

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 004.75, 004.724.2

Г. В. ПОРЄВ

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», Київ

МЕТОД ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ВІДТВОРЕННЯ КІНЕМАТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ОБ'ЄКТІВ В РОЗПОДІЛЕНИХ МЕРЕЖАХ СИМУЛЯЦІЇ РУХУ

Анотація: В даній роботі запропоновано метод підвищення точності відтворення кінематичних характеристик об'єктів симуляції в розподілених мережах, зокрема ігрових. Метод базується на використанні в протоколі передачі даних додаткових блоків щодо положення керуючих елементів об'єкту, що дозволяє використовувати інтерполяцію положення і стану об'єктів симуляції з більшою точністю. Запропоновано також метод синхронізації багатокористувачького середовища симуляції з нелінійним плином часу.

Ключові слова: розподілені мережі, симулятори, інтерполяція.

Вступ

В середині 1990-х років індустрія виробництва комп'ютерних ігор майже одночасно підійшла до двох революційних на той час технологій — жанр симулятора та так званий мультиплеер (від англ. multiplayer — багато гравців).

Жанр симулятора відрізняється від інших поширених ігрових жанрів тим, що основний акцент ігрового процесу поставлено на якомога більшу відповідність реальним об'єктам, діям з ними, взаємодіям між об'єктами симуляції та між гравцями в умовах наближеного до реальності оточуючого середовища. Класичними прикладами в жанрі симуляторів є автомобільні та авіаційні.

Автомобільний симулятор оперує реалістичною моделлю автомобілів, які взаємодіють між собою, покриттям доріг, погодними умовами тощо. Особливу увагу приділяють моделі механічних ушкоджень та характеристик двигунів і трансмісії, розподілу маси в об'ємі об'єктів симуляції, моделюванню взаємодії різних типів шин з різними типами покриття доріг при різних погодних умовах і т.п.

Більш складний під-жанр авіаційних симуляторів обов'язково включає так звану «модель польоту», що відповідає за обчислення поведінки літального апарату на основі даних про його просторову конфігурацію, аеродинамічні площини, розташування, тип та потужність двигунів. Враховуються властивості атмосфери в залежності від часу доби, сезону, висоти, типу земної поверхні тощо, а також вносяться реалістичні атмосферні ефекти турбулентності та термальні колони [1].

Технологія мультиплеєру дозволяє кільком гравцям взаємодіяти в одному і тому самому ігровому контексті, такому як спільний сюжет, спільне місце дії, спільне керування одним і тим самим об'єктом тощо.

Поєднання цих двох технологій дозволило на сьогоднішній день створити велику кількість успішних програмних продуктів не тільки розважального напрямку, але і професійних комп'ютеризованих тренувальних середовищ.

Проблема часу відповіді

Перші спроби створення мультиплеєрних ігор базувалися на можливостях зв'язку, доступних для персональних комп'ютерів. Здебільшого це були телефонні модеми, які давали можливість з'єднання на швидкостях від 1.2 до 14.4 Кбіт/сек із середнім часом відповіді в невантаженому каналі близько 200-500 мс.

Альтернативою модемному з'єднанню, яка дозволяла підключення більш, ніж 2 гравців одночасно, були локальні мережі того часу, переважна кількість яких була побудована на технологіях компанії Novell. Хоча такі локальні мережі дозволяли знизити час відклику до десятків мілісекунд, вони були практично відсутні в домашньому секторі.

З розвитком технологій зв'язку та дедалі ширшим проникненням мережі Інтернет в усі технологічні сфери людської діяльності, стандартом де-факто для сучасних комп'ютерних ігор стала можливість мультиплеєру в локальній мережі або на виділених серверах через мережу Інтернет.

Попри те, що швидкість передачі даних в сучасних глобальних мережах на кілька порядків вища, ніж на початку 1990-х років, проблема часу відклику не зникла, і в розподілених ігрових мережах, що працюють через Інтернет, актуальна і сьогодні.

Ця проблема полягає в тому, що середній час відклику програмного забезпечення на віддаленому вузлі на команду локального вузла в переважній більшості випадків значно вище, ніж природний час реакції гравця (або час на необхідну дію в симуляторі) при зміні ігрової обстановки.

Якщо при використанні локальних мереж по технології Ethernet при умові відсутності побічного трафіку час відклику становить 1-2 мсек, то час відклику від сервера в мережі Інтернет залежить від багатьох факторів. По-перше, це тип та швидкість клієнтського підключення. Наприклад,

користувачський асиметричний доступ ADSL на швидкості 512 Кбіт/сек дає затримку проходження пакету даних порядку 10-20 мсек за рахунок буферизації даних при модуляції та демодуляції сигналу. По-друге, топологічна відстань до серверу та політика операторів зв'язку, які можуть встановити обмеження швидкості для зарубіжних та супутникових каналів, спричиняють додаткові затримки часу відповіді, що можуть сягати навіть кількох секунд при обміні даними з сервером в іншій частині світу.

В симуляторах рухомих об'єктів (транспортні або авіаційні засоби) кожен клієнт періодично відправляє на сервер дані про своє місцезнаходження, кінематичний стан та контекст управління. Сервер в реальному масштабі часу оброблює отримані дані, та формує поточний стан ігрового контексту, який періодично відсилається клієнтам.

Можлива ситуація, коли значення затримки проходження даних від сервера до клієнтів значно коливаються, що спричиняє порушення синхронізації ігрового контексту, при цьому на кожному клієнті відображається свій контекст, який за кінематичними параметрами відрізняється від усіх інших (рис.1).

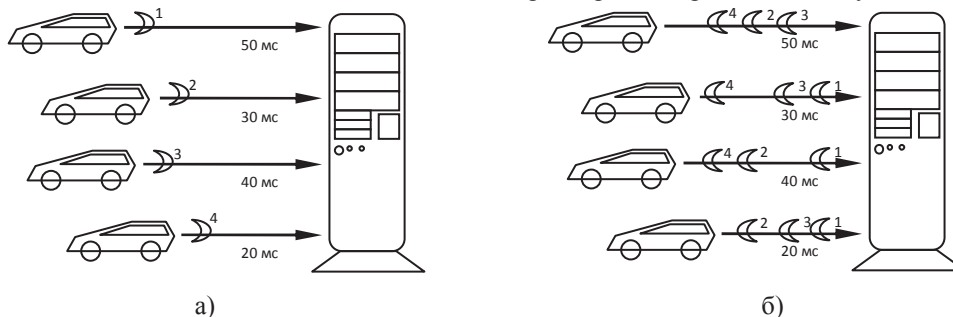


Рисунок 1 – Затримка передачі сигналу в автомобільному симуляторі: а) — позиційні дані від клієнтів до сервера, б) — оновлення позицій суперників

Розробники ігрових протоколів намагаються подолати цю проблему. Наприклад, мультиплеер ігри Need For Speed: Porsche Unleashed передбачає два режими оновлення ігрового контексту — позиційний та так званий «обмін вводом» («Input Exchange»). В позиційному режимі в мережу відсилаються оновлення контексту, які містять інформацію про розташування та орієнтацію автомобілів у просторі, тоді як в режимі обміну вводом в оновленнях міститься інформація про натискання керуючих клавіш та стан ігрових контролерів всіх інших гравців, а позиція і ігровий контекст обчислюються локально і незалежно на кожному клієнті.

Такий підхід дозволяє за рахунок невеликого збільшення об'єму обчислень зменшити затримку і порушення синхронізації ігрового контексту. Повністю проблему це не вирішує, але дозволяє зменшити затримку до середнього рівня реакції гравця на не-швидкісних лініях зв'язку.

Розподілена мережа віртуального повітряного руху VATSIM

VATSIM (Virtual Air Traffic SIMulator) — середовище глобальної симуляції повітряного руху. Клієнти мережі VATSIM підключаються в одному з трьох режимів — спостерігач, авіадиспетчер або пілот. Відповідно відрізняються програмне забезпечення та спектр виконуваних в ігровому процесі функцій.

Мережа VATSIM складається з кількох географічно розподілених серверів, взаємозв'язаних між собою для синхронізації ігрового контексту. З клієнтської точки зору, учасник мережі бачить дії та положення інших учасників незалежно від того, чи підключені вони до того самого сервера, що і перший учасник, чи до інших [2].

Одночасно в мережі VATSIM присутні до 1500 клієнтських підключень, хоча технологічні обмеження на максимальну кількість не оголошені. Протокол взаємодії в мережі є модифікованою версією протоколу FSD (Flight Simulator Daemon, який було розроблено в 1990-х роках) з додаванням авторизації програмного забезпечення по цифровому підпису.

Оскільки VATSIM є не центральним сервером, а розподіленою системою, його серверні компоненти вимагають досить високої полоси пропускання трафіку для організації зв'язку з іншими серверами: за офіційними вимогами — до 10 МБіт/с гарантованого каналу, тоді як клієнтські підключення без врахування обміну голосовими повідомленнями вимагають ширину каналу порядку одиниць кілобайт за секунду.

Однак навіть за умови гарантованого каналу проблема часу відповіді та порушень синхронізації ігрового контексту властива також і мережі VATSIM. Причиною цього є не тільки природна затримка проходження сигналу, але і специфіка самого протоколу FSD, який передбачає оновлення просторового положення та кінематичних характеристик літального апарату в ігровому контексті мережі лише кожні 5 секунд.

Для нормального функціонування та симуляції всесвітнього повітряного руху цивільної авіації така затримка історично склалася для зменшення навантаження по трафіку на сервери VATSIM, оскільки оновлення просторових координат та кінематичних характеристик становлять більшу частину трафіку мережі. На сьогоднішній день, навіть коли швидкості доступу до мережі Інтернет у кінцевих користувачів значно збільшилися у порівнянні з початком життєвого циклу протоколу FSD, збільшення частоти оновлення просторово-кінематичних характеристик літальних апаратів VATSIM вважається недоцільним — в мережі практично відсутні штатні ситуації, які потребують коротшого часу реакції віртуальних пілотів та диспетчерів.

В той же час стає неможливим виконувати синхронні польоти пілотажних груп в близьких пілотажних формаціях. Наприклад, у фронтальній формації з трьох літаків, кожен з яких одночасно з усіма перетинає спільну нормаль до траєкторії польоту, програмне забезпечення кожного віртуального пілота отримує дані про просторово-кінематичні характеристики інших двох пілотів із затримкою щонайменше на 5 секунд (рис.2).

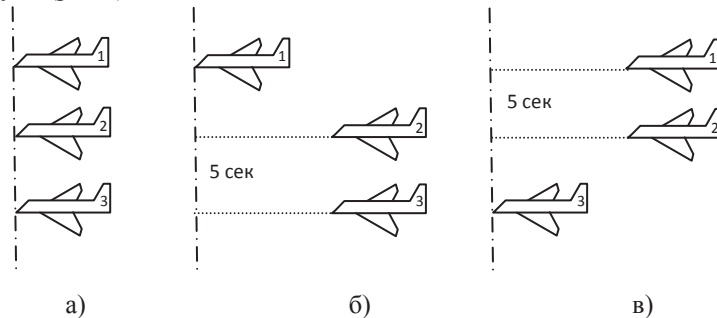


Рисунок 2 – Порухення синхронізації ігрового контексту в мережі VATSIM: а) реальне положення літаків, б) вигляд ігрового контексту з точки зору 1-го пілота, в) вигляд ігрового контексту з точки зору 3-го пілота.

Метод підвищення точності

Якщо навантаження по трафіку на розподілену мережу симуляції повітряного (або будь-якого іншого транспортного) руху дійсно накладає обмеження на частоту передачі оновлень кінематичних параметрів, середовище симулятора на клієнтському боці вимушене інтерполювати попередні параметри на весь час до отримання наступних [3].

У випадку VATSIM, передаються такі кінематичні параметри: географічні довгота та широта, висота, швидкість, курс, крен, диферент та ознака посадки-зупинки. В результаті повітряне судно, яке виконує маневр розвороту або вирівнювання перед посадкою, може бути зображене як таке, що раптово пересувається в латеральній площині або «занурюється» під покриття злітно-посадочної смуги (рис.3).

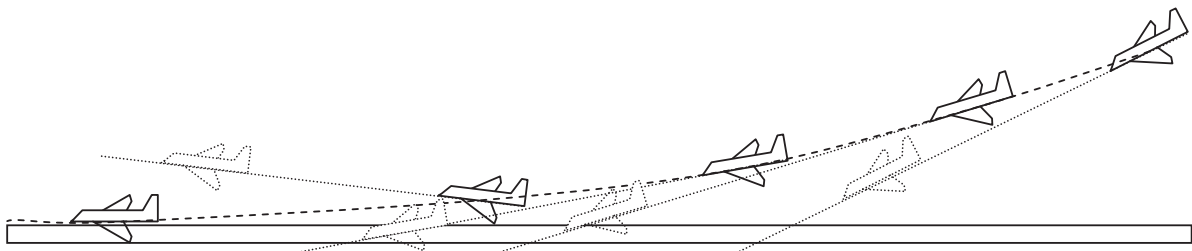


Рисунок 3 – Реальні та інтерполювані траєкторії проходження глісади в мережі VATSIM.

Для уникнення таких небажаних побічних ефектів нами пропонується при розробці нових або модифікації існуючих протоколів мультиплеерних симуляторів руху передавати разом з кінематичними параметрами блок додаткових параметрів, що містять інтерполяційні дані.

Наприклад, при виконанні складного маневру розвороту зі зміною ешелону локальне клієнтське програмне забезпечення має можливість виявити, що елерони, рулі та елеватори не змінюють своє положення протягом певного часу і на основі цього припустити, що швидкість зміни курсу та висоти буде постійною.

В такому випадку інформація про них буде відправлена в додатковому блоці, що дасть можливість партнерам по мережі симулятора точніше передбачати кінематичні характеристики, застосовуючи математичні методи інтерполяції, наприклад, метод Рунге-Кутта.

В симуляторах з передбаченою можливістю ігрового процесу в нелінійному часі (тобто довільне уповільнення або прискорення течії ігрового часу) створення мультиплеерних режимів довго вважалося неможливим, або пов'язаним із значними труднощами.

Нами пропонується новий підхід, який дозволяє цих труднощів завдяки відмові від традиційного підходу до мультиплеер реального часу.

На сьогоднішній день переважна більшість мультиплеерних серверів та систем реалізує модель реального часу в ігровому контексті, коли всі дії та зміни від кожного гравця оброблюються як такі, що трапилися щойно, і сповіщення про це негайно відсилається всім іншим гравцям або тим гравцям, які знаходяться в області видимості першого.

В такій моделі гравець не має можливості поставити ігровий процес на своєму клієнті на паузу, або прискорити чи уповільнити плин часу, або відключитися від мережі без того, щоб не порушити цілісність ігрового контексту. В 1990-х роках розробники мультиплеерних ігор по різному вирішували цю проблему. Наприклад, в іграх від idSoftware, таких як цикл Doom, Heretic та перші випуски Quake, запит паузи на одному з клієнтів в режимі мультиплеера автоматично призупиняв гру на всіх інших. Parallax Software при розробці ігор серії Descent взагалі заборонили тимчасове призупинення гри в режимі мультиплеера.

Система обчислення ігрового контексту, що буде створена за нашим методом, вирішує цю проблему відмовою від моделі реального часу. Натомість кожен клієнт, що підключається до системи, має можливість створити ігровий об'єкт з будь-якою відносною датою в межах зарані заданого системного часового проміжку. Всі дії об'єкту, його кінематичні характеристики та зміни внутрішнього стану будуть записані системою в базу даних, так звану «матрицю реальності», до того моменту ігрового часу, коли гравець припинить з'єднання.

Після оновлення матриці реальності будь-який інший гравець, що створює об'єкт в області видимості попереднього та досить близького проміжку часу, отримує від системи ігровий контекст, в якому буде присутній попередній об'єкт, а всі його дії будуть відтворені в ігровому контексті у відповідності до внутрішнього масштабу часу. Відповідно, всі дії, характеристики та зміни стану кожного наступного ігрового об'єкту будуть також записані до матриці реальності.

Гравці, що приєднуються до системи, будуть мати можливості або створення нового ігрового об'єкту, або використання існуючого з того моменту, коли до системи надійшло його останнє оновлення перед відключенням попереднього гравця.

Така система буде нами реалізована як платформа для мультиплеерного середовища космічного симулятора OrbiterSim, який відзначається необхідністю надзвичайно широких меж керування динамічним часом.

Висновки

Проаналізовані системотехнічні причини виникнення затримок часу відтворення кінематичних характеристик в розподілених системах симуляції, в тому числі ігрових, та розглянуті існуючі рішення, які були застосовані розробниками таких систем.

На прикладі мережі симуляції віртуального повітряного руху VATSIM показано, що причини виникнення затримки та порушення ігрового контексту можуть мати не тільки системотехнічний характер, але і бути зумовлені економічними міркуваннями та вертикальною сумісністю технологій.

Запропоновано новий метод підвищення точності відтворення кінематичних характеристик об'єктів в розподілених ігрових мережах симуляції руху та новий метод вирішення проблеми створення мультиплеерних середовищ для ігрового контексту, який передбачає використання нелінійного часу.

Робота виконана в рамках гранту президента України для підтримки наукових досліджень молодих вчених, НДР GP/F27-0040 «Дослідження регуляційних та рейтингових методів в однорангових мережах типу BitTorrent» договір № Ф27/8-2010 від 12 лютого 2010.

Список використаної літератури

1. A. Rollings, E. Adams "On Game Design".—Indianapolis (USA): New Riders Publishing, 2003.—648 p.
2. Castronova E. "Synthetic Worlds".—Chicago: University of Chicago Press, 2005.—322 p.
3. Singhal S., Zyda M. "Networked Virtual Environments: Design and Implementation".—New York: Addison Wesley, 1999.—330 p.

Відомості про авторів

Порєв Геннадій Володимирович — к.т.н., старший науковий співробітник, докторант Національного технічного університету України «КПІ», пр.Перемоги, 37, м.Київ, 03056, тел.. 258-52-09, +380-68-321-345-1, core@barvinok.net