

В. І. Шестаков, В. О. Єрмаков, В. В. Поліновський

ІНТЕГРАЦІЯ ПРОГРАМНИХ ЗАСОБІВ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ В МАЙБУТНЮ ЄДИНУ АВТОМАТИЗОВАНУ СИСТЕМУ УПРАВЛІННЯ

На основі аналізу поширених програмних комплексів імітаційного моделювання показано варіант інтеграції засобів моделювання в майбутню єдину автоматизовану систему управління (ЄАСУ) на основі високорівневих архітектур, відкритих стандартів та протоколів.

Постановка проблеми. Одним із пріоритетних завдань програми сталого розвитку «Україна–2020» є створення сучасних автоматизованих систем управління силами і засобами, що функціонують за ситуаційними принципами мережецентричного управління. Основним завданням програми є впровадження високотехнологічних систем збору, обробки, імітаційного моделювання, візуалізації даних і підтримки прийняття рішень у масштабі часу, близькому до реального [1]. Створення та розгортання таких систем визначається як одне з пріоритетних завдань військового будівництва і в провідних країнах світу [2].

На сьогоднішній день проведено велику кількість науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт, витрачено значні фінансові ресурси, притягнуто велику кількість фахівців різних установ Міністерства оборони (МО) України та виробничих підприємств за тематикою створення ЄАСУ Збройних Сил України та її елементів [3].

Однак питання створення ЄАСУ й формування єдиного інформаційного простору дотепер знаходиться здебільшого в теоретичній площині. Її практична реалізація ускладнена існуючими процедурами розробки, випробування і впровадження складних систем і комплексів. Зазначене в умовах фрагментарного фінансування розробок ЄАСУ та експоненційної динаміки розвитку інформаційних технологій, змін форм і способів протиборства призводить до старіння технологічних та управлінських рішень ще до їх впровадження [4].

Слід зазначити, що за світовою практикою для створення висотехнологічних зразків озброєння зараз широко використовують готові апаратні й програмні рішення, апробовані та/або стандартизовані на ринку загальнопромислових цивільних COTS-технологій (Commercial Off-The-Shelf – готові до використання).

У [5] фактичний стан реалізації ЄАСУ передбачається оцінювати на дослідно-випробувальному полігоні (далі – полігон ЄАСУ), на якому здійснити зосередження вже розроблених (впроваджених) елементів (складових) ЄАСУ, інформаційно-аналітичних систем АСУ, виявлення можливостей їх спільного використання та налагодження роботи в єдиній системі.

Серед низки завдань полігону є такі:

уніфікація підходів до створення програмно-технічних платформ ЄАСУ, єдиних інтерфейсів, узгодження їх взаємодії як складових єдиної системи;

визначення системних складових, що підлягають розробці, корегування оперативнотактичних вимог та тактико-технічних завдань щодо створення ЄАСУ (її елементів, складових), а також озброєння та військової техніки (ОВТ) щодо сумісності з єдиною системою;

розробка способів застосування новітніх систем управління, високотехнологічних зразків ОВТ.

Одним із завдань дослідно-випробувального полігону є вибір з усієї сукупності пропонованих готових апаратних та програмних рішень, які нерідко вирішують однотипні завдання, найбільш ефективних.

Необхідними складовими дослідно-випробувального полігону для вирішення зазначених вище завдань повинні бути засоби імітаційного моделювання, в яких реалізовані методи віртуального та конструктивного моделювання. Такі засоби дозволяють: відпрацьовувати методи управління підрозділами, дії особового складу у бою, функціонування складних зразків техніки та озброєння; оцінювати ефективність вибраних рішень на ведення бойових дій у складній обстановці; аналізувати виконання бойових завдань різними організаційно-штатними структурами тощо. Розробка таких засобів, як зазначається в [4], є довготривалою та потребує значних фінансових затрат.

В умовах часових і фінансових обмежень доцільно оцінити можливість запозичення готових технологічних, архітектурних та програмних рішень засобів імітаційного моделювання, провести їх дослідження на полігоні ЄАСУ з метою подальшої інтеграції в майбутню ЄАСУ.

Огляд останніх досліджень та публікацій. У вітчизняних спеціалізованих виданнях іде досить жваве обговорення шляхів впровадження програмних засобів імітаційного моделювання в автоматизовані системи управління (АСУ). Так, у [5] розглядають основні шляхи розвитку сучасних та перспективних систем управління військами та бойовими засобами міжвидових угруповань збройних сил. Варіанти застосування засобів імітаційного моделювання в АСУ розглянуто в [6–8].

Розробками засобів імітаційного моделювання активно займається компанія BAE Systems C-ITS, Швеція. Продуктами цієї компанії є такі програми імітації: STA – загальновійськового бою, BEKSIM – розвідки та контролю за повітрям, LTA-BAT – дій батальйону та CATS TYR – операцій [9].

У Російській Федерації ліцензовану розробку програмних засобів імітаційного моделювання здійснює ВАТ «НПО РусБИТех» [10]. Серед них програмно-технічні комплекси автоматизованого планування дій ВПС і ППО із завоювання та утримання панування в повітрі «Спектр-6Е», автоматизованого планування дій військ (сил) та забезпечення оперативної та бойової підготовки «Спектр-7Е».

У Республіці Білорусь фахівцями підприємства «Белфортекс», що спеціалізується на розробці математичного та програмного забезпечення для АСУ, створено комплекси моделювання бойових дій ВПС і військ ППО «Форт» та «Форт-2» [11].

Система «Форт» забезпечує розробку та підтримку моделюючих комплексів, що виконують завдання з побудови оптимальних угруповань військ, оцінювання їх бойових можливостей та ефективності бойового застосування сил і засобів. Такі моделюючі

комплекси можуть бути використані для проведення досліджень у галузі оцінювання ефективності застосування діючих і розроблюваних (модернізованих) зразків озброєнь.

Лідером у розробці та впровадженні засобів імітаційного моделювання є США. Існує велика кількість спеціалізованих комплексів імітаційного моделювання, які розроблялись для потреб армії США [12–13] у центрах моделювання, таких як:

Лабораторія моделювання конфліктів **CSL** (Conflict Simulation Lab) – програмні комплекси Joint Conflict Simulation (JCS), Joint Tactical Simulation (JTS), Joint Conflict and Tactical Simulation (JCATS);

центр **DISA** (Defense Information Systems Agency) – комплекси Joint Communication Simulation System (JCSS), Global Combat Support System – Joint (GCSS-J), Global Command and Control System – Joint (GCCS-J), Multinational Information Sharing (MNIS), Joint Planning and Execution Services (JPES);

центр **SAIC** (Science Applications International Corp) – комплекс One Semi-Automated Forces (OneSAF) та інші.

Мета статті – на основі аналізу існуючих програмних та архітектурних рішень засобів імітаційного моделювання запропонувати варіант їх інтеграції в єдиний інформаційний простір майбутньої ЄАСУ.

Виклад основного матеріалу. Майже всі зазначені програмні комплекси імітаційного моделювання мають можливість входити до єдиного інтегрованого середовища (федерацію) **JVLC** (Joint Live Virtual Constructive). **JVLC** – це об'єднання *натурних* (L – Live, реальні війська, які застосовують спеціальні датчики або сенсори, для обміну оперативними даними), *віртуальних* (V – Virtual, тренажери чи симулятори) і *конструктивних* (C – Constructive, віртуальні війська, дії яких імітуються на комп'ютері) засобів моделювання в єдиному інформаційному просторі для відпрацювання завдань оперативної та бойової підготовки.

Основними *конструктивними* системами, що входять до складу інтегрованого середовища JVLC, є:

JTLS (Joint Theater Level Simulation) – інтерактивна багатокористувацька система, призначена в основному для моделювання та імітації операцій в театрі військових дій об'єднаними і коаліційними угрупованнями військ (сил). У ній передбачена імітація вирішення бойових завдань, які можуть бути поставлені об'єднаним оперативним формуванням і їх компонентам, а також формуванням сил спеціальних операцій, органам розвідки, силам і засобам тилу;

JCATS (Joint Conflict and Tactical Simulation), яка дозволяє здійснювати моделювання бойових дій у всьому спектрі операцій. Останнім часом вона застосовується для виконання цього завдання в населених пунктах, коли кількість об'єктів, що враховуються, становить від 25 до 40 тис.;

AWSIM (Air Warfare Simulation) – моделювання бойових дій авіації;

JSAF (Joint Semi-Automated Forces) – об'єднана система моделювання бойових дій;

TACSIM (Tactical Simulation) – моделювання збору та передачі розвідувальної інформації, система моделювання тактичного рівня;

NWARS NG (National Wargaming Simulation Next Generation) – Національна система імітації бойових дій;

JDLM (Joint Deployment Logistics Module) – модуль об'єднаної системи імітації матеріально-технічного забезпечення військ (сил).

На даний час інтегроване середовище JLVC дає можливість проводити заходи спільної підготовки угруповань військ (сил) чисельністю до 20 тис. осіб та об'єднувати у віртуальному середовищі більш ніж 1200 географічно віддалених один від одного об'єктів. Щорічна тривалість навчання становить до 10 тис. год [13].

В основу побудови інтегрованого середовища JLVC, а також «Спектр-7Е» та «Форт-2» покладено високорівневу архітектуру HLA (High Level Architecture), яка розроблена за фінансової підтримки Міністерства оборони США для забезпечення інтероперабельності всіх типів моделей і підтримки їх багаторазового використання [14–15].

Розробка HLA[14] базується на таких основних засадах:

- відмова від простих імітаційних моделей, орієнтованих тільки на конкретного користувача, та створення моделей, орієнтованих на користувачів високого рівня;
- складність, в окремих випадках неможливість урахування всіх сфер застосування імітаційного моделювання;
- гнучкість комбінування окремих симуляторів у складні імітаційні моделі;
- відкритість розподіленої архітектури моделювання для майбутніх технологій моделювання та імітації.

У даний час HLA надає розробникам сучасні засоби створення складних імітаційних моделей на модульних принципах, з окремих компонентів з добре визначеною функціональністю та інтерфейсами.

Архітектура і стандарти HLA орієнтовані на створення розподілених динамічних моделей, для яких характерна взаємодія груп однотипних об'єктів, що обмінюються інформацією про свій поточний стан. Велика увага при цьому приділяється фактору часу.

Основна ідея HLA полягає в тому, щоб відокремити специфічні функціональні можливості моделювання від загальних. Для підтримки останніх розроблено універсальну інфраструктуру RTI (Run-Time Infrastructure) [15]. RTI за принципами розподіленої операційної системи забезпечує функціональність, необхідну для взаємодії об'єктів всередині розподіленої моделі.

Модель у HLA розглядається як набір моделей різного рівня агрегування. На нижньому рівні розташовані моделі компонентів системи – об'єктів. Об'єкти в HLA – сукупності, що моделюють конкретні елементи обстановки. Їх взаємодії відображають взаємодії між реальними об'єктами.

В окремі моделі виділено управління об'єктами або групами об'єктів. Це можуть бути математичні чи інші описи, імітовані програмними засобами. У HLA ці імітаційні моделі (симулятори) мають спеціальну назву – федерати. Крім симуляторів, до федератів належать також деякі службові програмні компоненти, наприклад, зайняті збором інформації від засобів виявлення, спостереження.

Тобто, з погляду ЄАСУ, до федератів будуть належати всі автономні алгоритми, програмні структури, утиліти, пристрої та засоби, які описані в стандартизованій формі і виконують певні функції, у тому числі зі збору і передачі інформації між окремими АСУ в середині ЄАСУ.

Сукупність всіх федератів, які беруть участь у моделюванні, працюють в інтересах вирішення певного конкретного завдання, називається федерацією. Або, з погляду ЄАСУ,

федерацією може виступати АСУ будь-якого рівня та типу або навіть певна автономна (що може без додаткових модулів або зовнішніх ресурсів вирішувати певне завдання) ланка в самих АСУ.

Тобто основна мета HLA – підтримка інформаційних обмінів у рамках федерації між федератами, що співпрацюють.

У HLA інформація, якою обмінюються федерати, буває двох видів: стан об'єкта та інтеракція.

Всі обміни даними між федератами відбуваються через RTI. Механізм обміну реалізований у вигляді підписки. Федерат, зацікавлений в отриманні певних атрибутів і взаємодій, повинен підписатися на них через RTI. При цьому для зниження завантаження каналів зв'язку RTI відстежує тільки зміни даних (рис. 1). Завдяки цьому в ЄАСУ суттєво може знизитися навантаження на канал обміну службовою інформацією (RTI ЄАСУ), крім цього, підвищиться прозорість протоколів обміну інформацією та безпека інформації, що передається в каналі RTI.

Кожен з цих сервісів має чітко прописаний інтерфейс, у результаті чого мовні й платформні особливості реалізації федератів стають несуттєвими, тобто в рамках HLA забезпечується повна інтероперабельність федератів і RTI.



Рис. 1. Схема обміну значеннями атрибутів через RTI

Архітектура HLA повністю визначається такими трьома компонентами:

- еталонною об'єктною моделлю;
- правилами федерації;
- специфікацією інтерфейсів.

Еталонна об'єктна модель – істотний компонент HLA, оскільки вона:

- надає механізм для визначення обміну даними та загальної координації серед членів федерації;
- забезпечує загальний, стандартизований механізм для опису можливостей потенційних учасників федерації;
- полегшує розробку і застосування загальних інструментальних засобів для HLA моделей об'єктів.

Правила HLA задають поділ прав і обов'язків федератів у федерації і лежать в основі стандарту взаємодії моделей у HLA.

Специфікації інтерфейсів визначають стандартні інтерфейси для робочої інфраструктури RTI, а також визначають функції зворотного виклику, що надаються кожним федератам, через які RTI може звертатися до його функціональності. Таким

чином, специфікації інтерфейсів визначають як федерати ЄАСУ взаємодіють з федерацією (тобто певною АСУ в середині ЄАСУ) або, зрештою, між собою (рис. 2).

RTI створює окремий прошарок в операційній системі, який забезпечує специфічну функціональність HLA.

Програмні реалізації RTI

Існують системи, що реалізують ідеї HLA на різних мовах програмування: C, C ++, ADA, MODSIM, Smalltalk і ФОРТРАН.

Деякі конкретні реалізації HLA побудовані на базі CORBA. Зокрема, HLA RTI1.3NG-v2 (v3.2) базується на ORB TAO та відповідних CORBA службах розсилки повідомлень.

Інструментальні засоби

У даний час у рамках розробки та впровадження програмного забезпечення за програмою HLA розроблено прикладні програмні інтерфейси для CORBA IDL, C ++, Ada, Java. Вони є частиною специфікації HLA.

Щодо моделей, що використовуються для створення федерацій, єдина вимога тут – вони повинні бути виконані з позицій об'єктів, атрибутів, інтеракцій і це повинно відповідати специфікації інтерфейсів HLA.

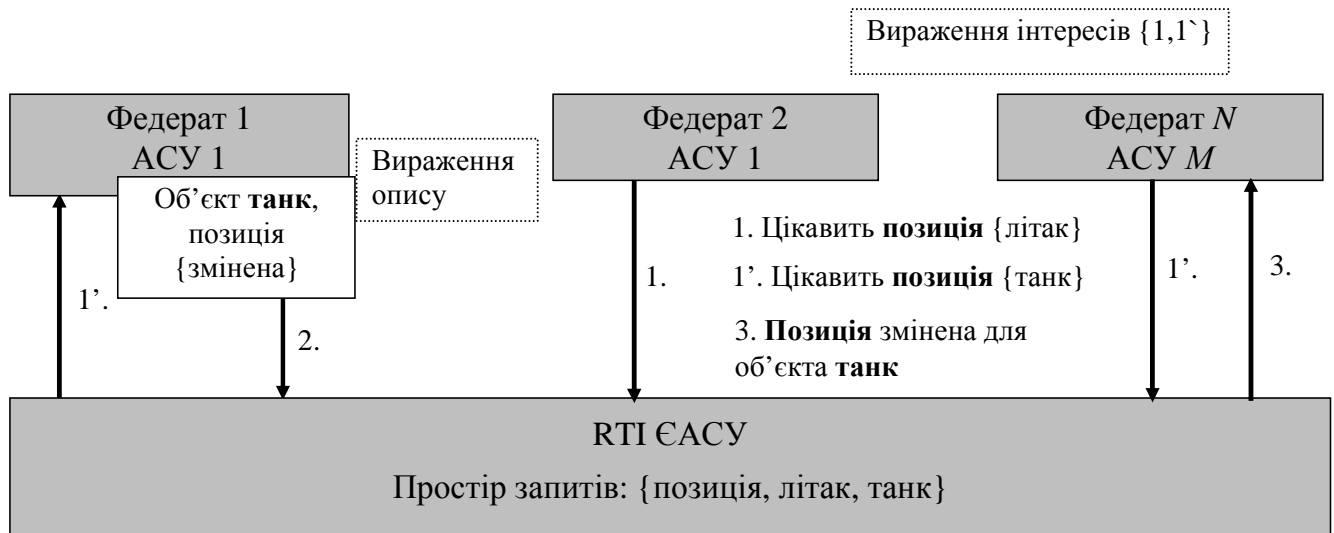


Рис. 2. Приклад взаємодії федератів за допомогою описів та інтерфейсів RTI ЄАСУ

Для розробки HLA-сумісних програм існує широкий набір інструментальних засобів як безкоштовних, так і комерційних. До таких засобів належать, наприклад:

- DCT (Data Collection Tool) – засіб для збору та аналізу переданих між симуляторами даних;
- OMDT (Object Model Development Tool) – засіб для розробки моделей класів модельованих сутностей;
- FEPW (Federation Execution Planner's Workbook) – редактор для розробки та верифікації процесу виконання моделі.

Ці та інші інструменти розвиваються як засоби автоматизації підтримки окремих завдань, що виникають на різних етапах життєвого циклу федерації.

Варто зазначити, що хоча розробка HLA ініційована Міністерством оборони США, із самого початку зазначена архітектура є **відкритим стандартом**, що у 2000 році оформлений та прийнятий як IEEE 1516. Він розвивається і підтримується підрозділом DMSO (Defense Modeling & Simulation Office) Міністерства оборони США.

У даний час HLA знаходить все більше застосування і в цивільній сфері при розробці симуляторів і тренажерів для тренування персоналу складних технічних систем в авіації, космонавтиці, транспорті тощо, стаючи промисловим стандартом і в цій галузі.

Тому вибір з усієї сукупності пропонованих засобів імітаційного моделювання та відпрацювання запропонованого в статті підходу доцільно здійснити на полігоні ЄАСУ.

Висновки. Поширені комплекси імітаційного моделювання ґрунтуються на відомих (розроблених в США) єдиних концепціях, чітких стандартах (IEEE-1516), відкритих архітектурах (DIS, HLA) та відомих протоколах (DIS), що дозволяє поєднувати ці комплекси в єдині інформаційні структури (RTI), не зважаючи на тип (тактичний, оперативний, стратегічний) цього комплексу моделювання та його призначення.

При розробці єдиного інформаційного середовища для Збройних Сил України варто переймати досвід використання розроблених стандартів, відкритих архітектур та протоколів, більшість з яких відкриті та безкоштовні, з метою підвищення оперативності створення єдиного інформаційного простору та ефективності робіт щодо майбутньої ЄАСУ.

Напрямами подальшої роботи зі створення єдиного інформаційного середовища засобів імітаційного моделювання в АСУ силами та засобами є:

- уніфікація опису відомостей, даних, інформації й протоколів взаємодії елементів ЄАСУ;
- завершення розробки і передачі в дослідну експлуатацію на полігоні ЄАСУ програмного забезпечення засобів моделювання;
- створення власної HLA-подібної технології і реєстрація комплексу спеціальних програм, що реалізують дану технологію.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Стратегія сталого розвитку "Україна–2020" / Указ Президента України від 12 січня 2015 року № 5/2015. – Електронний ресурс. – Режим доступу : <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/5/2015/paran10#n10>
2. Паршин С. А. Современные тенденции в теории и практике совершенствования оперативного управления вооруженными силами США / С. А. Паршин, Ю. Е. Горбачев, Ю. А. Кожанов // Едиториал УРСС. – М. – 2009. – 80 с.
3. Морозов А. А. Ситуационные центры. Информационные технологии будущего / А. А. Морозов, В. А. Яценко. – К. : СП «Интертехнодрук», 2008. – 332 с.
4. Пермяков О. Ю. Інформаційні технології і сучасна збройна боротьба / О. Ю. Пермяков, А. І. Сбітнев. – Луганськ : Знання, 2008. – 204 с.
5. Даник Ю. Г. Шляхи підвищення ефективності заходів зі створення високотехнологічних систем озброєння і військової техніки / Ю. Г. Даник, О. О. Писарчук, К. О. Соколов, В. І. Шестаков // Проблеми створення, випробування, застосування та експлуатації складних інформаційних систем : зб. наук. праць. – Житомир : ЖВІ ДУТ, 2014. – Вип. 9. – С. 15–27.
6. Скурихин В. И. Проблемы создания и функционирования комплексных автоматизированных систем управления / В. И. Скурихин, А. А. Морозов // Управляющие системы и машины. – К. – 1981. – № 3. – С. 3–6.

7. Морозов А. А. Новые информационные технологии в системах принятия решений / А. А. Морозов // Управляющие системы и машины. – К. – 1993. – № 3. – С. 13–32.
8. Морозов А. О. Шлях від АСУП до ситуаційних центрів / А. О. Морозов, Г. Є. Кузьменко // Управляющие системы и машины. – К. – 2008. – № 8. – С. 82–107.
9. Офіційна сторінка. – Електронний ресурс. – Режим доступу : <http://www.c-its.com/>
10. Офіційна сторінка. – Електронний ресурс. – Режим доступу : <http://www.rusbitech.ru/>
11. Офіційна сторінка. – Електронний ресурс. – Режим доступу : <http://www.belfortex.com/>
12. Brooks J. T. Training Community Modeling and Simulation Business Plan 2008 Edition / J. T. Brooks, D. B. Levine, P. A. Sargent // Institute for defense analyses, Virginia. – 2009. – 144 p.
13. Нелидов И. М. Роль управления перспективных исследований МО США в создании вооружения и военной техники / И. М. Нелидов // Зарубежное военное обозрение. – М. – 2013. – № 3. – С. 23–29
14. Dahmann J. S. High level architecture for simulation /J. S. Dahmann // Proceedings of the First International Workshop on Distributed Interactive Simulation and Real-Time Applications, Atlanta. – 1997. – P. 9–14.
15. Evaluation of Run Time Infrastructure (RTI) Implementations / Knight, Pamela; Corder, Aaron; Liedel, Ron; Giddens, Jessica; Drake, Ray; Jenkins, Carol; Agarwal, Paul // The Journal of Defense Modeling and Simulation: Applications, Methodology, Technology (Society for Modeling and Simulation International). – Huntsville. – 2015. – 34–48 p.

Подано 02.06.2015

В. И. Шестаков, В. А. Ермаков, В. В. Полиновский

ИНТЕГРАЦИЯ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В БУДУЩУЮ ЕДИНУЮ АВТОМАТИЗИРОВАННУЮ СИСТЕМУ УПРАВЛЕНИЯ

На основе анализа распространенных программных комплексов имитационного моделирования показан вариант интеграции средств моделирования в будущую единую автоматизированную систему управления с использованием высокоуровневых архитектур, открытых стандартов и протоколов.

V. I. Shestakov, V. A. Ermakov, V. V. Polinovskyi

INTEGRATION OF SIMULATION MODELING SOFTWARE IN THE FUTURE A JOINT AUTOMATED CONTROL SYSTEM

Based on analysis of common software systems simulation shows an integration of simulation in the future a Joint automated control system using the high-level architecture, open standards and protocols.