

УДК 621.865.8

## СИСТЕМА ВІДСЛІДКУВАННЯ, РЕЄСТРАЦІЇ ТА ВІЗУАЛІЗАЦІЇ РУХІВ ЛЮДИНИ У ПРОСТОРИ

Лаціна Р.О.

Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Досліджено систему відслідковування, реєстрації та візуалізації рухів людини у просторі. Описано структуру системи реєстрації та візуалізації параметрів руху об'єктів, наведено комплекс датчиків безплатформенної навігаційної системи. Зазначено, що системи захоплення рухів підрозділяються на кілька типів в залежності від використовуваних датчиків і принципів їх роботи (оптичні, магнітні і механічні системи). Наведено загальний принцип технологій реєстрації руху. Окреслено особливості функціонування системи реєстрації візуалізації руху об'єктів. Наголошено на принципі встановлення датчиків: передавачі системи встановлюються на об'єкті, і забезпечують передачу сигналів, які дозволяють визначити поточне значення лінійних координат і приріст куткових координат об'єкту. Стисло відокремлено перелік завдань, виконання яких забезпечують обчислювальні пристрої.

**Ключові слова:** візуалізація, реєстрація, стеження, рухи людини, простір, параметри руху, технологія, інформаційна система, електронно-обчислювальна машина.

**П**остановка проблеми дослідження. Системи відслідковування, реєстрації та візуалізації руху (часто їх називають системами захоплення руху) з'явилися в кінці 80-х – початку 90-х років минулого століття. У міру вдосконалення технологій захоплення руху і технологій тривимірної графіки, з'явилися все нові ідеї з його реалізації,

і удосконалювалося програмне забезпечення. Все це призвело до того, що актори в фільмах, створені виключно за допомогою комп'ютерів, стають все більше схожі на реальних.

До появи систем захоплення руху одним з основних труднощів при створенні фільму була проблема анімації персонажів, наближена до ре-

альності. Недостатньо просто створити самих персонажів і навколишню їх обстановку, а так само їх озвучити – потрібно зробити персонажів більш реалістичними. Це необхідно зробити як з урахуванням геометричних, так і нематичних параметрів персонажа, так і «фізики» навколишнього середовища, щоб у глядача створювалося відчуття реальності того, що відбувається на екрані. До появи систем захоплення руху "оживити" сцени з великим числом учасників було практично неможливо, в силу великої трудомісткості.

Для збільшення обсягу випуску мультиплікаційної продукції можна використовувати такі методи:

- спрощення промальовування. Цей метод не прийнятний, коли потрібна висока якість анімації;
- використання спеціальних програм для побудови анімації.

Недоліком цього методу є те, що за допомогою таких програм складно домогтися реалістичної динаміки руху; реєстрація руху реальної людини. Така система відносно не дуже дорога. Дозволяє швидко створювати анімацію будь-якої складності за короткі інтервали часу. Причому поведінка анімованого персонажа дуже реалістична, так як є точною копією руху актора.

Створення даної системи обумовлено:

- датчиками первинної інформації на основі мікроелектроніки технологій;
- засоби проектування та розробки програмного забезпечення;
- апаратних засобів, здатних обробляти великі потоки інформації.

**Мета.** Дослідити систему відслідковування, реєстрації та візуалізації рухів людини у просторі. Описати структуру системи реєстрації та візуалізації параметрів руху об'єктів. Запропонувати загальний принцип технологій реєстрації руху.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Масштабність сучасних наукових досягнень за темою дослідження є суттєвою. Питання формування системи відслідковування, реєстрації та візуалізації руху, на сторінках своїх праць, розглядало чимало як зарубіжних так і вітчизняних вчених.

О.В. Ліпанов та М.В. Фесенко [1] дослідили існуючі системи управління мобільним роботом на основі візуальної інформації. Системи такого роду можуть бути успішно застосовані у найрізноманітніших сферах життя людини. На сторінках [1] пропонується структурна модель системи управління мобільним роботом на основі принципу самонавчання, робота якої опирається на інформацію від відеокамер та датчика системи глобального позиціонування.

І.М. Гайніяров, І.М. Обабо, Н.А. Хлебніков [2] розкрили метод захоплення рухів як засіб природного інтерфейсу. У даній роботі представлена модульна архітектура мобільної системи захоплення рухів людини для роботи в режимі реального часу. Технічну основу технології становить спеціальна мережа мікроелектромеханічних датчиків, закріплених на тілі людини. Кожен модуль датчиків підключається до одного мікроконтролера для подальшої передачі даних на сервер зберігання і обробки у клієнтсерверній парадигмі. Передбачувана загальна конструкція має мобільне і вільне носіння датчиків у вигляді особливого костюма.

Із зарубіжних вчених варто відмітити роботи Jaffe E. [3], J. Barry, K. Hsiao, [4], Matsumura J.M. [5] та S. Kudoh, K. Ogawara, M. Ruchanurucks, K. Ikeuchi [6].

Однак, незважаючи на масштабність наукових розробок відповідно до теми дослідження, питання формування системи відслідковування, реєстрації та візуалізації руху залишається відкритим та потребує детального вивчення.

**Виклад основного матеріалу.** Загальний принцип технологій реєстрації руху досить простий [1]. Персонажа у віртуальному світі грає реальний актор – подібно до того, як в комп'ютерній грі людина грає роль головного героя гри.

Типова система захоплення руху являє собою набір датчиків, пов'язаних з людським тілом. Інформація з датчиків надходить на комп'ютер, обробляється відповідним програмним забезпеченням (ПЗ), завдяки чому відтворюється математичний опис рухів актора, який, в свою чергу, використовується для "пожвавлення" віртуального персонажа.

Системи захоплення рухів підрозділяються на кілька типів залежно від використовуваних датчиків і принципів їх роботи [1]. Так, варто виділити оптичні, магнітні і механічні системи.

Інерціальні системи являють собою костюм з системою інерційних датчиків, що надягається на людину. Після зчитування дані з датчиків передаються на ЕОМ для подальшої обробки. Перевагами таких систем є відсутність зовнішніх джерел інформації, портативність систем і свобода пересування, робота в режимі реального часу і відносно невисока вартість. До недоліків можна віднести низьку точність визначення координат у мініатюрних інерційних датчиків без корекції і складні алгоритми обробки даних.

Механічні системи являють собою систему датчиків, які безпосередньо вимірюють кути між жорстко закріпленими на суглобах людини стрижнями, що повторюють їх рухи. Іноді такі системи називають екзоскелетними системами. Перевагами подібних систем є: надійність і простота зчитування, відносна дешевизна і робота в режимі реального часу. Недоліки – обмеження динаміки рухів актора і складна установка.

Магнітні системи являють собою комплекс датчиків, які закріплюються на тілі людини, і генератора магнітного поля, встановленого ззовні. Датчики реєструють напруженість магнітного поля, і за його параметрами визначається положення і орієнтація датчика в просторі.

Звідси випливає обмеження – актор повинен знаходитися в зоні дії генератора імпульсу. Зазвичай це невеликий замкнутий простір площею 3х3 або 5х3 м. Наявність в магнітному полі сторонніх металевих предметів також знижує точність вимірювань. Крім цього, магнітні системи дають не такі якісні результати, як оптичні системи, тому вимагають використання спеціальних фільтрів і ручного доведення.

При розробці системи захоплення руху потрібно вирішити кілька завдань.

Одна з основних – дати їй в майбутньому можливість знімати дані на більшій площі без особливих труднощів в пересуванні: актор піднімається сходами в будинку, йде по лісу або ж грає персонажа на стадіоні. При оптичних ме-

тодах знімання інформації, заснованих на розміщенні, на тілі актора світлових маркерів, чим забезпечується значна точність знімання даних, але в той же час, накладаються істотні просторові обмеження на рух актора, так само потрібна додаткова пост-обробка для отримання анімації. Основним же недоліком таких систем є їх висока вартість. Механічні системи накладають великі обмеження на рухливість актора, а магнітні схильні до впливу джерел електромагнітного випромінювання.

Комплекс датчиків безплатформеної навігаційної системи, які надягають на людину, дозволяє відстежувати рухи для різних цілей, однак найбільш часто такі системи використовуються для створення комп'ютерної анімації. Спочатку художники-аніматори створюють тривимірний світ, тривимірну модель персонажа, що володіє внутрішнім скелетом (скелетна анімація). Для анімації скелета використовуються дані, що надходять з датчиків, встановлених на реальному акторі.

Існує також і ручна 3D-анімація – тривимір-на модель в спеціальному графічному пакеті (3D Studio MAX, Maya і інші) анімується вручну, за допомогою спеціальних функцій [2]. Але найбільш природна анімація виходить саме при використанні систем захоплення руху, при грі живого актора.

Для обробки даних захоплення руху можна використовувати і вище вказані графічні пакети, але найбільш розвиненим інтерфейсом, спеціально адаптованим під редагування і візуалізацію даних руху в реальному часі, є Motion Builder. Цей пакет, зокрема, забезпечений документацією розробника (SDK), що дозволяє створювати свої драйвери для зовнішніх пристроїв.

На актора, як правило, встановлюється від 10 до 25 датчиків. Тоді при грі актора інформація про всі основні рухи в реальному часі надходить на електронно-обчислювальну машину (ЕОМ). При цьому анімуються складні рухи об'єкта, ручна анімація яких зайняла б набагато більше часу.

Для визначення переміщення в обраному типі систем використовуються інерціальні датчики, які володіють незалежністю від зовнішніх чинників, таких як: освітленість, рівень електромагнітних завад, а так само дозволяють набагато розширити простір, на якому може переміщатися актор.

Однак самі по собі дешеві мікромеханічні інерціальні датчики не забезпечують точність визначення координат, при досить хорошій точності визначення кутових переміщень, тому самі по собі вони не використовуються, а застосовуються в комплексі з допоміжними пристроями, що забезпечують періодичне уточнення координат. В якості таких систем можуть використовуватися як магнітні, так і імпульсні датчики систем позиціонування (СП). Системи позиціонування, будучи технічним нововведенням, звільняють користувачів від недоліків магнітних датчиків, до яких відноситься сильна залежність від електромагнітних полів у приміщенні.

Структура системи представлена на рисунку 1.

1. Блоки безплатформеної системи орієнтації виконують вимір проєкцій уявного прискорення і вектора абсолютної кутової швидкості об'єкта в реальному масштабі часу:

1.1. блок системи збору та передачі із заданою частотою і в заданій послідовності здійснює збір вимірних параметрів з блоків безплатформеної системи;

1.2. блок системи збору та передачі із заданою частотою і в заданій послідовності здійснює передачу даних в обчислювальний пристрій безплатформеної навігаційної системи.

2. Паралельно базові приймачі системи позиціонування здійснюють:

2.1. прийом сигналів, що надходять з передавачів системи позиціонування;

2.2. виконують первинну обробку інформації про поточне значення лінійних і збільшенні кутових координат об'єкта;

2.3. передають з необхідною частотою оброблену інформацію в обчислювальний пристрій системи позиціонування.

3. Програми, що функціонують в обчислювальному пристрої системи позиціонування, забезпечують:

3.1. прийом інформації параметрів руху об'єкта від базових приймачів системи позиціонування;

3.2. розрахунок поточного значення лінійних і збільшення кутових координат об'єкта;

3.3. алгоритмічну компенсацію похибок вимірювання;

3.4. передачу інформації про параметри руху об'єкта в обчислювальний пристрій безплатформеної навігаційної системи.

4. Паралельно програми, які виконуються в обчислювальному пристрої безплатформеної навігаційної системи, забезпечують:

4.1. прийом інформації, переданої системою збору та передачі інформації;

4.2. алгоритмічну компенсацію похибок датчиків блоку безплатформеної системи орієнтації;

4.3. розрахунок параметрів руху об'єктів за інформацією вимірюваною датчиками блоку безплатформеної системи орієнтації;

4.4. прийом інформації про параметри руху об'єктів з обчислювального пристрою системи позиціонування;

4.5. синхронізація інформації, яка вимірюється блоками безплатформеної системи орієнтації та системою позиціонування;

4.6. обчислення поточного значення лінійних і збільшення кутових координат об'єкта методами комплексної обробки інформації;

4.7. передача поточного значення лінійних і збільшення кутових координат об'єктів в обчислювальний пристрій візуалізації і реєстрації руху.

5. Паралельно програми, які виконуються в обчислювальному пристрої візуалізації і реєстрації руху, забезпечують:

5.1. отримання поточного значення лінійних і збільшення кутових координат об'єктів з обчислювального пристрою системі позиціонування;

5.2. візуалізація руху об'єктів;

5.3. реєстрація руху об'єктів;

5.4. інтеграцію даних про параметри руху об'єкта з програмами користувача.

Особливості функціонування системи реєстрації візуалізації руху об'єктів

1. Розподілена обробка інформації, що дозволяє:

1.1. виконувати паралельну обробку інформації, що дозволяє забезпечити мінімізацію ви-



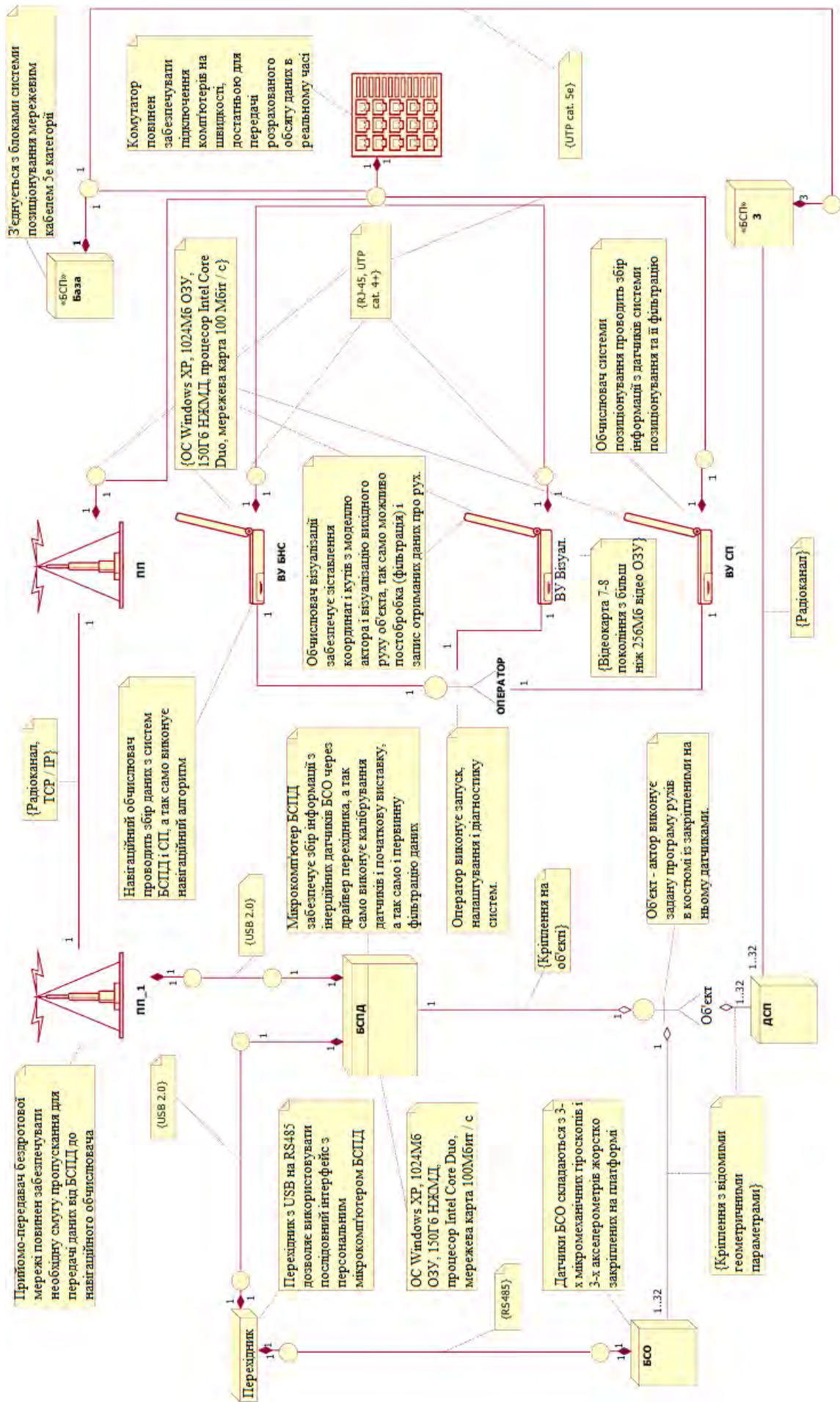


Рис. 1. Структура системи реєстрації та візуалізації параметрів руху об'єктів

могам до операційних ресурсів обчислювальних пристроїв (комп'ютерів) виконують обробку інформації в системі;

1.2. полегшити розробку, налагодження і тестування програмнозабезпечення системи;

1.3. спростити адаптацію системи до вимог користувачів;

1.4. знизити витрати на сервісне обслуговування елементів системи;

1.5. забезпечити незалежність модернізації апаратного і програмнозабезпечення елементів системи.

2. Алгоритмічна компенсація похибок вимірювання датчиків блоку безплатформеної системи орієнтації дозволяє підвищити точність вимірювання параметрів руху об'єкта і відповідно використовувати в якості датчика первинної інформації дешеві мікромеханічні датчики кутової швидкості і акселерометри. Це дозволяє знизити вартість елементів системи, споживану потужність і відповідно значно зменшити габарити, і масу елементів системнаєвних на об'єкті.

3. Використання двох фізично різних методів вимірювання положення об'єктів (інерційних і радіотехнічних), дозволяє застосувати методи комплексної обробки інформації, що дозволяє забезпечити візуалізацію і реєстрацію не тільки зміну кутових координатоб'єкта, а й зміну лінійних координат об'єкту.

4. Використання типових програмних і апаратних засобів дозволяє:

4.1. знизити вартість розробки і експлуатації системи;

4.2. знизити вартість програмних і апаратних засобів системи;

4.3. забезпечити простоту і зручність експлуатації системи;

4.4. виконати інтеграцію даних про параметри руху об'єкта з програмами користувача.

Передавачі системи встановлюються на об'єкті, і забезпечують передачу сигналів, які дозволяють визначити поточне значення лінійних координат і прирісткутових координат об'єкту.

Обчислювальні пристроїзабезпечують вирішення наступних завдань:

– управління функціонуванням локальної обчислювальної мережізабезпечує обмін інформацією між елементами системи;

– управління функціонуванням базових приймачів і передавачів системи позиціонування;

– розрахунок лінійних і кутових координат об'єктів вимірюваних системою позиціонування;

– компенсація похибок визначення лінійних і кутових координатоб'єктів вимірюваних системою позування;

– забезпечення передачі даних щодо лінійних і збільшенні кутових координат об'єктів вимірюваних системою позиціонування в обчислювальний пристрій безплатформеної навігаційної системи.

Обчислювальний пристрій системи позиціонування представляє собою типовий переносний або стаціонарний комп'ютер, який повинен мати пристрій (мережеву карту) для підключення до локальної обчислювальної мережі за допомогою пристрою комутації.

**Висновки та перспективи подальших досліджень.** У рамках роботи розкрито склад, структуру та принцип дії системвізуалізації та реєстрації параметрів руху людини, описані особливості побудови і функціонування. Необхідно відзначити, що кіно не єдина галузь, де можуть знайти застосування подібні системи. Вони необхідні лікарям для дослідження біомеханіки людини і розробки нових методів реабілітації інвалідів. Затребувані такі системи будуть і в спорті, де наочна візуалізація рухів спортсмена дозволить йому скорегувати рух, для того, що б досягти більш високих результатів.

Підводячи підсумок можна сказати, що системи захоплення руху це сфера, що динамічнорозвивається і актуальна технологія, що дозволяє з відносно низькими витратами вирішувати завдання реєстрації і візуалізації руху, зберігаючи при цьому його природність і реалістичність.

## Список літератури:

1. Ліпанов О.В. Структурна модель системи управління мобільним роботом з використанням системи технічного зору / О.В. Ліпанов, М.В. Фесенко // Системи обробки інформації. – 2014. – Вип. 5. – С. 70-73.
2. Гайниязов И.М. Метод захвата движений как средство естественного интерфейса / И.М. Гайниязов, И.Н. Обабков, Н.А. Хлебников // GraphiCon 2017. Компьютерное зрение, 24-28 сентября 2017. Пермь, Россия. – С. 193.
3. Jaffe E. The First Look at How Google's Self-Driving Car Handles City Streets [Електронний ресурс] / E. Jaffe. – Режим доступу: <http://www.citylab.com/tech/2014/04/first-look-how-googles-self-driving-car-handles-city-streets/8977>.
4. Manipulation with Multiple Action Types [Електронний ресурс] / J. Barry, K. Hsiao, L.P. Kaelbling, T. Lozano-Pérez. – Режим доступу: <http://lis.csail.mit.edu/pubs/barry-iser12.pdf>.
5. Matsumura J.M. An Alternative Approach for Assessing and Implementing Autonomous Ground Robotic Systems [Електронний ресурс] / J.M. Matsumura. – Режим доступу: <http://repository.cmu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1185&context=dissertations>.
6. Painting Robot with Multi-Fingered Hands and Stereo Vision / S. Kudoh, K. Ogawara, M. Ruchanurucks, K. Ikeuchi // Proc. of 2006 IEEE Intl. Conf. On Multisensor Fusion and Integration for Intelligent Systems. – 2006 – P. 127-132.

**Латина Р.О.**

Национальный технический университет Украины  
«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

## **СИСТЕМА ОТСЛЕЖИВАНИЯ, РЕГИСТРАЦИИ И ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДВИЖЕНИЙ ЧЕЛОВЕКА В ПРОСТРАНСТВЕ**

### **Аннотация**

Исследована система отслеживания, регистрации и визуализации движений человека в пространстве. Описана структура системы регистрации и визуализации параметров движения объектов, приведен комплекс датчиков бесплатформенной навигационной системы. Отмечено, что системы захвата движений подразделяются на несколько типов в зависимости от используемых датчиков и принципов их работы (оптические, магнитные и механические системы). Приведен общий принцип технологий регистрации движения. Определены особенности функционирования системы регистрации и визуализации движения объектов. Отмечен принцип установки датчиков: передатчики системы устанавливаются на объекте, и обеспечивают передачу сигналов, которые позволяют определить текущее значение линейных координат и прирост угловых координат объекта. Кратко выделен перечень задач, выполнение которых обеспечивают вычислительные устройства.

**Ключевые слова:** визуализация, регистрация, слежка, движения человека, пространство, параметры движения, технология, информационная система, электронно-вычислительная машина.

**Latsina R.O.**

National Technical University of Ukraine  
«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

## **SYSTEM OF REGISTRATION AND VISUALIZATION OF HUMAN MOVEMENTS IN SPACE**

### **Summary**

The system of tracking, recording and visualization of human movements in space has been studied. The structure of the system for registering and visualizing the parameters of the motion of objects is described, and a complex of sensors for the navigation system is given. It is noted that the motion capture systems are divided into several types depending on the sensors used and the principles of their operation (optical, magnetic and mechanical systems). The general principle of motion detection technologies is given. The peculiarities of the system of registration and visualization of motion of objects are determined. The principle of the installation of sensors is noted: transmitters of the system are installed on the object, and provide the transmission of signals that allow you to determine the current value of linear coordinates and the increase of angular coordinates of the object. A brief list of tasks performed by the computing devices is briefly highlighted.

**Keywords:** visualization, registration, surveillance, human movement, space, traffic parameters, technology, information system, computer.