

Árvai László¹

SZIMULÁCIÓS SZOFTVEREK ALKALMAZÁSA UAV FEJLESZTÉSBN²

Pilóta nélküli repülőgépek (UAV) fedélzeti elektronikájának fejlesztésében nagy segítséget adhatnak a különböző szimulációs szoftverek. Segítségükkel, a fedélzeti hardver, szoftver rendszer könnyen és biztonságosan tesztelhető, az esetleges hibák könnyen felderíthetők. Ezen kívül tesztelhető a fedélzeti rendszer működése különböző környezeti (időjárás) viszonyok esetén vagy a repülőeszközt érintő változások (pl. meghibásodás) esetén. Az ilyen szimulációs feladatokra a MATLAB programcsomag felhasználása az általánosan elterjedt megoldás. Nem véletlenül, hiszen a MATLAB nagyon kényelmes és kifejezetten rugalmas felületet nyújt a szimulációk elkészítéséhez és nem utolsósorban nagyon sok, már elkészült szimulációs modul támogatja a felhasználót. Ennek ellenére érdemes megvizsgálni néhány más szoftvert is, mert bizonyos speciális esetekben előnyösebben, könnyebben vagy legalábbis olcsóbban használhatók.

APPLICATION OF SIMULATION SOFTWARE IN UAV DEVELOPMENT

The development cycle of UAV onboard electronics might be reduced significantly using computer simulation. With the help of simulation the onboard hardware and software system can be tested easily and safely and the possible problems easily can be identified. The simulation also makes possible to test the behavior of the onboard system in the case of different environmental (weather) conditions or faulty conditions of the aircraft. The most widespread simulation tool for this purpose is the MATLAB software. The MATLAB is very comfortable and flexible simulation environment and a lot of prebuilt simulation module helps to create the necessary algorithm. But still worth to know about some other systems because in special cases they might have advantage.

Bevezetés

Napjaink nagy teljesítményű számítógépei és az egyre kifinomultabb szimulációs algoritmusok, szoftverek segítségével korábban elképzelhetetlen bonyolultságú és pontosságú szimulációk végezhetőek el, gyakorlatilag valós időben. Az ilyen szimulációs eszközök több ponton is támogathatják a pilóta nélküli repülőgépek fejlesztési, illetve az azokkal kapcsolatos oktatási munkát.

Bizonyos szimulációs szoftverek aerodinamikai alapokra épülnek, így a fejlesztés legelső – konfigurációs – fázisában is hasznos segítséget nyújtanak, egy még nem létező repülőgép repülési jellemzői kipróbálhatók, a konfigurációs módosítások ellenőrizhetők, a gép tulajdonképpen virtuálisan berepülhető.

A fejlesztés további fázisaiban is jelentősen tudják támogatni a megfelelően kiválasztott és felparaméterezett szimulációs programok a munkát. Használhatók a fedélzeti szoftver, hardver, illetve a földi állomás szoftverének együttes vagy külön-külön tesztelésére.

¹ laszlo.arvai@gmail.com

² Lektorálta: Prof. Dr. Makkay Imre ny. okl. mk. ezds; egyetemi tanár, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katonai Repülő és Légvédelmi Tanszék, makkay.imre@uni-nke.hu

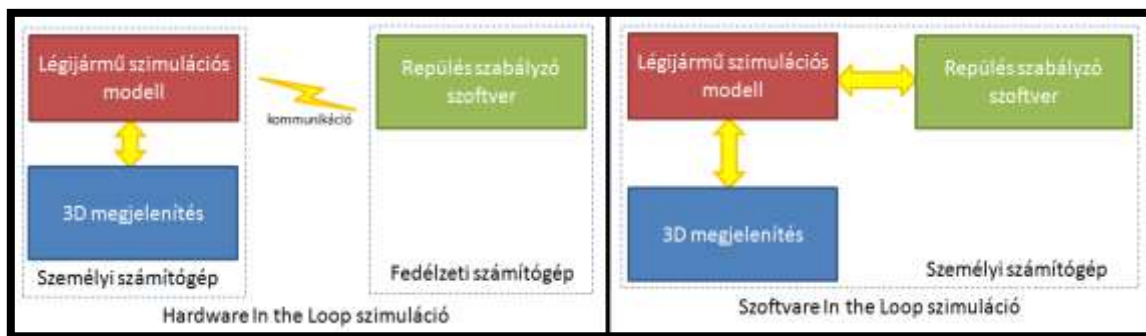
„Hardware In the Loop” (HIL) vagy „Software In the Loop” (SIL) elrendezésben pedig akár a fedélzeti szabályzó rendszerek hangolására, különböző kondíciók melletti viselkedésük (pl. szél, meghibásodás) elemzésére, navigációs és útvonaltervező algoritmusok tesztelésére és optimalizálására is használhatók.

Az oktatásban rendkívüli előnye a szimulációs környezet használatának, hogy a hallgatók szabadon kísérletezhetnek saját algoritmusokkal, beállításokkal a nélkül, hogy ezzel a saját vagy bármilyen eszköz épségét veszélyeztetnék. Az esetleges virtuális géptörések okai könnyen kideríthetők, hiszen a katasztrófához vezető út újra végigjárható, elemezhető a virtuális térben, hiszen folyamatosan rendelkezése állnak a virtuális telemetriás adatok.

Szimulációs szoftverekből számos változat elérhető, léteznek ingyenes vagy fizetős változatok, illetve sokrétűségük, felépítésük és működésük különbözősége miatt más módon és más célra használhatók. Ezért célszerű áttekinteni a néhány elterjedtebb program lehetőségeit, használatának feltételeit, illetve korlátait és általában egy szimulációs környezet felépítésének főbb lépéseit.

A szimulációs környezet

A HIL, SIL illetve általánosságban az „In the Loop” szimulációs módszerek lényege, hogy a vizsgálni kívánt rendszert kiemeljük a működési környezetéből és áthelyezzük egy olyan elrendezésbe, ahol az eredeti környezetet számítógépes szimuláció helyettesíti. Attól függően, hogy az eredeti rendszerből csak a szoftvert vagy a szoftvert és a hardvert együttesen emeltük ki, beszélünk SIL vagy HIL szimulációról. A következő ábra (1. ábra) a két szimulációs elrendezést mutatja UAV repülésvezérlő elektronikájának szimulációs vizsgálata esetén.



1. ábra Szimulációs elrendezések

HIL szimuláció esetén a teljes fedélzeti számítógép a rajta futó szoftverrel együtt kerül bele a szimulációs környezetbe. Ezért szükséges valamilyen kommunikációs lehetőség kialakítása a szimulációt végző személyi számítógép (PC) és a fedélzeti elektronika között. A PC feladat ebben az elrendezésben a légijármű viselkedését leíró modell futtatása és a 3D-s megjelenítés megvalósítása. Ez utóbbi természetesen opcionális, de sokkal követhetőbbé és érhetővé teszi a lejátszódó folyamatokat.

SIL szimuláció esetén csak a szoftvert emeljük ki és a szoftver futtatását is egy személyi számítógép végzi. Bár az ábrán egy számítógép szerepel, természetesen nem szükségszerű, hogy a szimuláció és a fedélzeti szoftver ugyan azon a számítógépen fusson, számítási teljesítménnyel

kapcsolatos problémák esetén több különböző gép is felhasználható. A SIL szimuláció egyébként kevésbé népszerű a HIL szimulációhoz képest, mert amennyiben a fedélzeti számítógép szoftvere a tervezéstől kezdve nem annak figyelembevételével készült, hogy futhasson PC-n is, úgy jelentős munkát igényelhet a szoftver PC-re portolása. Amennyiben azonban lehetőség van SIL szimuláció kialakítására, úgy az, egy nagyon kényelmes és könnyen használható környezetet ad a teszteléshez, hiszen a PC-n használható fejlesztőrendszerek (debuggerek) általában sokkal szélesebb eszköztárral rendelkeznek, mint a beágyazott társaik.

Ha jobban szemügyre vesszük az ábrák bal oldalán a „Légijármű szimulációs modell” és a „3D megjelenítés” részeket, akkor könnyen felismerhetjük, hogy minden repülőgép szimulátor program rendelkezik ezekkel a képességekkel. Kézenfekvőnek látszik tehát a gondolat, hogy használjuk ezeket a szoftverek a HIL, SIL szimulációk során.

Repülőgép szimulátorok a HIL, SIL szimulációban

Természetesen az elérhető repülőgép szimulátor programok nem mindegyike alkalmas arra, hogy az UAV tervezésében hasznos segítséget nyújtsanak. Jó részük inkább játékprogram mint szimulátor, vagyis nem rendelkezik értékelhető pontosságú légijármű modellel, a modell vagy annak paraméterei nem módosíthatók, új modellek nem készíthetők és a modell aktuális adatai nem érhetők el futás közben külső programok számára.

Van azonban néhány program, amelyek alkalmasak az előzőekben megfogalmazott célok elérésére és ezek közül két program különösen jól használható és ennek megfelelően meglehetősen népszerű is. Célszerű tehát azt a két programot részletesebben is szemügyre venni.

FlightGear

A FlightGear [1] egy nyílt forráskódú repülőgép szimulátor, mely számos operációs rendszeren működőképes (Windows, MAC OS, Linux, stb.). Első változata 1997-ben jelent meg és azóta is folyamatos fejlesztés alatt áll. Képes repülőgépek és helikopterek szimulálására és ingyenessége miatt igen népszerű, akár mint szimulációs-megjelenítő vagy csak, mint megjelenítő alkalmazás HIL környezetben.

A HIL/SIL szimuláció számára fontos FlightGear szimulációs adatok, külső programok számára UDP vagy TCP porton férhetők hozzá, illetve itt van lehetőség a külső program számára, hogy beavatkozó jelet küldjön a szimulátor részére. Ez nagymértékben megkönnyíti a használatát, hiszen a szimulátor akár a HIL/SIL szimulációban használt PC-től külön gépen is futtatható.

Érdekessége, hogy többféle modellezési módszert, modult tartalmaz, ezek szabadon cserélgethetők, illetve újabbak is adhatók hozzá. A FlightGear három szimulációs modult tartalmaz.



2. ábra FlightGear használata HIL szimulációra³

JSBSim

A JSBSim egy 6 szabadságfokú, nem-lineáris repülőgép szimulációs modul, mely egyébként az alapértelmezett szimulációs modul a FlightGear-ben. Szintén nyílt forráskódú, 1996-óta fejlesztik, XML fájlok segítségével konfigurálható melyek alapvetően a szimuláció által használt táblázatokat, illetve a képletek együtthatóit tartalmazzák [2]. Képes levegőnél könnyebb járművek szimulálására is, illetve képes külső erőket is figyelembe venni (pl. csörlőzés, vontatás).

A szimulátort professzionális felhasználásokban is viszonlíthatjuk. Például az Aerocross Systems nevű cég Echo Hawk (3. ábra) UAV-jának fejlesztéskor a fedélzeti elektronika tesztelésekor a HIL szimulációban használta[3].



3. ábra Aerocross Systems Echo Hawk UAV⁴

³ http://api.ning.com/files/Uhc61-D96XP8achgokIACQ0fDK89bfB1JbT-v65H*TwWTSaoVOXmLLQw01a*OC9qLxpE*5z05qEWDnc-sMJXStkU*9Xm8w60/ArduFGC3.jpg

⁴ <http://www.flightglobal.com/assets/getasset.aspx?itemid=18792>,
<http://www.aerocross.com/images/sideAUVSI.JPG>

YASim

A YASim a legújabb szimulációs modulja a FlightGear-nek, 2002-ben jelent meg [4]. Az egyetlen modul, ami forgószárnyas légi járműveket is tud szimulálni. Alapvetően geometriai adatokat használ, de a szimulációhoz ezeket nem közvetlenül használja fel, hanem minden FlightGear indításkor legenerálja a szükséges együtthatókat és a továbbiakban azokkal számol. A szimulátor konfigurálása könnyen, XML fájlból megvalósítható.

UUIC

A UUIC-t a Illionisi Egyetemen fejlesztették ki a 2000-es évek elején. Számos repülőgép modellje elérhető hozzá, bár egy részük nem ingyenes, vagy már nem karbantartott [5]. Vélhetően ez a szimulációs modul hamarosan kikerül a szimulátorból.

X-Plane

Az X-Plane [6] a Laminar Research cég több platformos (Mac OS, Windows, Linux) repülőgép szimulátora. A szimulátor egyik kiemelkedő tulajdonsága, hogy a szimulációhoz a lepelem elméletet (Blade Element Theory-t) használja, vagyis a gép geometriája alapján számítja az aerodinamikai erőket, mégpedig valós időben. Ehhez az aerodinamikailag fontos felületeket (szárny, vezérsíkok, légcsavarlapátok, stb.) felosztja több elemi részre, majd ezeken az elemeken a lepelem elmélet segítségével, illetve a modell elkészítésénél megadott (pl. szárnyprofil), illetve az aktuális (pl. kormányfelületek) geometriai méretei és az aktuális sebességi adatok alapján felhajtóerőt számol, majd ezeket összegzi. Ezen kívül figyelembe tudja venni a légcsavar, vagy szárny mögötti áramlási viszonyokat. Ezek ismeretében meghatározhatók az egyes helyeken ébredő erők, majd ezek összegzése után a gép tömege és tömegeloszlása alapján kiszámítható a gép mozgása (4. ábra)

Ez a fajta szimulációs módszer lehetővé teszi, hogy nem létező, fejlesztés alatt álló gépeket is be lehessen repülni, viselkedésüket elemezni, akár együtt a repülésvezérlő elektronikával.



4. ábra X-Plane képernyőkép az egyes profilokon számított erőkkel⁵

⁵ http://www.x-plane.com/wp/wp-content/gallery/cache/574__400x_forces.jpg

Az X-plane szimulátort számos professzionális felhasználásban láthatjuk viszont. Létezik egyrészt egy professzionális változata melyet az FAA⁶ bizonyos egyéb feltételek mellett elfogad és a szimulátorban repült idő beszámítható a pilóták repülési idejébe [7].

A CarterCopter nevű cég is használta az X-plane szimulátort az általa kifejlesztett autogyro (5. ábra jobb oldali kép) pilótáinak képzésekor, illetve az ezzel kapcsolatos kutatási célokra is [8]. A fejlesztés ugyan egy géptörés miatt megállt, de a szimulátor hasznos és értékes segítséget nyújtott a munka során.

A Scaled Composites is használta az X-plane-t vizualizációs célra a Space Ship One fejlesztésekor (5. ábra bal oldali kép)



5. ábra CarterCopter autogyro⁷ és a SpaceShip One⁸

Szimulációs környezet felépítése

A teljes HIL/SIL szimulációs rendszer felépítéséhez meg kell oldani az adatok áramlását a szimulátor és a vizsgálni kívánt fedélzeti repülésvezérlő (szoftver (SIL) vagy hardver+szoftver (HIL)) rendszer között.

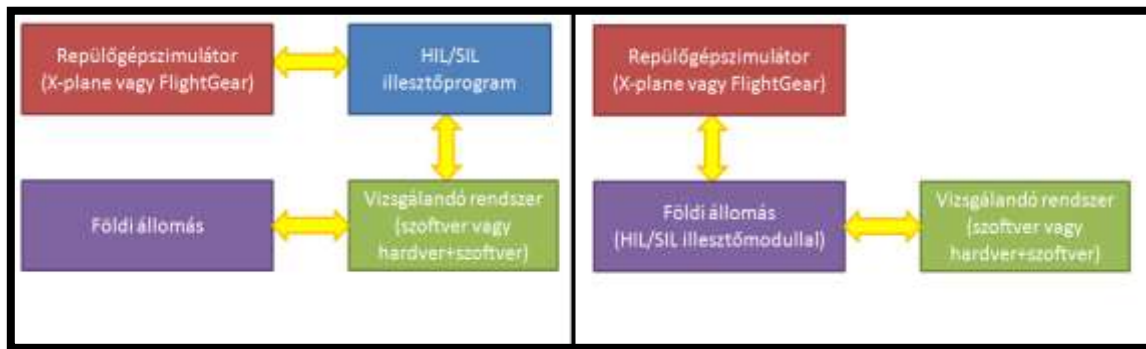
Ehhez a repülésvezérlőnek természetesen rendelkeznie kell valamilyen kommunikációs illesztővel. Ez lehet a már egyébként is meglévő vezeték nélküli csatorna, mellyel a földi állomással kommunikál a repülésvezérlő elektronika a normál működés során, vagy lehet egy külön erre a célra rendszeresített interfész. Ez utóbbinak előnye lehet, hogy akár vezetékes kapcsolat (pl. USB) is kialakítható, így a fedélzeti elektronika energiaellátása is megoldható.

Célszerű ezt az interfészt egyféle protokollal használni, mely független a felhasznált szimulátortól. Ebben az esetben természetesen szükség van egy köztes szoftverre amely a repülőgép szimulátor kommunikációs protokollja és a repülésvezérlő elektronika HIL/SIL protokollja közötti transzformációt elvégzi. Ez általában egy különálló program (6. ábra bal oldal), de célszerűbbnek látszik ezt a funkciót a földi állomás funkciói közé integrálni (6. ábra jobb oldal), hiszen így az egész rendszer könnyebben karbantarthatóbbá és áttekinthetőbbé válik.

⁶ Federal Aviation Administration – Amerikai Légügyi Hatóság

⁷ http://www.cartercopters.com/images/cctd/jason_bynum_cctd_2.jpg

⁸ http://www.scaled.com/images/uploads/gallery/spaceshipone/X-Prize_1/04_09_29_SpaceShipOne_X_Prize_1_0083_MD_8X10crop.jpg



6. ábra HIL/SIL szimulációs környezet lehetséges adatáramlásai

Összefoglalás

A cikkben két HIL/SIL szimulációra alkalmas repülőgép szimulátor szoftvert mutattam be. Mind a kettőnek közös tulajdonsága, hogy a belső szimulációs modellek könnyen konfigurálhatók, a HIL/SIL szimuláció számára szükséges adatok TCP/IP protokoll segítségével hálózaton keresztül kinyerhetők, illetve megadhatók a szimulátor számára.

Mindkettő igen fejlett grafikai megjelenítési képességgel rendelkezik, ami nagymértékben megkönnyíti a vizualizálást, a szimuláció aktuális állapotának megértését.

Ugyan csak az egyik program ingyenes és nyílt forrású, de a másik is elérhető áru, így könnyű konfigurálhatóságuk, szimulációs pontosságuk, illetve a modellek adatainak külső elérhetősége okán sikerrel alkalmazhatók HIL/SIL rendszerekben akár a szimulációs akár megjelenítési feladatokra. Segítségükkel könnyen és biztonságosan tesztelhető a fedélzeti repülésvezérlő rendszer szinte minden funkciója, a kommunikációtól kezdve az útvonaltervezésen át akár a repülőgép stabilitását biztosító algoritmusig. Ezzel nagymértékben megkönnyítve, lerövidítve a fedélzeti elektronika fejlesztési idejét.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] FlightGear: FlightGear (Letöltve: 2012. március 12.) <http://www.flightgear.org>
- [2] JSBSim (Letöltve: 2012. március 10.) <http://wiki.flightgear.org/JSBSim>
- [3] Berndt JonS: JSBSim Reference Manual (Letöltve: 2012. március 10.) <http://jsbsim.sourceforge.net/JSBSimReferenceManual.pdf>
- [4] YASim (Letöltve: 2012. február 12.) <http://wiki.flightgear.org/YASim>
- [5] UIUC (Letöltve: 2012. március 12.) <http://wiki.flightgear.org/UIUC>
- [6] Laminar Research: X-Plane (Letöltve: 2012. március 10.) <http://www.x-plane.com>
- [7] X-Plane FAA Certification (Letöltve: 2012. március 10.) <http://www.x-plane.com/pro/certified/>
- [8] CarterCopter (Letöltve: 2012. március 12.) http://www.cartercopters.com/cctd_simulator.html