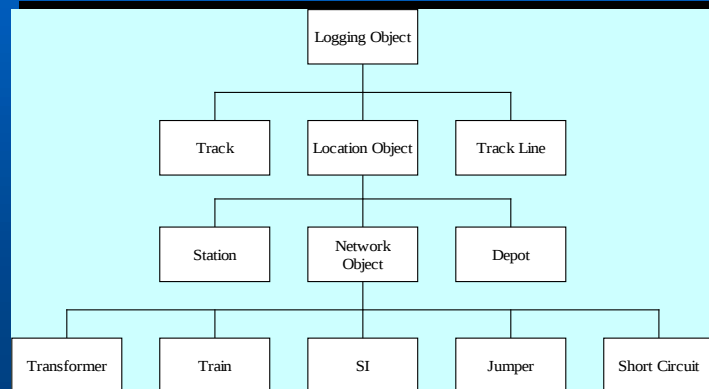
Ekim 2003

SimuX Sunumu

22

SimuX Nesne Yapısı

SimuX'ta kullanılan temel nesnelerin hiyerarşisi şu şekildedir.



Ekim 2003

SimuX Sunumu

23

Program Akışı

- SimuX ilk olarak, hattın geometrisine göre trenlerin hangi modda çalışması gerektiğine karar verir.
- Daha sonra araç karakteristikleri ve kontrol lojiğini dikkate alarak trenin ihtiyacı olan cer kuvvetini hesaplar. Bu noktadan sonra aracı bulunduğu moda uygun şekilde modeller.

Ekim 2003

SimuX Sunumu

24

Program Akışı

- Aracın modelini oluşturan SimuX geri kalan sabit tesislerin (Trafo, Katener ve Ray sistemleri) o andaki durum için modellerini oluşturur.
- Daha sonra oluşturulan tüm bu modelleri optimum şekilde numaralandırır ve düğüm gerilimleri yöntemini kullanarak her nokta için gerilimleri hesaplar. Bu esnada regeneratif frenlemenin etkisini de hesaba katar ve blokaja geçirilecek trafo merkezlerini saptar.
- Gerilim değerlerinin bulunması ile her düğümdeki akım dağılımı hesaplanmış olur.

Ekim 2003

SimuX Sunumu

25

Program Çıktıları ve Raporlama

Simülasyon sonucunda istenen değerler hesaplanabilir, kayıt altına alınabilir ve/veya çizdirilebilir. Bunlardan bazıları:

- Yolculuk süresi, işletme hızı, istasyonlar arası çıkılan maksimum hız vb.
- Tren Pantograflarındaki gerilim değerleri.
- Trenlerin çektiği, ürettiği ve hatta bastığı akımlar, enerji ve güç değerleri.
- Her bir fiderden ve Trafodan toplam çekilen akım değerleri.
- Trafoların enerji ve güç değerleri.

Ekim 2003

SimuX Sunumu

26

Program Çıktıları ve Raporlama

- Toplam enerji tüketimi ve kaybı.
- Araç başına kilometrede tüketilen enerji.
- Regeneratif frenlemeden faydalanma oranı.
- Ray gerilim profili.
- SI ve Jumper'lardan akan akımlar ve bunlar üzerindeki gerilim düşümleri.
- Olası kısa devre akımları.
- Toplam veya noktasal Kaçak Akım miktarı.

Ekim 2003

SimuX Sunumu

27

Genel bilgi ekranı

Genel bilgi ekranında simülasyon hakkındaki istatistiksel bilgiler sürekli olarak yer alır.

Linea	2	Max. Contact Voltage [V]	489.39	Execution time	00:03:25
Transformator	9	Max. rail Voltage [V]	49.63	Elapsed time	00:03:52
Depotlar	2	Total vehicle loss	13.78		
Trasiler	2	Loss Power [kW]	3129.10		
Çekimler	0	Total Energy [kWh]	68.96		

Transformator	Max. To1	Max. To2	Max. To3	Max. To4	Max. power	Energy
Baharlar ST	0.08	87.46	2340.11	3775.59	1793.19	29.40
Mühürli SS	241.31	83.47	1216.95	41.63	583.26	18.34
Samsatlar SS	85.05	83.47	85.44	81.63	96.65	3.58
Otogar SS	85.05	83.44	85.44	81.64	8.85	0.12
Mimarlar SS	85.26	83.44	85.26	81.64	1.61	0.03
Bahar SS	85.26	83.71	85.26	81.57	12.43	0.47
Baharlar ST	85.34	83.10	85.15	85.37	127.56	0.48
Yenihome SS	85.13	1587.35	85.46	292.14	1001.69	6.44
BTM SS	1424.75	2697.22	56.72	0.00	1697.27	13.49

Ekim 2003

SimuX Sunumu

28

Mesaj Kutusu

Mesaj kutuları aracılığı ile simülasyondaki nesnelerin durumları ve simülasyonun ne aşamada olduğu hakkında bilgi edinilebilir.

Message Board 1 (All messages)			
ID	Time	Sender	Message
14	08:04:23	Train 1 HAT II (08:00)	Train leaves station.
14	08:04:04	Train 2 HAT II (08:00)	Train arrives station.
13	08:03:28	Track	Simulation started.
12	08:03:25	Track	Simulation stopped.
11	08:03:21	Train 1 HAT II (08:00)	Train leaves station.
10	08:03:03	Train 1 HAT II (08:00)	Train arrives station.
9	08:01:47	Train 2 HAT II (08:00)	Train leaves station.
8	08:02:40	Train 2 HAT II (08:00)	Train arrives station.
7	08:01:33	Train 1 HAT II (08:00)	Train leaves station.
6	08:01:13	Train 1 HAT II (08:00)	Train arrives station.
5	08:00:43	Train 2 HAT II (08:00)	Train leaves station.
4	08:00:02	Train 2 HAT II (08:00)	Train arrives station.
3	08:00:00	Depot 2	Train leaves depot.
2	08:00:00	Depot 1	Train leaves depot.
1	08:00:00	Track	Simulation started.

Ekim 2003

SimuX Sunumu

29

Bilgi Kutusu

Bilgi kutuları bir nesne hakkında özet bilgi içerir.

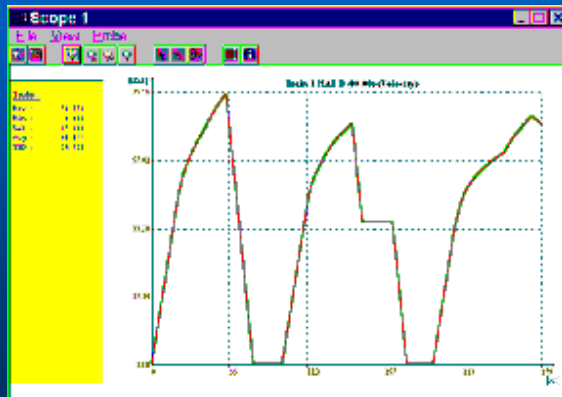
InfoBox 1 (Train 1 HAT II (08:00))			
Name	: HAT II (08:00)		
Short Name	: 08:00		
Type	: Train		
ID	: 1		
Line No	: 2		
Location	: 3100.72 [m]		
AVAILABLE LOGS:			
Electrical Energy	: Avg. Val: 129634994.569	Std. Dev: 71303063.665	Val: 20.369
Rail Voltage	: Avg. Val: 12.056	Std. Dev: 12.056	Val: 20.369
jerk	: Avg. Val: -0.002	Std. Dev: 0.210	Val: 0.002
Gradient Force	: Avg. Val: 21151.652	Std. Dev: 21426.038	Val: 20.369
Curve Force	: Avg. Val: 1496.894	Std. Dev: 717.928	Val: 20.369
Energy Burnt	: Avg. Val: 26802350.419	Std. Dev: 15502573.817	Val: 20.369
Cumulative Resistance	: Avg. Val: 0.043	Std. Dev: 0.025	Val: 0.064
Train Resistance Force	: Avg. Val: 5129.590	Std. Dev: 2213.139	Val: 20.369
Distance to Next Train	: Avg. Val: 980619.923	Std. Dev: 675222.307	Val: 20.369
Train Power	: Avg. Val: 0.068	Std. Dev: 0.512	Val: -0.057
Acceleration	: Avg. Val: 26458.416	Std. Dev: 22756.971	Val: 20.369
Total Resistance Force	: Avg. Val: 19.452	Std. Dev: 4.717	Val: 19.444
Speed Limits			

Ekim 2003

SimuX Sunumu

30

Scope



SimuX'taki en etkin raporlama araçlarından biri scope'tur. Scope'lar kullanılan kaydı tutulan verilerin görsel bir çıktısı elde edilir ve sistem değişkenlerinin değişimleri ayrıntılı olarak incelenebilir.

Ekim 2003

SimuX Sunumu

31

İleriye Yönelik Çalışmalar

Programın şu yönlerde geliştirilmesi planlanmaktadır:

1. Trafik ışıkları simülasyonu
2. XML standartlarına uygun ayrıntılı rapor üretme
3. Sinyalizasyon ve makas elemanlarının tanıtılması
4. Tek hat işletmeciliğine olanak sağlanması
5. Yolcu akışlarının simüle edilmesi
6. Gün içi sıcaklık değişimlerinin simülasyonu
7. Araç motor dinamiklerinin kayma ve patinajı da göz önüne alacak biçimde daha ayrıntılı simülasyonu

Ekim 2003

SimuX Sunumu

32

Özet

- Simülasyon çalışmaları raylı sistem tasarım ve işletiminde önemli bir rol oynar.
- Raylı sistemlerin simülasyonu lineer olmayan büyük boyutlu zamanla değişen denklemlerin çözümünü içerdiğinden zordur.
- SimuX raylı sistemlerin her türlü simülasyonu için geliştirilmiş bir programdır.
- SimuX'u kullanarak DC gerilimli bir sistem hızlı bir şekilde modellenerek simüle edilebilir ve sonuçlar etkin bir şekilde görsel hale getirilebilir.

Son Söz

Simülasyon çalışmalarının başarılı olması için girilen verilerin doğru olması ilk şarttır.

Teşekkür

Sabırla Dinlediğiniz İçin
Teşekkür Ederim