

УДК 004.946, 778.38

Д.А.Голодюк

Волинський національний університет імені Лесі Українки

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ ГОЛОГРАФІЇ ДЛЯ ТРИВИМІРНОГО ПРЕДСТАВЛЕННЯ ВІРТУАЛЬНОЇ РЕАЛЬНОСТІ: ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ

У роботі розглядається принцип голографічного методу трьохвимірної візуалізації віртуальної реальності як один з найперспективніших серед стереоскопічних способів імітації реального середовища. Розглядаються проблеми, пов'язані з можливістю реалізації передачі реалістичного відео-потoku інформації, основною з яких є продуктивність сучасних апаратних засобів. До цього часу нема можливості генерувати голограми в режимі реального часу, тому що жоден процесор поки що не в змозі впоратися з рендерингом такого потоку інформації. Таким чином, для вирішення цієї проблеми потрібно або використовувати потужні кластерні системи, або придумувати нові обчислювальні алгоритми для розв'язання такого роду задач. В статті наведено опис проектів, реалізація яких потребує ще чималих досліджень в галузі цифрової голографії і які могли б значно урізноманітнити життя суспільства.

Ключові слова: голографія, віртуальна реальність, тривимірне представлення.

*"Кожен може дивитися в екран дисплея,
як у вікно, за яким існує віртуальний світ"
Іван Сазерленд*

Постановка проблеми.

З розвитком інформаційних технологій з'являються все нові й нові ідеї щодо урізноманітнення свого життя. Серед цих ідей можна виділити ті, які носять лише розважальний характер, але й є ті які з часом стають незамінними в таких важливих галузях, як проектування, медицина, військова оборона та ін. Саме поява таких проблем підштовхує нас до чогось нового, такого, що зовсім недавно ще здавалося лише фантастикою. Саме так і сталося з трьохвимірною візуалізацією дійсності. Одним з найперспективніших способів вирішення проблеми 3D-представлення віртуальної реальності сьогодні є голографія, яка з в процесі еволюції перетворилася з власне оптичної науки в окрему галузь інформаційних технологій – комп'ютерна голографія. Проблеми та перспективи її розвитку є актуальними і залишатимуться таким в найближчому майбутньому.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Публікації про результати досліджень, виконаних в останні роки, свідчать про те, що прискорений розвиток обчислювальної та мультимедійної техніки значно розширює можливості використання голографічних моделей в багатьох галузях науки і техніки, і, як наслідок, вимагають від сучасних фахівців розробляти, проектувати, впроваджувати і розвивати нові технології візуалізації віртуальної реальності.

Постановка завдання

Основним завданням статті є аналіз існуючих методів візуалізації об'єктів віртуальної реальності з позиції їх застосування у різних сферах діяльності. Розгляд акцентується на голографічних методах представлення об'єктів засобами високопродуктивних обчислювальних систем і перспективи розвитку їх як в напрямку вдосконалення апаратної частини, так і розробки нових алгоритмів обробки даних.

Виклад основного матеріалу. Віртуальна реальність – предмет конкретних, дуже складних і дорогих досліджень вчених, зайнятих комп'ютерними технологіями.

Сьогодні з приводу історії виникнення терміну і поняття «віртуальна реальність» і вже цілого сімейства інформаційних технологій, що об'єднуються назвою «віртуальна реальність», існує багато різних думок і точок зору. Однак, найбільш послідовно і вірогідно, історія виникнення віртуальної реальності коротко змальована у статті Л. Черняка «Біля витоків віртуальної реальності», розміщеної на порталі «Віртуальний комп'ютерний музей», в якій вказані

основні ключові події, їх дати та імена основних фігурантів. (стаття розміщена за наступною адресою <http://www.computer-museum.ru/frgnhist/intern6.htm>).

Дати точне визначення терміну «віртуальна реальність» досить важко, хоча одним з можливих визначень можна вважати, наприклад, наступне. Віртуальна реальність – це сімейство інформаційних технологій, заснованих на використанні інтерактивного людино-машинного інтерфейсу, який впливає на сенсорну систему людини таким чином, що у людини створюється ілюзія взаємодії із середовищем, що породжує штучні подразники. [2,3]

Тривимірне представлення інформації є найбільш звичним і наочним для людини: через зір людина отримує близько 80% всієї сприйманої інформації. Людське око це оптичний прилад, що має природне походження. З цієї причини формування зорового сприйняття зображень навколишнього середовища визначається законами дифракції.

Важливим завданням, пов'язаним з зоровим сприйняттям об'єктів, є запис зображень об'єктів з подальшою можливістю їх відтворення. Наприклад, фотографія відображає двомірну проекцію об'єкта, що знімається і є статична під будь-яким кутом огляду. Інформація про третій вимір зберігається на фотографії не повністю, тому що плівка реєструє лише інтенсивність світла. А найголовніше, фаза світлової хвилі, яка залежить від відстані від об'єктива до предмета, на фотоплівці не записується. З цієї причини на фотографії зображення об'єкта відповідає одному ракурсу, а саме напрямку, з якого здійснюється фотографування об'єкту. Цей недолік фотографії був подоланий після винаходу голографії. [16] Голографія - (від грецького Όλος – holos – повний + γραφή – graphē – запис) – це інтерференційний метод реєстрації світлових хвиль, що дифрагували на об'єкті, освітленому когерентним світлом. [17] Це – спосіб одержання об'ємних зображень предметів на фотопластинці (голограми) за допомогою когерентного випромінювання лазера.

Винахідником голографії вважається англійський фізик доктор Денніс Габор (Dr. Dennis Gabor), який у 1947 році звернув увагу на один парадокс – коли ми фотографуємо, постійно доводиться налаштовувати фокус. При цьому, якщо фокус налаштований неправильно, зображення може бути спотвореним або взагалі зникне. Але в реальності воно нікуди не зникає. Предмет як стояв на місці, так і стоїть, просто він виявився не у фокусі. Таким чином Габор прийшов до висновку, що зображення в будь-якому вигляді знаходиться в самій структурі світлової хвилі, яка проходить від предмета до фотоплівки.

Після цього в теорії голографії не відбувалося практично нічого цікавого аж до 60-х років. Саме тоді величезний внесок у цю сферу вніс Ю. Н. Денисюк і двоє учених з Америки – Е. Лейт і Ю. Упатніекс (Emmett Leith і Juris Upatnieks) з університету Мічигану.

Вирішальне значення для розвитку образотворчої голографії мали роботи академіка Ю.Н. Денисюка, виконані в 60-70-х роках. Він вперше отримав голограми, що дозволяють відтворювати об'ємні зображення в звичайному, білому світлі. [16]

Сьогодні для комп'ютерної візуалізації віртуальної реальності необхідно спеціальне устаткування. Найчастіше для цього використовують шолом-дисплей, який складається з навушників і двох невеликих екранів для кожного ока. Інші ж системи віртуальної реальності можуть проектувати зображення на стіни, підлогу або стелю. Такі пристрої називають камерами автоматичного віртуального середовища (CAVE). Перша така камера була розроблена вченими університетів Іллінойс і Чикаго, для створення якої вони використовували метод зворотної проекції (проекція зображення на просвічений екран, при якій глядач і проекційне обладнання знаходяться по різні сторони екрану).

Даний клас методик дістав назву стереоскопічні технології відтворення трьохвимірної реальності.

Існує й інший клас технологій, який називається автостереоскопічним. Автостереоскопія має на увазі відсутність спеціальних допоміжних пристроїв, таких як окуляри чи шолом, під час формування трьохвимірних зображень. Одним з найновіших і, на мою думку, найперспективніших методів формування тривимірних зображень, що використовують технічні пристрої для відтворення об'ємності є голографія.

Найбільшого успіху в демонстрації голографічного відео досягли дві групи дослідників: в одну з них входять найкращі фахівці ряду японських інститутів, в іншу - вчені з Массачусетського технологічного інституту. Японці намагаються відтворювати голограми за допомогою рідкокристалічних екранів. Потік даних, необхідний для відтворення повноцінного образу, досягає ~ 1 Tbps. Як зберігати і тим більше передавати таку неймовірну кількість інформації, - це є

актуальна проблема сьогодення і майбутнього. Монохроматична голограма з площею проєкції 1 см² - це поки що максимум, чого вдалося досягти дослідникам.

Слід зазначити, що на розвиток голографії значний вплив має швидке зростання сучасної обчислювальної техніки. Сьогодні голографія переходить на новий етап розвитку – з виключно оптичного явища в явище цифрових інформаційних технологій. Голографія, що генерується комп'ютером (Computer-Generated Holography, CGH), - це нова технологія, що розвивається і стала можливою завдяки зростанню потужності сучасних комп'ютерів. Замість кроку інтерференційного запису традиційного формування голограм комп'ютер обчислює голографічну інтерференційну картину, яка потім використовується для встановлення оптичних властивостей просторового генератора світла - рідкокристалічного мікродисплея (Liquid Crystal Microdisplay, SLM). Потім SLM, подібно до стандартної голограми, розсіює світлову хвилю для отримання бажаного хвильового фронту. У порівнянні з традиційними підходами, що застосовуються в голографії, підхід CGH не потребує спеціальних матеріалів для запису голограм і може синтезувати оптичні хвильові фронти без фіксації їх фізичної появи - наприклад, можна генерувати тривимірні зображення неіснуючих об'єктів. Забезпечується також управління хвильовим фронтом за рахунок можливостей простого зберігання, маніпулювання, передачі та реплікації голографічних даних. [4]

Такий підхід щодо візуалізації віртуальної реальності є далеко не безпроблемним. Всі проблеми, що стримують розвиток технологій віртуальної реальності, так чи інакше пов'язані з недостатньою продуктивністю комп'ютерів. Оскільки в будь-якій системі віртуальної реальності одну з ключових ролей грає час реакції системи на зміну початкових умов формування сенсорного образу середовища (зокрема, зображення), найбільш досконалі системи віртуальної реальності вимагають застосування супер-комп'ютерів. Щоб усвідомити всю складність даного процесу, наведу простий приклад. Скромне моделювання урагану на суперкомп'ютері генерує декілька терабайт даних. Європейський адронний колайдер здатний за рік забезпечити дослідників петабайтами інформації. Оперуючи такими цифрами, розуміємо всю суть проблеми візуалізації віртуальної реальності. [18]

Імітаційні моделі складних технічних систем вимагають виключно потужних обчислювальних засобів і є однією з основних сфер застосування суперкомп'ютерів. Це викликано складністю самих моделей, а також високим ступенем деталізації модельованих процесів і підсистем (глибиною моделювання).

Важливою характеристикою комп'ютера, є забезпечення режиму реального часу, причому час реакції не повинен перевищувати тривалості латентної фази, щоб створити відчуття безперервності ходу подій (зокрема, для зорового каналу – це, як відомо, не менше 1/16 секунди – фізіологічної межі частоти відсутності мерехтіння). [7]

Графічні генератори і графічні кластери

Отже, системи віртуальної реальності вимагають гігантських обчислювальних потужностей, що дозволяють прораховувати величезний обсяг графічної інформації в реальному часі і специфічних функцій, які дозволяють користувачеві повністю занурюватися у віртуальне середовище.

До 2000-х років практично всі системи віртуальної реальності створювалися з використанням спеціального устаткування.

На даний момент графічні генератори для систем віртуальної реальності створюються на базі кластеру РС з використанням спеціального системного ПЗ.

Застосування принципу голографії

Голограми незамінні при виготовленні високоякісних репродукцій творів скульптури, музейних експонатів і т.д. У той же час, можливість створення об'ємних зображень відкриває нові напрямки в мистецтві – образотворча голографія і оптичний дизайн. Голограми широко використовуються в сувенірній галузі, а також в рекламі. Інша сфера застосування об'ємного голографічного зображення високої якості – це тренажери для навчання пілотування літаків, космічних кораблів і оволодіння навичками роботи в складних умовах.

Використання голографії в цифрових дисплеях

Термін «голограма» відкрив перед світом величезні можливості застосування унікальної технології, а саме: «повітряних» 3D-зображень, які існують у просторі, рухаються, мають забарвлення, але в той же час не мають матеріальної оболонки.

В даний час термін «голографія» застосовується для опису ефектів, які відносяться більше до цифрової технології, ніж до інтерференційних зображень, створеним когерентним випромінюванням. [14]

Вчені з Массачусетського технологічного інституту розробили наступну технологію: вони намагаються виводити згенеровані комп'ютером зображення. Голограма формується за допомогою акустооптичного модулятора: промінь лазера модулюється акустичними коливаннями, що впливають на кристал, який розташований перед фокусуною лінзою. Промальовування зображення виконується двома рухомими дзеркалами (вертикальної і горизонтальної розгортки). Для монохромного зображення розміром 15x15x20 см потрібно потік даних близько 2 гігапікселів в секунду. Учені планують збільшити обсяг зображення за рахунок об'єднання декількох подібних підсистем. [19]

Перевагами такого підходу є:

- Найбільш реалістичне трьохвимірне зображення, яке наділене всіма оптичними властивостями реального об'єкта.

Недоліками такого підходу є:

- технічна складність на грані сучасної апаратури;
- обчислювальних потужностей вистачає лише для статичних зображень.

Американська компанія IO2 Technology зробила вагомий крок вперед у технології проектування зображень на повітря: апарат M3 Heliodisplay підтримує вивід прямо у відкритий простір зображення стандарту HDTV (1024x768 пікселів) з діагоналлю до 30 дюймів. Дисплей працює як із зображеннями формату 4:3, так і 16:9, що посилюються з будь-яких джерел, в числі яких: DVD-програвачі, персональні комп'ютери, ігрові приставки, телевізійні тюнери і так далі. Хоча зображення Heliodisplay буквально висить в повітрі і через нього можна просувати руку, воно фактично плоске. До речі, інтерактивний варіант нового дисплея (M3i Heliodisplay) дозволяє використовувати палець або руку, що пронизує зображення, в якості комп'ютерного курсора, для чого цей дисплей з'єднується з комп'ютером через USB-порт. І головне, ці примарні дисплеї цілком реальні, їх уже зараз можна купити. Щоправда, коштують моделі M3 і M3i, відповідно, 18,1 і 19,4 тисячі доларів.

Використання голографії в рекламі

Відео-голограма може бути корисна в магазинах і бутіках, компаніям, які позиціонують свій бренд – вони можуть використовувати її на презентаціях, в рекламних та PR-акції. Голограму можна використовувати як альтернативний спосіб відображення інформації, рекламних роликів у кінотеатрах, кафе та клубах, де є місця з частковим затемненням.

Можна додати голограмі інтерактивність. Голограма може реагувати на людину, що проходить поруч, на дотик, використовуючи сенсорну технологію з застосуванням інфрачервоних хвиль, які можуть розпізнавати рухи рук. Ця технологія дозволяє здійснювати різні рухи руками, а саме: вертикальні, горизонтальні, обертальні рухи. Таким чином, можна керувати голографічними зображеннями в реальному часі, використовуючи рухи рук, ніби комп'ютерний маніпулятор. Даний винахід відмінно підходить для публічної демонстрації. Ще однією цікавою технологією при розробці голограм може бути використання повітряного ультразвукового тактильного екрану. При цьому додатково використовується генератор ультразвукових частот, який проектує ультразвукову силу в фокусну точку в просторі. При попаданні на руку людина відчуває дотик, як від крапель дощу. [13]

На початку цього року компанія Light Blue Optics анонсувала свій продукт - інтерактивний проектор, який буквально перетворює будь-яку плоску поверхню в сенсорний екран з діагоналлю 10". Але функціональність не обмежується переглядом фото або відео: пристрій дозволяє взаємодіяти із зображенням так само, як це робиться у випадку звичайних сенсорних дисплеїв. Ефект досягається завдяки застосованій в Light Touch голографічній лазерній проекційній технології, що формує яскраву картинку з роздільною здатністю WVGA на невеликій відстані від об'єкта. [9]

Голографічне телебачення

Події останнього року показують, що недалекий той час, коли ми будемо насолоджуватися фільмами, дії яких розгортається на стіні нашої вітальні. Ідея ця народилася досить давно. Ще в 1951 році Айзек Азімов в першій частині трилогії «Підстава» передбачив появу щодо виникнення у просторі голографічних показників з поясненнями для туристів.

В Університеті Арізони група вчених, під керівництвом доктора Нассера Пейгамбаріана (Dr Nasser Peyghambarian) змогла здійснити прорив в області голографічного зображення. Дослідникам вдалося створити перший тривимірний дисплей, оснащений пам'яттю. Перезапис інформації, яку він показує, здійснюється поки протягом декількох хвилин. Головне завдання команди розробників на даний момент - створити такий пристрій, щоб він міг показувати зображення, що змінюється кілька разів на секунду. Так що поки, за словами Пейгамбаріана, прототип не можна використовувати як 3D-дисплей. Але сам факт того, що це можливо і працює - у наявності. [11]

Поza сумнівом, що таким чином людство зробило ще один значний крок у розробці телевізійного дисплея. Очевидно, що голограми, що виводяться на дисплей, попередньо прораховуються. Але ось саме проблема, пов'язана з рендерингом анімованих голограм високої якості в режимі реального часу, до цих пір і не вирішена. Голограма – це не набір точок, у кожній з яких міститься частинка інформації про певну область реального предмета (як у звичайній фотографії). В середині голограми відображена інтерференційна картина якоїсь області простору, в якій знаходився об'єкт. При просвічуванні голограми (або відображенні від неї) ми побачимо те світло, що відбивалося б від відображеного на ній об'єкта. В кожному "пікселі" голограми міститься інформація про весь об'єкт відразу. Таким чином під час рендерингу голограми для кожної точки ми повинні прорахувати картину інтерференції всього об'єкта. (При звичайному рендерингу фільму ми прораховуємо кожен піксель, не звертаючи уваги на всі інші.) Неважко здогадатися, що це заняття вимагає величезних обчислювальних потужностей. Для рендерингу в реальному часі нам необхідно використовувати дуже потужні кластери.

Японські вчені створили систему, яка називається "HORN-6 спеціалізована кластерна обчислювальна система для електроголографії" (HORN-6-special purpose clustered computing system for electroholography). Спершу треба відзначити, що розробки в цій галузі почалися ще наприкінці 80-х, а попередня версія даної системи була створена в 1994 році і називалася HORN-1 (від HOlographic ReconstructioN). Що ж являє собою ця система? Основним елементом є спеціально розроблена PCI-плата, яка, власне, і називається HORN-6. На платі розпаяні 4 програмовані FPGA-мікросхеми Xilinx XC2VP70-5FF1517C з 738 Кб пам'яті на борту. Кожен чіп приєднаний до 256 Мб загальної пам'яті DDR-SDRAM. Для передачі даних по шині PCI використовується п'ятий FPGA-чіп Xilinx XC2V1000-5FG456C з 90 Кб пам'яті.

Для демонстрації роботи був зібраний кластер з 4-х машин, з'єднаних гігабітним каналом з сервером. У кожній машині було встановлено 4 плати HORN-6, тобто для обрахунку використовувалося сумарно 16 плат. При рендерингу область ділиться на 16 рівних частин і кожна плата займається розрахунком своєї області. Яка ж продуктивність цієї системи? Для зображення з 1 млн. пікселів ми отримуємо максимальну швидкість відтворення приблизно 1 кадр в секунду. Для зображення з 100000 пікселів вдалося досягти частоти в 10 кадрів/с, що вже досить близько до кінематографічної. Для реальних завдань такий результат, звичайно ж, не підходить. Але для порівняння дослідники прораховували аналогічні кадри на PC з Intel Pentium 3.4 ГГц і звичайною відеокартою. Підсумок – для розрахунку кадру з 1 млн. пікселів такий машині було потрібно більше години з чвертю! Таким чином HORN-6 приблизно в 4600 разів швидше. [8,12]

Таблиця 1

Порівняння швидкостей роботи HORN-6 і звичайного PC (од.: сек.)

	Кількість пікселів			
	10,000	50,000	100,000	1,000,000
PC (Pentium 4 3.4GHz)	46.02800	229.85606	456.90454	4574.41258
1 PC 1 board	0.13487	0.64708	1.26654	12.65879
1 PC 4 board	0.04357	0.20248	0.39683	3.95316
1 PC 16 board	0.01090	0.05065	0.09930	0.98928

Розглянувши ряд засобів, з допомогою яких можливо зімітувати віртуальну реальність, варто зазначити, що для досягнення бажаної якості відтворення відео-потoku інформації, не обійтися від високопродуктивних обчислень. Технології високопродуктивних обчислень дозволяють інженерам і вченим створювати передові аналітичні моделі для обробки великого потоку даних, їх моделювання.

Аналізуючи кластерні технології для високопродуктивних обчислень, зауважимо, що ці технології є також далеко не ідеальними. Обчислювальний кластер має пікову продуктивність для конкретно визначеної задачі з урахуванням такої особливості, як кількість обчислювальних вузлів, наявних у ньому. Наприклад, для здійснення рендерингу високоякісної сцени, яка має проектуватися на 3D-голографічному дисплеї в режимі реального часу, потрібно задіяти кластер, розмірність якого буде настільки великою, що швидкість передачі даних по комунікаційних каналах буде гальмувати власне обчислювальну функцію всієї конструкції. В таких випадках постає нова проблема перед дослідниками, розробниками і проектувальниками систем для обробки гігантських об'ємів даних. Можемо навести приклад проекту, який двома роками назад представила компанія Intel на симпозиумі Gartner Symposium/ITxpo в Сан-Франциско. Це був 80-ядерний процесор. Він може бути використаний в майбутньому для проведення швидкісних ресурсоємких обчислень задач візуалізації. В якості демонстрації можливостей багатоядерних процесорів був показаний ролик, в якому порожній стакан наповнюється водою. Цей ролик легко можна було сплутати з реальною відеозйомкою, оскільки ступінь деталізації і рівень фізики дуже і дуже високі, що дозволяє створювати кімнати для візуалізації віртуальної реальності. [1]

Віртуальна реальність: погляд у майбутнє

Голографічний кінотеатр

Це фантастична подорож в об'ємний світ, у світ 3-вимірного кіно без будь-яких окулярів, у світ реалістичності і правдоподібності.

Голографічний технологія реклами

Це новий крок у рекламі. Уявіть собі вітрину, все оформлення якої ви можете поміняти протягом секунди, просто змінивши голографічний слайд в проекторі. До речі, ці предмети і товари не повинні лежати або висіти, – вони можуть перебувати в повітрі без будь-якої опори. Адже це не вони самі, а їхні зображення. Але їх реалістичність така, що люди можуть прийняти їх за справжні! Уявіть собі виставку, де зразки продукції будь-якого розміру демонструються в натуральному обсязі замість нудних буклетів і відеозаписів.

Голографічні бізнес-презентації

Один з видів такої реклами – голографічні бізнес-презентації. Припустимо, йдуть ділові переговори. Настає найбільш критичний момент, – і перед вашими клієнтами, партнерами, інвесторами і власниками акцій вашої компанії несподівано в повітрі з'являється 3-вимірне зображення вашого нового продукту.

3-вимірний цифровий віртуальний світ

Для моделювання віртуальної реальності потрібен комп'ютер, цього ніхто не відміняв. Але в поєднанні з цією 3-вимірною цифровою проекцією сцена більше не буде обмежена монітором комп'ютера, вона зможе перебувати прямо в повітрі, навколо глядача. Це означає появу нових, дивовижних 3D-комп'ютерних ігор без різних шоломів і окулярів. А для дуже серйозних людей, таких як пілоти і космонавти, – це нові тренажери з особливо реалістичним середовищем.

Від лазерних шоу – до 3-вимірних шоу

Завдання естради та театру – це глибокий емоційний вплив на аудиторію. Для його посилення багато відомих артистів використовують нові технології, перш за все лазерні шоу, які посилюють візуальне вплив. Однак час йде, і зараз вже лазерні шоу стали досить звичайними, їх прості геометричні фігури починають набридати. Тому потрібен наступний крок – 3-вимірні зображення. Нова технологія може перетворити такі лазерні шоу в дивовижні і незабутні голографічні або 3-вимірні цифрові театралізовані і музичні шоу. Уявляєте собі реакцію аудиторії, коли яскраві, 3-вимірні образи несподівано з'являються в повітрі в кульмінаційні моменти вашого концерту!

Медицина

Стереовізуалізація і системи віртуального оточення можуть бути ефективно використані і вже застосовуються в медицині. Сприйняття лікарем тривимірної інформації про пацієнта (тривимірні дані томографів, рентгеновських установок і т.д.) дозволяє значно спростити роботу медикам. Інтерактивна візуалізація та реконструкція органів дозволяють здійснювати віддалені операції, проектувати хірургічне втручання, створювати проекти частин органів, протезів, зубів і т.п. Створення тренажерів і використання у навчанні систем сприйняття на базі установок віртуального середовища дозволяють істотно поліпшити якість навчання та скоротити витрати на нього.

Системи автоматизації виробництва

При проектуванні складних виробів конструктор має справу з величезною кількістю даних, які важко інтерпретувати, не вдаючись до попереднього дослідження за допомогою активної взаємодії з комп'ютером. Дослідивши і проаналізувавши метод голографії, як засіб візуалізації, хочу запропонувати один із способів його застосування в навчальному процесі студентів. Висновки. Для розвитку методів зображувальної голографії необхідно вирішувати цілий комплекс науково-технологічних проблем. Тим не менше, важливою залишається також проблема фінансових інвестицій в оптичну галузь, яка в останні десятиліття перейшла на новий рубіж розвитку – комп'ютерний. Саме вдосконалення обчислювальних алгоритмів і дослідження нових технологічних властивостей цифрових засобів обробки інформації є чи не єдиним шляхом досягнення успіху в розвитку комп'ютерної зображувальної голографії на найближче майбутнє. Застосування обчислювальних структур, заснованих на новітніх нейронних технологіях і які мають розгалужену паралельну архітектуру, дозволяє розраховувати, що найближчим часом буде можливим ефективно управління тривимірним візуальним середовищем у віртуальному просторі і що будуть створені достатньо комфортні умови для зорового сприйняття систем віртуальної реальності. [5,6]

1. 80-ядерная Intel на Gartner Symposium/ITxpo [В Інтернеті]. - http://gizmod.ru/2007/05/07/80-jadernaja_intel_na_gartner_symposiumitxpo/.
2. Krueger Myron W. Artificial Reality [Book]. - Reading, Mass. : Addison-Wesley, 1983.
3. Krueger Myron W. Artificial Reality II [Book]. - Reading, Mass. : Addison-Wesley, 1991.
4. M. Slinger C. Cameron C. Stanley Computer-Generated Holography as a Generic Display Technology [Journal] // Computer(38). - August 2005. - pp. 46-53.
5. N. Pourzand A.R. and Callings Progress in the construction of multilayer optical neural network [Journal] // Proc. SPffi.. - 1998. - Vol. 3940. - pp. 439-442..
6. Pelletier F. Proc. Internal Conf. On Virtual Systems and Multimedia [Conference] // The virtual and real environments: symbiosis. - 1997. - pp. 246-247.
7. Алешин В.И. Афанасьев В.О., Макаров-Землянский Н.В., Некоторые аспекты применения имитационных моделей с интерфейсом «Виртуальная реальность» [В Інтернеті]. - <http://www.icpt.su/-fl=336&doc=888.htm>.
8. Борн Денис HORN-6 - видеокarta для голографии [В Інтернеті]. - http://www.3dnews.ru/news/horn_6_videokarta_dlya_golografii/. - (Cited 28.08.2009).
9. Борн Денис Проектор Light Touch создаёт сенсорный экран на любой поверхности [В Інтернеті]. - http://www.3dnews.ru/news/proektor_light_touch_sozdasth_sensornii_ekran_na_luboi_poverhnosti/.
10. Валюс Н.А. Стерео: фотография, кино, телевидение [Книга]. - М. : Искусство, 1986. - стр. 306.
11. Голографическое телевидение становится реальностью [В Інтернеті]. - http://habrahabr.ru/blogs/the_future_is_here/41841/.
12. Голография сегодня [В Інтернеті]. - <http://www.nanonewsnet.ru/blog/empirv/golografiya-segodnya>. - (Cited 16.09.2009).
13. Использование голографии в рекламе [В Інтернеті] // ЗАО «Голографическая индустрия». - <http://holography.by/infocenter/news/2009/175/>. - (Cited 05.01.2010).
14. Использование голографии в цифровых дисплеях [В Інтернеті] // ЗАО «Голографическая индустрия». - <http://holography.by/infocenter/news/2009/165/>. - (Cited 29.09.2009).
15. Катъс Г.П. Объемное и квазиобъемное представление информации [Книга]. - М. : Энергия, 1985. - стр. 368.
16. Комар В.Г. Серов О.Б. Изобразительная голография и голографический кинематограф. [Книга]. - М. : «Искусство», 1987. - стр. 288.
17. Корешев С.Н. Основы голографии и голограммной оптики [Книга]. - СПб : СПбГУ ИТМО, 2009. - стр. 97.
18. Левкович-Маслюк Леонид Что мы мечтаем увидеть? [Журнал] // Компьютерра. - 08 12 2003 г.. - № 47.
19. П. Молодчик 3D-дисплеи: обзор технологий по состоянию на 2001 г. [Журнал] // «Компьютерное Обозрение». - 19 10 2008 г.