

Virtuális vezénylő a paksi teljesléptékű szimulátorhoz

Házi Gábor, Páles József

MTA Energiatudományi Kutatóközpont, Reaktor Monitorozó és Szimulátor Laboratórium
1525 Budapest 114, Pf. 49, tel.: +36 1 392 2222

Az elmúlt évben kifejlesztettünk egy új, virtuális vezénylőtermi modellt a paksi atomerómű teljesléptékű szimulátorához. A kialakított eszköz lehetővé teszi, hogy a vezénylőn keresztül elérhető összes funkciót, egy vagy több monitoron keresztül, az operátorok által megszokott módon érezzük el. A fejlesztés során, a játékipar vívmányait segítségül hívva, felépítettük a vezénylőterem 3D-s modelljét, amelyhez egy eredetileg animációs filmek és videó játékok gyártására készített nyílt forráskódú szoftvert használtunk fel. A vezénylő élethű modellezése érdekében, animációk segítségével és a felhasznált fejlesztő eszköz „játék motorjával” gondoskodtunk arról, hogy a vezénylőben található beavatkozó és visszajelző berendezések (kapcsolók, nyomógombok, kijelző műszerek) a beavatkozásoknak és a vezénylő pillanatnyi állapotának megfelelően viselkedjenek. A virtuális vezénylőben történő kényelmes közlekedést és beavatkozást a játékkonzoloknál is alkalmazott vezeték nélküli navigációs eszközök segítségével támogattuk.

A cikkben bemutatjuk magát a virtuális vezénylőt és néhány, a fejlesztés során felhasznált technikát.

Bevezetés

A paksi atomeróműnél a valószerű teljesléptékű szimulátor az operátorok legfontosabb oktatási eszköze az erőmű indítása óta. A szimulátort eredetileg a finn Nokia cég fejlesztette magyar szakértőkkel együttműködve, de az idő haladtával mára elmondható, hogy a modernizálások során a szimulátor majdnem minden modelljét és elemét magyar fejlesztésre cseréltük le. Az egyik legutóbbi ilyen fejlesztés eredményéről e lap hasábjain is beszámoltunk [1].

Mivel a legtöbb hazai fejlesztést intézetünk végezte, ezért lényegében rendelkezünk majdnem minden olyan szoftver és hardver komponenssel, amellyel az oktatásra használt szimulátor az erőműben. Az egyetlen, de igen lényeges különbség az intézetünk és a paksi szimulátor konfigurációja között az, hogy nálunk nem került kiépítésre az igen költséges vezénylőterem, valamint a termet a szimulátorral összekötő hardver és szoftver interfészek.

E hiányosság ellenére, néhány a szimulátorban rendelkezésre álló szoftver komponens segítségével (pl. instruktori rendszer, adatbázis kezelő) eddig is lehetőségünk nyílt szinte minden vezénylőtermi funkció közvetett elérésére. Kétségtelen azonban, hogy a házban belüli szoftverfejlesztéseket, és különösen a tesztelési feladatok elvégzését megnehezítette a vezénylőterem hiánya.

De nem ez az egyetlen tény motivált minket arra, hogy kifejlesszük a vezénylőterem egy virtuális változatát.

Napjainkban ugyanis a szimulátorok, nem csak oktatási eszközök, hanem komoly szerepet játszanak az irányítástechnikai rendszerek fejlesztési-, és az ezzel kapcsolatos ellenőrzési munkálataiban is. Figyelembe véve az erőmű szimulátorának leterheltségét, úgy gondoltuk mindenképpen hasznos lehet a jövőben, ha biztosítjuk, hogy a szimulátor ne csak egyetlen példányban legyen elérhető,

mégpedig az operátorok számára egyszerű, kényelmes és megszokott módon.

Mindezek a tények motiváltak minket arra, hogy 2012 őszén hozzáfogjunk egy, a szimulátorhoz csatlakozható virtuális vezénylőtermi modell kialakításához.

A valódi vezénylőterem

A paksi atomerómű négy blokkjának mindegyike rendelkezik egy többé-kevésbé ugyanolyan módon kialakított vezénylőteremmel. A vezénylőteremben található műszerek, kapcsolók stb. az iparban meghonosodott interfészek, vezetékeken, távadókon stb. keresztül állnak kapcsolatban a mérő műszerekkel, szabályozókkal és vezérlő eszközökkel. Az ötödik vezénylőterem az erőmű szimulátor épületében lett felállítva és lényegében a 3. blokk replikájának tekinthető. Ennek műszereit azonban nem valós fizikai rendszerek hajtják meg, hanem egy szabványos Motorola VME buszon és kommunikációs interfészen keresztül a szimulátor modelljei.

Az 1. ábrán látható egy áttekintő kép a szimulátor épületben található vezénylőteremről. Maga a terem, számos kisebb és nagyobb panelt illetve pultot tartalmaz. Utóbbiakon helyezkedik el a beavatkozó szervek többsége, míg a nagy panelek elsősorban a technológiai paraméterek megjelenítésére szolgálnak.

Minden egyes panel egy technológiai rendszerrel (pl. primer kör, térfogatkompenzátor, turbinák stb.) van kapcsolatban.

A vezénylőben található beavatkozó és megjelenítő eszközök nagymértékben egységesítve lettek a funkciójuk szerint, azaz a megjelenésükben és működésükben azonos típusú kapcsolókat és kijelzőket alkalmaztak a hasonló funkciójú technológiai elemek (pl. szelepek, szabályozó szelepek, szivattyúk) működtetéséhez. Ez alól csak az olyan speciális berendezésekhez kapcsolódó kezelői felületek jelentenek

kivételt, amelyek működése eltér a szabványos berendezésektől.

A vezénylői felület nagy részét az úgynevezett lehívó egységek teszik ki, amelyek két fő részből épülnek fel: a függőleges paneleken elhelyezkedő technológiai sémaképekből, valamint a pultokon található nyomógombos és kapcsoló együttesből. A nyomógombok segítségével az operátor kiválaszthat egy technológiai berendezést a sémaképen, majd a kiválasztott elemre működtető parancsokat küldhet.



1. ábra: A Paksi Atomerőmű teljesléptékű szimulátorának vezénylőterme

A virtuális vezénylő fejlesztése

A virtuális vezénylő fejlesztésére egy nyílt forráskódú, háromdimenziós, animációs filmek és számítógépes játékok fejlesztésére kidolgozott szoftver csomagot, a Blender-t használtuk fel [2].

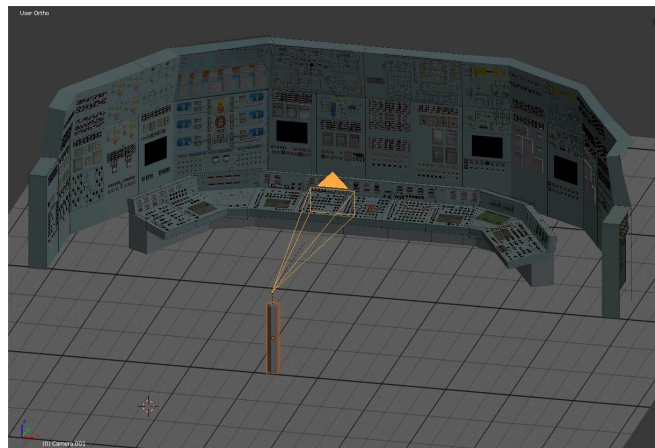
Az alapvető ötletünk az volt, hogy e csomag segítségével hozzuk létre a vezénylőteremnek megfelelő virtuális színpadot, a vezénylő beavatkozó szerveit pedig ún. logikai építőkövek segítségével valósítjuk meg a Blender játék motorját felhasználva.

Tehát első lépésben felállítottuk a színpadot, amely tartalmazta a vezénylőterem padlóját (egy síkfelületet) és a teremben található minden egyes panelt és pultot, amelyeket első közelítésben egyszerű téglatestekkel modelleztünk.

Hogy a színpadunk élethű legyen egy korábbi projekt során készített [3,4], illetve paksi kollégáktól kapott fotókat használtunk fel és ún. UV leképezési technikával elhelyeztük azokat a virtuális paneleken és pultokon. Ennek a leképezésnek a lényege, hogy egy 3D-s objektumon tetszőleges módon elhelyezhetünk egy 2D-s képet, amennyiben az objektumot alkotó síkokat 2D-be kiterítjük, majd a leképezendő képet (amelynek tengelyeit jelöljük U és V betűkkel,) elhelyezzük a kiterített objektum egy adott síkján, vagy síkjain.

A fotók leképezése után egy virtuális operátort és a feje felett egy kamerát helyeztünk el a színpad közepén. Logikai építőkövek (érzékelők, szabályozók és beavatkozók a Blender terminológiájában) segítségével lehetővé tettük, hogy a virtuális operátort és a hozzá kapcsolt kamerát mozgatni lehessen egy egér segítségével. A teljesség kedvéért a logikai építőköveket a későbbiek során egy kicsit részletesebben is bemutatjuk.

A 2. ábrán látható a színpad a virtuális operátorral a színpad közepén.



2. ábra: A virtuális vezénylő színpada, közepén az operátorral

A fejlesztésnek ebben a fázisában a kamera képét az egér görgő segítségével lehetett nagyítani. A 3. ábrán egy ilyen képet mutatunk a kamera szemszögéből az egyik pultra fókuszálva.

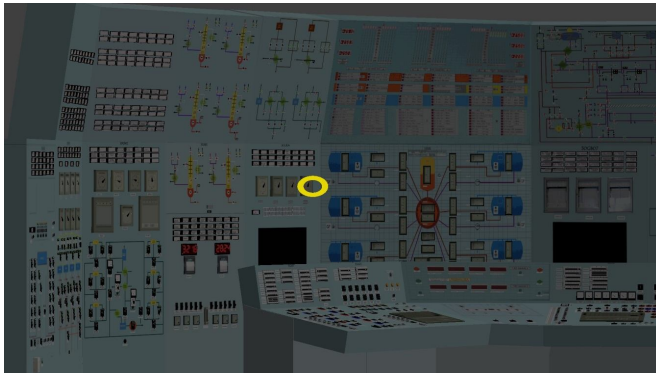
Tulajdonképpen ez az a kép, amelyet a virtuális vezénylő felhasználója lát, amikor a virtuális vezénylőt elindítja és ezt a nézőpontot tudja változtatni miközben a vezénylőteremben mozog és egy specifikus panelre ránagyít.

A sárga karika a képernyő közepén az ún. kiválasztó karika, amely segíti a felhasználót az egyes beavatkozó szervek működtetésében.

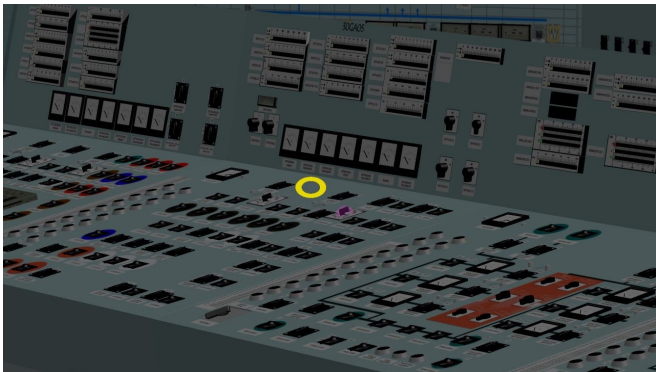
Érdeemes megemlíteni, hogy bár az UV leképezési technika egy remek módszer realiztikus képek létrehozására, azért van néhány hátránya. A leképezéshez használt fotót, egy adott nézőpontból, és a fotó készítésekor adott pillanatnyi megvilágítás mellett készítjük el, így az az adott nézőpontból, más fényviszonyok mellett már nem tűnik teljesen realiztikusnak. Továbbá a háromdimenziós objektumok, mint például a kapcsolók és a nyomógombok a panelek és pultok síkjában jelennek meg, és így az adott panelre fókuszálva könnyen elveszíthetjük az első ránézésre még valóságosnak hitt kép érzését.

De ami még ennél is fontosabb, az UV leképezett képeken nem tudunk végrehajtani valóság-hű beavatkozást, például egy kapcsoló elfordításánál a kép statikus jellege sokat gyengít az illúziót, és nincs vizuális visszacsatolás az átkapcsolás megtörténtéről. Ezért minden beavatkozó szerv típusnak elkészítettük a 3D-s animált változatát. Szerencsére ezeknek az objektumoknak, ahogy már említettük, egységes a kinézetük és a működésük, tehát ugyanaz a típus tűnik fel számos panelen és pulton. Így -annak ellenére, hogy több ezer beavatkozó és kijelző található a vezénylőben,- elegendő volt minden egyes típusból csak egyet-egyet létrehozni, a hozzájuk kapcsolódó, működésüket garantáló logikai építőkövekkel együtt.

A létrehozott elemeket ezután -az UV leképezést, mint támpontot felhasználva az objektumok pozicionálására-, elhelyeztük a pultokon. A 4. ábrán egy pultot és egy panelt láthatunk közelebbről a 3D-s kapcsolókkal és nyomógombokkal együtt.



3. ábra: Vezénylőterem az operátor (kamera) nézőpontjából



4. ábra: 3D-s objektumok a pultokon és a paneleken.

A logikai építőkockáknak kettős szerepe van. Egyrészt ezeknek kell animálni az objektumokat az aktuális beavatkozásnak megfelelően, pl. elforgatni a kapcsolót, amennyiben az operátor ilyen jellegű beavatkozást tesz. Másrészt a logikai építőkockáknak üzenetet kell küldeni a szimulátor felé, hogy az a beavatkozásról értesüljön és a megfelelő módon reagálhasson. Míg a logikai építőkockák segítségével az animálás viszonylag egyszerű módon kivitelezhető, addig a kommunikáció kialakítása a szimulátorral közel sem ilyen egyszerű. Erre -a Blender rugalmasságát kihasználva,- Python nyelven írt scripteket hoztunk létre, lecserélve a szimulátor eredeti VME kommunikációs rendszerét egy virtuális változatra.

A fejlesztés utolsó lépésében - az egérrel történő irányítást lecserélve - több különféle interakciós modellt dolgoztunk ki a virtuális vezénylőn belüli mozgásra.

Ezen modellek közül az egyikben a Nintendo Wii játékkonzolok ún. Remote és Nunchuck kontrollert fogtuk hadra. Ezek az eszközök lényegében vezeték nélküli Bluetooth kapcsolatot biztosítanak a játékkonzollal és megfelelő illesztő szoftver segítségével akár egy PC-hez is kapcsolhatók [5,6]. Játék közben a Remote és a hozzákapcsolt Nunchuck mozgásérzékelői tájékoztatni tudják a konzolt a játékos kezének (lábának attól függően hová rakjuk) mozgásáról és maga a játékprogram ezeket az információkat feldolgozva képes megfelelő módon reagálni. Mivel a Wii Remote lényegében egy infravörös kamerát tartalmaz, így

annak segítségével egy fejmozgást követő rendszert alakíthattunk ki. Ez a megközelítés rendkívül hasznos lehet a vezénylőben, mivel gyakran előfordul, hogy az operátorok miközben valamelyik pulton beavatkoznak, közben fejükkel (és persze szemükkel) a fenti paneleket figyelik, amelyeken pl. egy adott szelep állapota követhető nyomon.

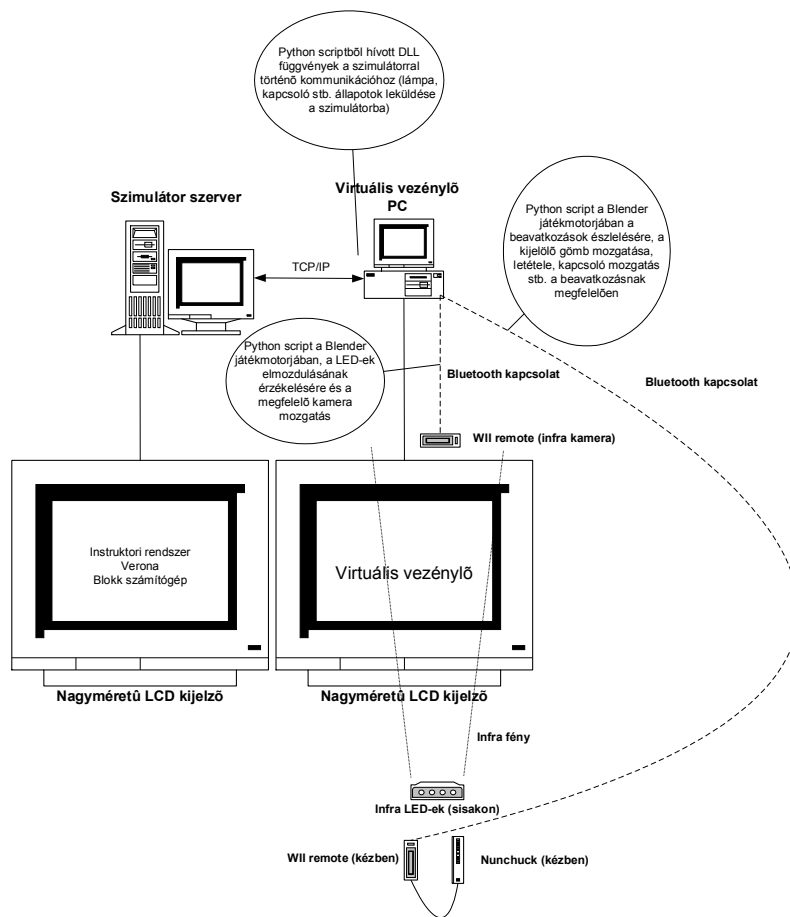
A fejmozgás követéséhez négy infravörös LED-et helyeztünk el egy sisakon, néhány elemmel. Az operátor fejmozgását a monitor felett elhelyezkedő Wii Remote kamera segítségével észleljük, amely rádiós Bluetooth kapcsolaton keresztül kommunikál azzal a személyi számítógéppel, amelyben a Blender játékmotorja fut. Ebben egy megfelelő módon kialakított kommunikációs program feldolgozza a kapott mozgásinformációt és tudatja azt a virtuális vezénylővel. Ezután a virtuális vezénylő a fejmozgásnak megfelelően mozgatja a nézőpontot, olyan érzetelt keltve az operátorban, mintha a fejének elfordulásával a valódi teremben fordulna körbe.

A vezénylőteremben történő mozgást egy másik Wii Remote és Nunchuck segítségével oldottuk meg. Ezeket az operátor a kezében tartja. A Nunchuck segítségével mozoghat a vezénylőben, míg a Remote hozzáférést biztosít a beavatkozó szervek működtetéséhez. A beavatkozásról az operátor visszajelzést kaphat a Wii Remote controller vibrációját aktiválva.

Az 5. ábrán az így kiépített rendszer sematikus ábrája látható az egyes elemek közötti kapcsolattal, míg a 6. ábrán a rendszer használata látható, miközben a fejmozgás-követés éppen akcióban van.

Mivel ennél a navigációs modellnél nincs vezetékes kapcsolat az operátor és a virtuális vezénylő programját futtató számítógép között, így az operátor szabadon mozoghat a képernyőkön megjelenő pultok előtt, átélve a valódi vezénylőben is tapasztalható szabad mozgás érzetét.

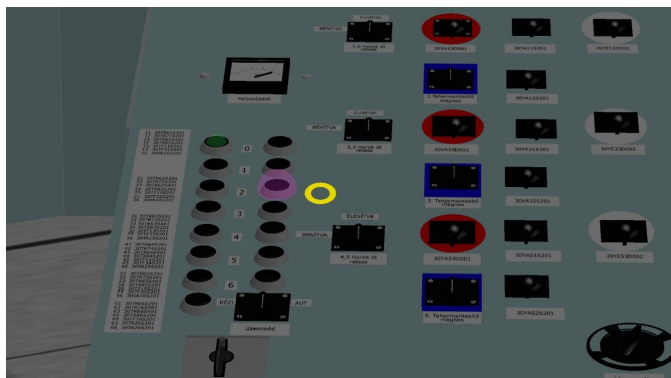
A modellben a kapcsolók és nyomógombok működtetését úgy kellett megvalósítani, hogy az operátor a működtetni kívánt kapcsoló kiválasztását követően a tekintetét a kapcsolótól szabadon elmozgathassa a beavatkozás ideje alatt. Az eszközök kiválasztását a képernyő közepén található kijelölő karikával és ún. jelölőgömbök alkalmazásával oldottuk meg (7. ábra). Használat közben, a karikát célkeresztként használva, a karika mögött található kapcsolókon automatikusan egy lila kijelölő gömb jelenik meg, ami jelzi az operátor számára a kijelölés lehetőségét. Az éppen használt eszköz (egér vagy a Nunchuck) segítségével a kijelölés rögzíthető, amelynek eredményét a kapcsolón megjelenő zöld színű gömb jelzi. A kijelölés után a nézőpont szabadon elmozgatható a vezénylőben, és ezután az operátor által kiadott parancsok mindig az aktuálisan kiválasztott kapcsolóra vonatkoznak. A célkereszt alapú kijelölés további előnye, hogy segítségével az operátortól távol eső kapcsolók is egyszerűen kijelölhetőek, így például a pultok mellől közvetlenül átkapcsolhatóak a sémafalakon található kapcsolók is.



5. ábra: A virtuális vezénylő rendszerének elemei és a köztük lévő kapcsolatok



6. ábra: Fejmozgás követése a Wii Remote segítségével



7. ábra: Kapcsolók kiválasztása

Összefoglalás és további tervek

Elkészítettük egy új 3D-s virtuális vezénylőterem prototípusát és csatoltuk azt a paksi teljesléptékű szimulátorhoz. A játékipartól kölcsönzött ötletek és eszközök segítségével a fejlesztés viszonylag gyorsan (néhány hónap alatt) kivitelezhető volt és a kivitelezéshez felhasznált szabványos játékkonzol eszközök a virtuális vezénylő fejlesztésének alacsony költségét is biztosították. A kifejlesztett virtuális vezénylő interakciós modellje könnyen módosítható, ezért egyszerűen bővíthető olyan újabb funkciókkal és navigációs eljárásokkal, amelyek a rendszer használatát még egyszerűbbé, és élet hűbbé teszik.

A jelenlegi virtuális vezénylő funkcióit a jövőben a következő irányokban szeretnénk tovább bővíteni:

- Újabb, a játék konzoloknál alkalmazott korszerű navigációs eljárások illesztése a rendszerhez.
- Vezénylőtermi hangok bevezetése a modellbe (vészjelzések, gombok hangjai, stb.)
- Több felhasználós üzemmód megvalósítása, amely segítségével egyidejűleg akár több operátor tartózkodhat a vezénylőteremben.
- Több nagyméretű képernyő alkalmazása a vezénylő megjelenítésére.
- Érintőpanel használata a gombok működtetéséhez.

Irodalomjegyzék

- [1] Páles J., Házi G., Jánosy J., Végh E., *A paksi teljesléptékű szimulátor kétfázisú termohidraulikai modelljének lecserélése*, Nukleon, III. évf., 62, (2010)
- [2] [http://hu.wikipedia.org/wiki/Blender_\(program\)](http://hu.wikipedia.org/wiki/Blender_(program))
- [3] Major Cs., Horváth Cs., Végh J., *DEVELOPMENT OF A MODERN HUMAN-MACHINE INTERFACE AT THE PAKS NPP, CONCEPTUAL PLAN, VOLUME I. + SUPPLEMENTS*, AEKI-ARL-2010-709-00/01, V3.0, MTA KFKI AEKI, November 2010 (in Hungarian)
- [4] Major Cs., Horváth Cs., Végh J., *DEVELOPMENT OF A MODERN HUMAN-MACHINE INTERFACE AT THE PAKS NPP, CONCEPTUAL PLAN, VOLUME II., Panels and boards of the Main and Emergency Control Rooms: Evaluation by the Operating Personnel*, AEKI-ARL-2010-709-00/02, V2.0, MTA KFKI AEKI, November 2010 (in Hungarian)
- [5] <http://en.wikipedia.org/wiki/Wii>
- [6] http://wiibrew.org/wiki/Main_Page