


FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA  
LABORATORIJ ZA INTERAKTIVNE SIMULACIJSKE SUSTAVE




# Interaktivni simulacijski sustavi


## Uvodno predavanje

prof. dr. sc. Krešimir Čosić  
doc. dr. sc. Siniša Popović

1



## Cilj predmeta

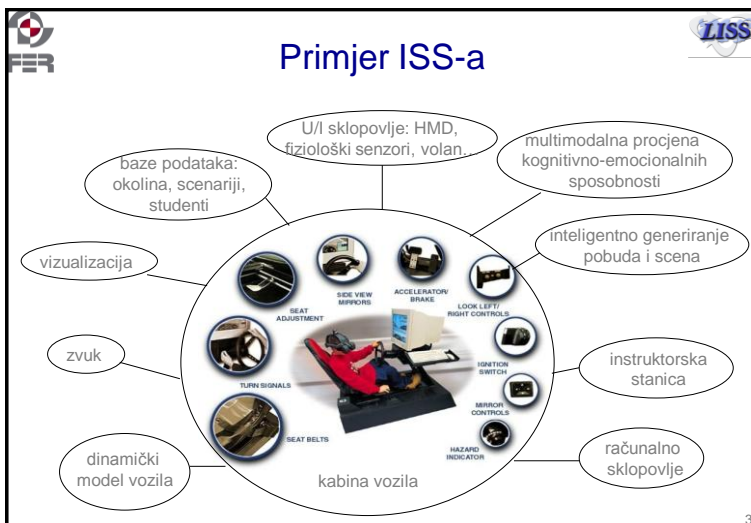



Dati studentima pregled interdisciplinarnog područja interaktivnih simulacijskih sustava (ISS), upoznati ih s osnovnim komponentama ovih sustava, te s osnovama njihovog projektiranja i razvoja

- Matematički modeli i simulacije
- Ulazno-izlazno sklopovlje i sučelja – praćenje pokreta, osjet sile, dodira...
- Podsustavi za vizualizaciju scene
- Zvučni podsustavi
- Inteligentni generatori pobuda i scena


- Podsustavi za nadzor i upravljanje interaktivnim simulacijskim sustavom
- Baze podataka: tereni, objekti, scenariji, operatori
- Računalno sklopovlje
- Multimodalno prepoznavanje kognitivno-emocionalnih sposobnosti

2






## Potreba za interaktivnim simulacijama



► Interaktivne simulacije posebno značajne kada je rad sa stvarnim sustavima, procesima, pojavama...

- Opasan i/ili štetan za okoliš
  - Npr. obuka za razne vojne sustave – protuzračne, protuoklopne rakete...
- Skupocjen
  - Npr. obuka kandidata za pilote civilnih zrakoplova
- Praktično teško izvediv ili neizvediv
  - Mikro ili makro vremensko-prostorna skala – npr. proučavanje kvantnih efekata, galaksija



4



## Simulacije, simulatori, interaktivni virtualni svijet



- ▶ Simulacije predstavljaju učinkovit alat koji se može koristiti pri projektiranju, određivanju performansi, uvježbavanju,...
- ▶ Simulacija omogućava detaljno ispitivanje učinaka promjena u pojedinim parametrima na ukupnu performansu sustava na način koji je neekonomično, nepraktično, preopasno ili nemoguće provesti sa "živim" sustavom.
- ▶ Simulira se dinamičko ponašanje objekata i procesa sa svrhom treninga ljudi, verifikacije karakteristika projektirane opreme nedestruktivnim metodama,...



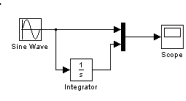

5



## Simulacije, simulatori, interaktivni virtualni svijet




- ▶ Redovito inicijalna faza u projektiranju počinje "čistim" ili "off-line" simulacijama. Glavna karakteristika takvih simulacija je da su svi podsustavi od kojih je sastavljen objekt ili proces koji se simulira predstavljeni svojim matematičkim modelima. Budući da se kompletna simulacija izvodi na računalu vrijeme trajanja simulacije u pravilu nije kritičan faktor.





- ▶ Kada se u simulacijsku petlju uključe ljudi ili stvarna oprema interakcija između matematičkih modela i ljudi ili opreme mora se odvijati u *stvarnom vremenu*. Ove sustave nazivamo interaktivni simulacijski sustavi (ISS).



6



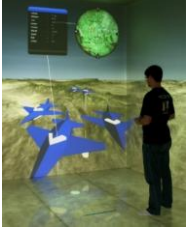
## Simulacije, simulatori, interaktivni virtualni svijet




- ▶ VR sustavi su kombinacija sklopovlja i programske potpore koji omogućuju stvaranje najrazličitijih aplikacija koje korisniku omogućuju interakciju s virtualnim okruženjem.
- ▶ Sklopovske komponente VR sustava primaju ulazne signale od uređaja kojim upravlja korisnik, a preko multisenzorskih izlaza stvara se iluzija virtualnog svijeta.

*Virtualna stvarnost je popularni naziv za zaokupljajući, interaktivni, računalom-posredovani doživljaj u kojem osoba opaža sintetičku (tj., simuliranu) okolinu putem posebne opreme s ljudsko-računalnim sučeljem i ostvaruje interakciju sa simuliranim objektima u toj okolini na način kao da su stvarni.*


*Virtualna stvarnost je računalna tehnologija koja omogućuje korisnicima interakciju sa sintetičkom (računalno-generiranom) okolinom na način da korisnici mogu upotrijebiti vještine istraživanja okoline koje su naučili u interakciji s prirodnim okolinom.*





7





## Primjene ISS



- ▶ Treniranje, evaluacija, selekcija
  - Rukovanje raznim složenim sustavima
  - Postupci i procedure kod obavljanja kompleksnih zadataka
- ▶ Treniranje kognitivno-emocionalnih sposobnosti
  - Npr. za visoko stresne zadatke – opasne situacije, visoku razinu multitaskinga, veliko radno opterećenje...
- ▶ Testiranje tijekom razvoja sustava
- ▶ ...

8



**Simulatori u treningu i obuci za razna zanimanja**


- ▶ piloti
- ▶ kontrolori leta
- ▶ kirurzi
- ▶ pomorski kapetani i časnici
- ▶ operateri nuklearnih elektrana i kemijskih postrojenja
- ▶ vojni zapovjednici
- ▶ vozači tenkova
- ▶ operateri raketnih i drugih oružnih sustava
- ▶ vozači cestovnih vozila
- ▶ ...

**Simulatori za obuku pilota**


- ▶ Simulatori su jedno od ključnih sredstava za obuku najrazličitijih vrsta pilota
- ▶ Uvježbavanje visoko rizičnih situacija koje je iznimno opasno vježbati u stvarnoj letjelici
- ▶ Uvježbavanje neiskusnih pilota
- ▶ Ogromne uštede na gorivu i troškovima održavanja letjelice
- ▶ Upotreba simulatora manje zagađuje okoliš
- ▶ Propisani dio pilotske obuke prema pravilnicima

**Simulatori za obuku pilota**

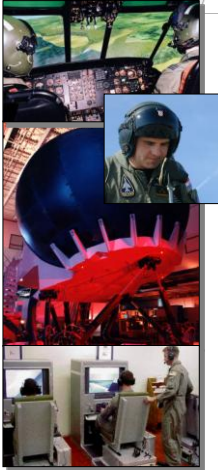
- ▶ civilno zrakoplovstvo
  - simulatori se koriste
    - u školovanju pilota (dio obuke prema europskim i svjetskim propisima)
    - u redovitim godišnjim treninzima i provjerama pilota (100% na simulatorima)
    - izvanredne i kritične situacije vježbaju se isključivo na simulatorima
  - zrakoplovstvo je najsigurnija grana prometa




## Simulatori za obuku pilota




- ▶ vojno zrakoplovstvo
  - osnovna letačka obuka
  - borbena obuka
  - letovi za održavanje trenaže
  
- ▶ simulatori omogućuju realističnu, kvalitetnu, jeftinu i sigurnu obuku pilota



15



## Uštede u obuci primjenom simulatora



Airframe	Cost/Actual Flight Hour	Cost/Simulated Flight Hour	Ratio
F-16	\$5000	\$500	10/1
FA-18A	\$3955	\$217	18/1
P-3C	\$2903	\$119	24/1
S-3A	\$4360	\$143	30/1
SH-60B	\$1724	\$118	15/1
CH-47	\$3000	\$435	7/1
Average Ratio:			17/1

Aircraft System	SimulatorCost / Hour	AircraftCost / Hour
CH-47	\$256	\$1,771
UH-60	\$59	\$1,448
AH-64	\$70	\$3,101





**Helicopter simulator to boost training while cutting costs, 19th June 2012**

... The unit will provide a valuable training aid ... as well as *cutting its helicopter flying training costs by a very substantial amount.*

... having access to [simulator in South Africa] will eliminate significant transport and accommodation costs. Furthermore, *the cost of "flying" one hour on the simulator is about 25% of the cost of flying an hour in a real helicopter.*

... contracted for 1 000 hours a year on the simulator from Esal.

National Training and Simulation Association. Why use simulation.  
[http://www.trainingsystems.org/publications/simulation/roi\\_effici.cfm](http://www.trainingsystems.org/publications/simulation/roi_effici.cfm)

14




## Simulator borbenog zrakoplova MiG-21







15



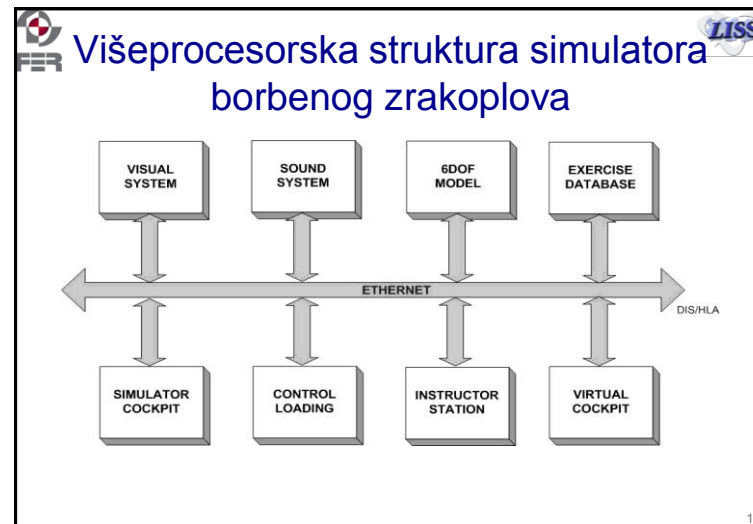
## Simulator borbenog zrakoplova MiG-21





16







## Značaj helikoptera Mi-171 kao transportnog sredstva u RH i regiji

LISS

Prijevoz ljudi, opreme, tereta

HEMS (Health Emergency Medical Services)

Gorska služba spašavanja

Spašavanje na moru

Evakuacija unesrećenih nakon elementarnih nepogoda

Gašenje požara iz zraka

Nošenje podvješene tereta

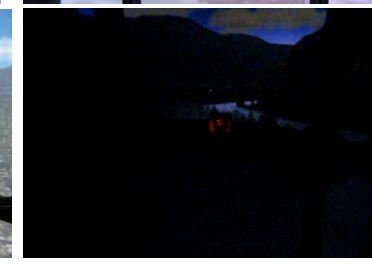
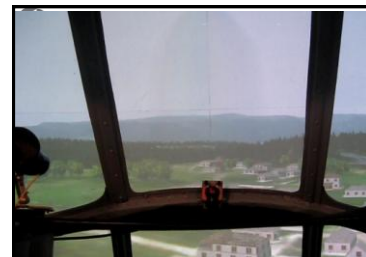
...



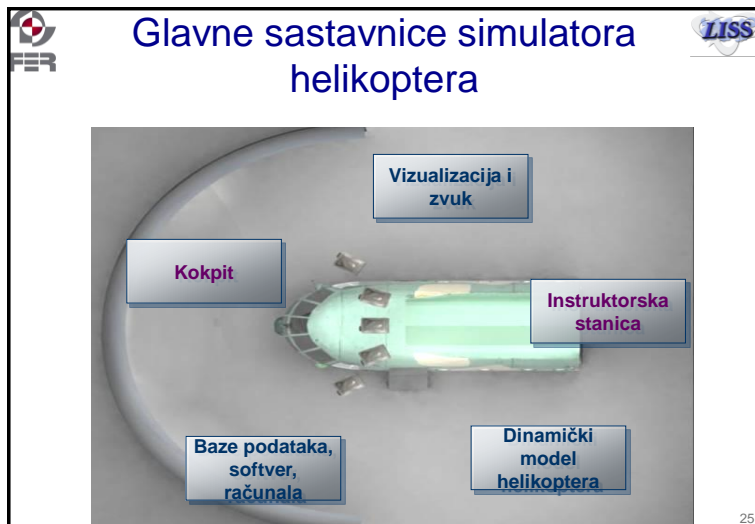
21



22



23



25

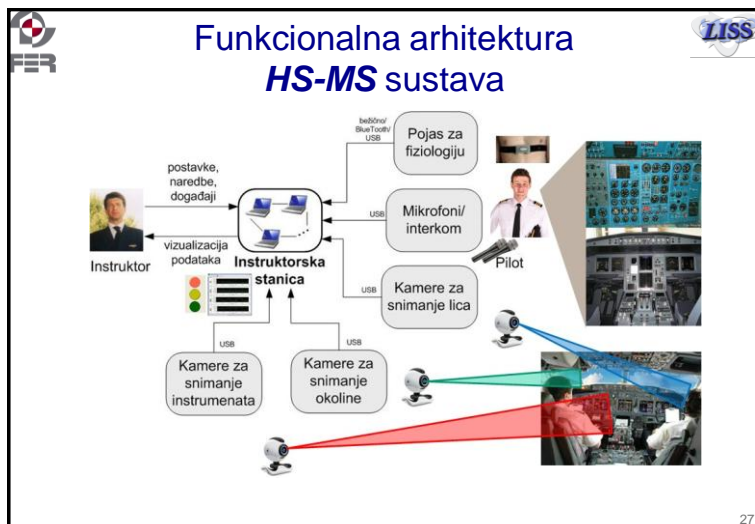
**Napredna i inovativna evaluacija i obuka pilota**

► **HS-MS System** – sustav razvijen na FER-u za praćenje multimodalnih kognitivno-emocionalnih stanja pilota prilikom leta na simulatoru ili na pravoj letjelici

Stresori koji se javljaju tijekom leta (visoki rizik, kompleksne i napredne zadaće, opasne i kritične situacije):

- Otkaz opreme na avionu ili helikopteru
- Teški vremenski uvjeti (jak vjetar, magla, ...)
- Donošenje teških i pravovremenih odluka u kratkom vremenskom periodu
- Informacijsko i radno preopterećenje
- Pospanost, umor, ...

26



27

**Glavna oprema sustava – “hardware”**

Instruktorska stanica

Transportna kutija

Pojas za mjerenje fiziologije

Kamere

Laringofon / Mikrofon

28






## Instruktorska stanica sustava HeliSim- MultiMod verzija 1.0







29




## Testiranje HS-MS sustava




- ▶ HTP Ostrava, razni scenariji leta na Mi-171 simulatoru:
  - Regularni let
  - Autorotacije, slijetanje i polijetanje pod prašinom, let u planinskim terenima, izvanredne situacije (otkazi repnog rotora, požari i otkazi motora, ...)
- ▶ Zagreb, stvarni let:
  - Regularni let (vježba) na stvarnom helikopteru Mi-171Sh




30




## Simulator protuoklopnih vođenih raketnih sustava (POVRS)



Instructor station



Gunner firing - post model



Aiming unit with LCD

Majjutka:

[http://hr.wikipedia.org/wiki/9M14\\_Majjutka](http://hr.wikipedia.org/wiki/9M14_Majjutka)

Konkurs:

<http://pbrasil.wordpress.com/2010/07/28/e-volucao-dos-armamentos-anticao-e-antipessoal-guiados-da-federacao-russa/>

31



## Nekoliko generacija simulatora





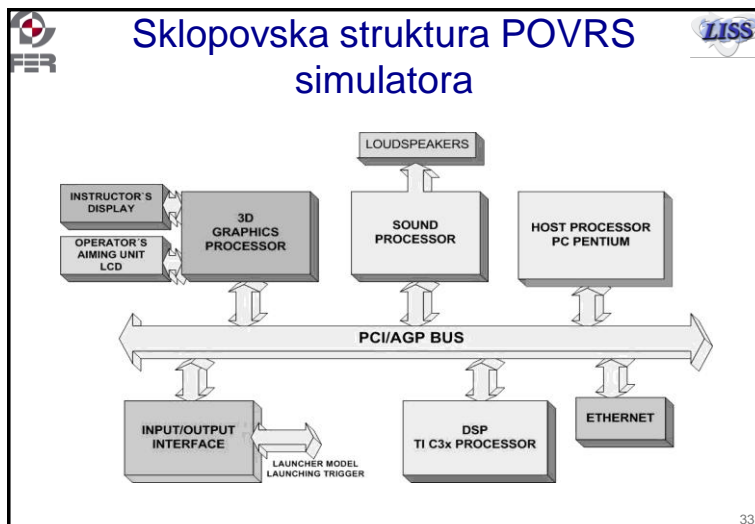


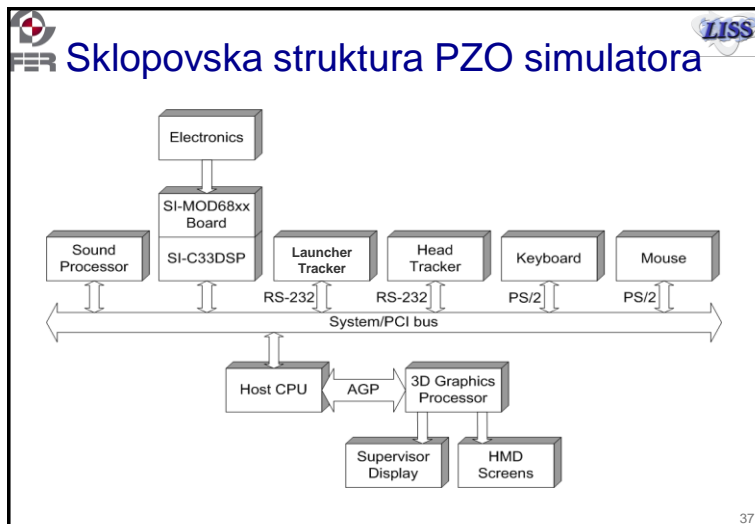




32







**Simulatori za trening i obuku vozača**

sigurnost

raznovrsnost scenarija

realističnost, uživanje vozača

ekonomičnost

prilagodljivost

- kandidatu
- programu osposobljavanja

objektivnost praćenja i ocjenjivanja

38

**Simulatori za trening i obuku vozača**

- ▶ simulacija različitih uvjeta vožnje:
- ▶ meteorološki uvjeti i doba dana
- ▶ stanje ceste
- ▶ stanje vozila
- ▶ promet
- ▶ vozač
  - alkohol, opijati, umor

39

**Trening i obuka u industriji**

Simulatori nuklearnih i termo-elektrana

<http://www.power-technology.com/contractors/training/mahnzi/>

40

# Trening i obuka u industriji

Simulirana scena iz nuklearne elektrane

Manipulacija ventilom pomoću rukavica s prepoznavanjem gesta

41

# Trening i obuka u industriji – RWE simulator elektrane

42

# Trening i obuka u industriji – RWE simulator elektrane

43

# Raznovrsnost primjena ISS na temelju VR

44





## Razne zdravstveno-medicinske primjene ISS



ISS na osnovi VR imaju potencijala za primjenu u:

- ▶ **liječenju poremećaja anksioznosti:** strah od visina, strah od vožnje zrakoplovom, strah od pauka, strah od javnog nastupa, posttraumatski stresni poremećaj,...
- ▶ **zaokupljanju pozornosti radi ublažavanja boli,** npr. kod previjanja teško opečenih bolesnika
- ▶ **fizikalnoj rehabilitaciji,** npr. kod ozljeda skočnog zgloba
- ▶ **neurorehabilitaciji,** npr. nakon moždanog udara
- ▶ **procjeni kognitivnih i funkcionalnih poremećaja,** npr. kod poremećaja hiperaktivnosti i deficita pažnje (ADHD)
- ▶ **simulatorima operativnih zahvata**
- ▶ ...







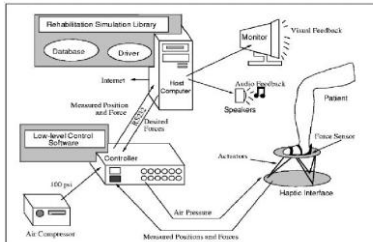



45



## Sustav za rehabilitaciju skočnog zgloba Sveučilišta Rutgers



46



## Sustavi za terapiju PTSP bolesnika
















**Virtual Vietnam System**  
 Prof. Barbara Rothbaum, Emory University School of Medicine  
 Prof. Larry Hodges, Georgia Tech  
 Virtually Better Inc.

47



## Sustavi za terapiju PTSP bolesnika



<b>Virtual Vietnam</b> <i>Rothbaum et al. 1999, 2001; Hodges et al. 2001</i>		<b>Virtual bus bombings (Israel)</b> <i>Josman et al. 2006</i>	
<b>Virtual WTC</b> <i>Difede et al. 2002a, 2002b, 2006</i>		<b>Virtual Angola</b> <i>Gamito et al. 2005</i>	
<b>Virtual Iraq</b> <i>Rizzo et al. 2004a, 2004b, 2006</i>		<b>Traffic accidents</b> <i>Walshe et al. 2003; Donovan 2003</i>	
<b>OEF/OIF</b> <i>Wiederhold, Cybertherapy 2006. Rizzo et al. 2008.</i>		<b>Physical assault</b> <i>Botella et al. 2006</i>	

48



## Sustavi za terapiju drugih poremećaja anksioznosti

<p>Strah od visina</p> <p><i>Virtually Better, Inc.</i></p>		<p>Strah od leta zrakoplovom</p> <p><i>Virtual Reality Medical Center</i></p>	
<p>Panični poremećaj</p> <p><i>EU VEPSY project</i></p>		<p>Strah od javnog nastupa</p> <p><i>Virtually Better, Inc.</i></p>	
<p>Klaustrofobija, agorafobija, strah od pauka, ...</p> <p><i>Delft University, Herbelin 2005, Riva 2005, Hoffman Spiderworld...</i></p>			

49

## Procjena trzajnih ozljeda vratne kralježnice

- ▶ Raniji razvojno-istraživački projekt na Fakultetu
- ▶ Interaktivna simulacija i virtualna stvarnost te druge tehnologije kao pomoć cjelovitoj i vjerodostojnoj identifikaciji funkcionalnih tegoba bolesnika sa simptomima trzajne ozljede vratne kralježnice

50