

УДК 628.157

ОГЛЯД ОСНОВНИХ ПІДХОДІВ ДО СТВОРЕННЯ СИСТЕМ ВИМІРЮВАННЯ ЖЕСТИВ ТА РУХІВ

К. В. Голюк

здобувач вищої освіти другого (магістерського) рівня спеціальності «Комп'ютерні науки»,
навчально-науковий інститут кібернетики, інформаційних технологій та інженерії
Науковий керівник – к. т. н., доцент В. В. Жуковський

*Національний університет водного господарства та природокористування,
м. Рівне, Україна*

Наведені приклади підходів до зчитування рухів та жестів руки. Проведена їх чітка класифікація з урахуванням принципів дії. Наведені приклади компонент, що використовуються в подібних системах. Розроблено систему зчитування жестів руки на основі сенсору MPU6050 та тензорезисторів.

Ключові слова: системи вимірювання рухів, зчитування жестів, акселерометри, тензорезистори, розумна рукавиця.

Examples of approaches to reading hand movements and gestures are given. A clear classification of these approaches is made, taking into account the principles of operation. Examples of components used in such systems are given. A hand gesture reading system based on the MPU6050 sensor and tensor resistors has been developed.

Keywords: motion measurement systems, gesture reading, accelerometers, tensor resistors, smart glove.

Опираючись на стрімкий розвиток сучасних технологій, не складно зрозуміти те, наскільки системи зчитування рухів є актуальними. Чимало компаній з мільйонними бюджетами, розробляють свої системи, щоб встигнути зайняти вільну нішу на ринку. Вони пропонують різні рішення та використовують унікальні підходи. Це спричиняє ряд проблем для користувачів. В особливості – відсутність чітких норм класифікації пристроїв та не розуміння їх головних відмінностей. Це погіршує обізнаність та створює проблему вибору.

Дослідження, має за мету виділити чіткі критерії класифікації приладів зчитування рухів, опираючись на їх принцип дії. Також, виділити компоненти систем, що використовуються найчастіше. І на кінець – створити систему для зчитування простих жестів з метою пояснення принципу дії одного з найперспективніших підходів.

Прилади зчитування рухів – це прилади, за допомогою яких можливе перетворення руху в цифровий сигнал, зрозумілий для комп'ютерних систем, для подальшого його використання в цифровому світі. Якщо говорити простіше, то це прилади які дозволяють цифровізувати рухи. Прикладами таких приладів можуть бути: рукавиці, системи камер, костюми, відокремлені системи сенсорів і т.д. До подібних систем можна віднести контролери по типу геймпадів та джойстиків. На відміну від більш технологічних засобів, їх використання має багато обмежень. У зв'язку з цим доречніше віднести їх до пристроїв-контролерів аніж до приладів для зчитування рухів.

Дуже часто, коли ми чуємо термін «захоплення рухів», в уяві з'являються люди в чорних костюмах посеред великої кубічної (інколи сферичної) кімнати. На костюмах,

нанесені точки контрастного кольору (колір сильно виділяється на фоні костюма). Це один з популярних способів зчитування рухів. Його часто називають – Motion Capture [1]. Принцип дії цієї технології дуже простий. В кімнаті навколо користувача розставлені декілька камер, що працюють з визначеною наперед заданою частотою кадрів. Всі камери налаштовані так, щоб робити кожен кадр одночасно та працювати синхронно. Вони роблять знімки актора, одягненого в спеціальний костюм, та порівнюють розміщення точок з їх розміщенням на попередньому кадрі (це один з простих способів). Це дозволяє знаходити зміну позицій і відображати їх на 3D об'єкті. Сам 3D об'єкт попередньо готується в програмному забезпеченні, що займається обробкою отриманої інформації. Пізніше, рух переноситься в вигляді скелета, для подальшого використання.

Вище наведений опис одного з популярних підходів. Згідно з принципом роботи його можна класифікувати як зчитування рухів «за допомогою камер». Його характерною особливістю є використання камер як головного джерела інформації про рух/жест. Програмне забезпечення таких систем аналізує фото чи відео, порівнюючи позиції контрастних об'єктів, контурів або обрисів [2]. Інколи використовуються об'єкти-орієнтири для широкопланового позиціонування. Оцінюючи розвиток таких систем, можна впевнено говорити про рух до застосування нейронних мереж. Саме завдяки нейронним мережам, вдасться зменшити вартість та збільшити впевненість в конкретному русі та/або жесті. На рисунку 1, можна побачити приклад спрощеної системи, що використовує лише одну камеру. Таке спрощення, стало можливе завдяки нейронним мережам.

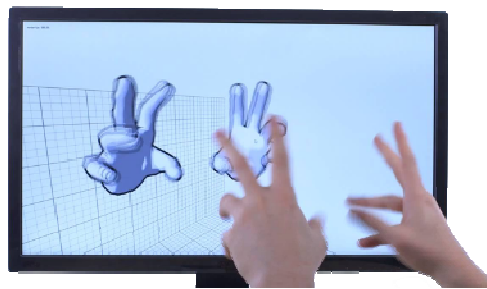


Рис. 1. Приклад зчитування рухів за допомогою камери пристрою [2]

Повною протилежністю попередньому методу зчитування рухів є використання електронних компонент (сенсорів, давачів, датчиків). Кожен програмний інженер, що цікавився подібною тематикою, може згадати презентації контролерів, джойстиків та окулярів віртуальної реальності проте вони не є найстарішими системами. Взагалі, використання електронних компонент можна вважати найстарішим з наведених в статті, способів зчитування рухів. Ще в минулому столітті використовували передавачі положення. Всім відомий GPS є прикладом подібного підходу. В межах цієї статті розглянемо рукавицю-контролер від компанії Meta [3].

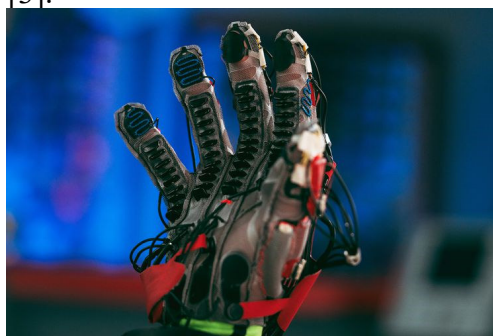


Рис. 2. Прототип рукавиці від Meta [3]

Рукавиця оснащена багатьма типами сенсорів, що повністю інтегровані в рукавичку. Вона не потребує інших сторонніх пристроїв відстеження рухів. Це досить непоганий приклад, щоб класифікувати наступний вид зчитування рухів – зчитування рухів «за допомогою приладів користувача». В основі такого способу зчитування лежить набір датчиків, що працюють в системі та мають взаємозалежності. Майже завжди, вони несуть різну інформацію про положення. Прикладом найчастіше використовуваних компонент є акселерометри, гіроскопи, тензорезистори. Як можна зрозуміти, для побудови такої системи необхідна повна взаємодія інженерів-конструкторів та інженерів-програмістів. Найбільша складність полягає в програмуванні системи з врахуванням залежності компонент одна від одної. Майбутнім таких систем є розвиток у напрямі інтеграції зі штучним інтелектом та додавання обмежень рухів з відчуттями дотику.

Існує окремий кластер систем, які займають свою долю ринку і мають хороші перспективи. Їх можна класифікувати як системи, що використовують «змішаний підхід». Сьогодні у сфері розваг – вони домінують найбільше. Часто змішаний підхід використовується для полегшення процесу зчитування або для його масштабування. Складно цифровізувати рухи людини, що біжить густозаселеним містом, використовуючи один з попередніх способів. В такому випадку – краще скористатися змішаним. Це дозволяє цифровізувати рухи з великою точністю. Наприклад, за допомогою сенсорів знаходити положення тіла людини, а за допомогою камер – записувати міміку. Це і є характерною ознакою змішаного підходу.

Додатково потрібно виділити ще один напрям розвитку систем зчитування рухів. Цей напрям є досить перспективним та надзвичайно складним в реалізації. Він передбачає пряму інтеграцію з мозком. В його основі лежатиме, зчитування нейронних імпульсів мозку. Оскільки напрацювань в цьому напрямку не достатньо, можливо лише фантазувати про те як зміниться технологічність підходів до зчитування рухів. Найближчими до чогось подібного є компанія Neuralink. Перший серйозний крок у напрямі інтеграції комп'ютер – людина, був зроблений 29 січня у 2024 році, коли імплант був імплантований у мозок людини [4].

Щоб підбити підсумки та покращити розуміння того, як працюють прилади зчитування рухів, розглянемо простий приклад. На рис. 3 зображено просту конструкцію рукавиці для зчитування жестів. В її основі лежить акселерометр і гіроскоп в одному корпусі (сенсор MPU6050) та набір тензорезисторів. Така система, має певні переваги в порівнянні з іншими рішеннями та не потребує великого багажу знань для реалізації. Вона використовує тільки сенсори встановлені на рукавиці та контролер для групування даних та надсилання їх на пристрій виведення інформації. Під час конструювання, за основу було взято напрацювання описані в статті «An Intuitive Tangible Game Controller» [5]. Розглянемо компоненти системи детальніше.

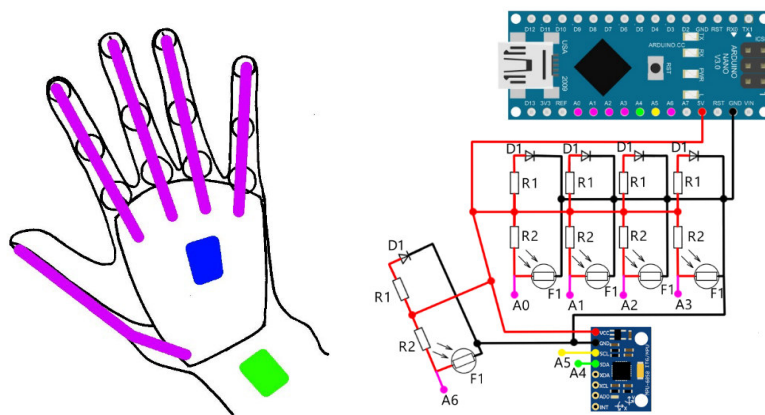


Рис. 3. Схематичне представлення розміщення сенсорів

MPU6050 є одним з найвідоміших сенсорів положення. Завдяки своїй дешевизні та наявності достатньої кількості документації – став поширеним серед любителів електроніки. В одному корпусі розміщені акселерометр та гіроскоп. Окремо, можна згадати про DMP (Digital Motion Processor). Через існування шуму акселерометра та поступового накопичення помилки, необхідно використовувати фільтрацію даних. На відміну від фільтра Калмана та компліментарного фільтра, визначення кутів за допомогою DMP дозволить отримати точніший результат. На рис. 3 MPU6050 показаний блакитним кольором. В представленій схемі, його завданням є зчитування положення кисті в просторі. В більшості систем зчитування рухів, акселерометри та гіроскопи є одними з основних компонент.

Тензорезистори – це сенсори, що використовують властивості деформації матеріалів для знаходження зміни опору. Більшість тензорезисторів, базується на основі п'єзорезистивного ефекту. Розподіл сенсорів, відбувається залежно від типу деформації. Існують тензорезистори згину, тиску, розтягу і т. д. Фактично на будь-яку деформацію, існує свій сенсор. При цьому, існування якісного універсального тензорезистора, що зміг би надавати високоточні дані з урахуванням всіх можливих видів деформації – неможливе. Саме через цю причину, їх розподіляють за типом деформації. На рисунку 3, фіолетовим кольором, зображені резистори згину. Для зчитування жестів, потрібно мати достатньо точні дані. Не всі резистори згину підійдуть для таких потреб. Варіювання діапазонів зміни опору використовуваних матеріалів та правильності кріплень – сильно обмежує вибір. У зв'язку з цим, зараз розглядаються менш популярні, але не менш точні сенсори.

Розглянемо один з перспективних напрямків розвитку тензорезисторів для зчитування згину. Хоча, тензорезистори мають різну будову, вони можуть кардинально відрізнитися по принципу дії. Пластинчасті використовують будову «гамбургера» або ж пластинчасту однорівневу будову. В статті, хотілося б звернути увагу на менш відомий спосіб зчитування згину. В основі цього способу лежать – світловоди. На рисунку 3, можна побачити схему подібного пристрою. Він складається з джерела світла (діода), світловода (порожнистої трубки або оптичного волокна), фоторезистора. При згині світловода, кількість світла на фоторезисторі зменшується, це призводить до зміни опору і як наслідок – дозволяє вирахувати рівень згину об'єкта. Саме цей тензорезистор, лежить в основі представленого рішення.

Як можна побачити, прилади зчитування рухів можливо чітко класифікувати, опираючись на принцип їх роботи. Якщо для зчитування рухів використовуються лише камери, то це «за допомогою камер». У випадку коли інформацію про рух надають сенсори – «за допомогою приладів користувача». Одним з перспективних підходів, з використанням камер та сенсорів – це «змішаний підхід». Така проста і зручна класифікація є більш інформативною та чітко описує принципи роботи системи зчитування рухів. При виборі пристрою, користувачу достатньо знати, який з підходів використовується, щоб мати уявлення про принципи дії та можливі додаткові витрати.

Оцінюючи майбутнє технологій зчитування рухів, можна спостерігати чітку тенденцію до інтеграцій нейронних мереж. Вони дозволять здешевити та покращити вхідні дані, проводячи порівняння та змінюючи (покращуючи) результати. Також можна впевнено стверджувати, що все більше розробок в цій сфері, з'являтимуться в напрямку інтеграції метафізичних об'єктів у фізичний світ. В особливості – створення реалістичних тактильних відчуттів та обмеження рухів.

1. Motion capture. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Motion_capture (дата звернення: 05.03.2024). 2. Leap Motion v2 gets much improved finger tracking. URL: <http://www.internetbestsecrets.com/2014/05/leap-motion-v2-gets-much-improved.html> (дата звернення: 07.03.2024). 3. Meta's sci-fi haptic glove prototype lets you feel VR objects using air pockets. URL: <https://www.theverge.com/2021/11/16/22782860/meta-facebook-reality-labs-soft-robotics-haptic-glove-prototype> (дата звернення: 12.03.2024). 4. Elon Musk's Neuralink implants brain chip in first human. URL: <https://www.reuters.com/technology/neuralink-implants-brain-chip-first-human-musk-says-2024-01-29> (дата звернення: 16.03.2024). 5. Jacques Footit, Dave Brown, Stefan Marks, Andy Connor. An Intuitive Tangible Game Controller. *Proceedings of the 2014 Conference on Interactive Entertainment (IE2014)*. 2014. P. 7.