

УДК 004.5

Саварин П.В., Ящук А.А., Поліщук М.М., Великий О.А.  
Луцький національний технічний університет

## ПЕРСПЕКТИВИ СЕНСОРНОЇ ВЗАЄМОДІЇ ЛЮДИНО-МАШИННИХ ІНТЕРФЕЙСІВ

**Саварин П.В., Ящук А.А., Поліщук М.М., Великий О.А. Перспективи сенсорної взаємодії людино-машинних інтерфейсів.** У статті проведено огляд сучасного стану основних методів та способів взаємодії людино-машинних інтерфейсів. Показано перспективність та доцільність роботи в напрямку розробки нових інтерфейсів взаємодії. Визначено, що безконтактні методи взаємодії знаходять все більше застосування на сучасному ринку технологій. Вирішено розробляти систему розпізнавання жестів для передачі керуючих сигналів комп'ютерній системі на основі використання сенсорів визначення відстані до об'єктів.

**Ключові слова:** метод взаємодії, людино-машинний інтерфейс, сенсор, сенсорна взаємодія, жест, керуючий сигнал, комп'ютерна система, ультразвуковий датчик.

**Саварин П.В., Ящук А.А., Полищук Н.Н., Великий А.А. Перспективы сенсорного взаимодействия человеко-машинных интерфейсов.** В статье проведен обзор и современное состояние основных методов и способов взаимодействия человеко-машинных интерфейсов. Показана перспективность и целесообразность работы в направлении разработки новых интерфейсов взаимодействия. Определено, что бесконтактные методы взаимодействия находят все большее применение на современном рынке технологий и во многих случаях оказывают лучший для пользователей интерфейс работы с компьютерными системами. Решено разрабатывать систему распознавания жестов для передачи управляющих сигналов компьютеру на основе использования сенсоров определения расстояния до объектов.

**Ключевые слова:** метод взаимодействия, человеко-машинный интерфейс, сенсор, сенсорное взаимодействие, жест, управляющий сигнал, компьютерная система, ультразвуковой датчик.

**Savaryn P.V., Yashchuk A.A., Polischuk M.M., Velykyi O.A. Research of methods of interaction of human-machine interfaces.** The article reviews the current state of the basic methods and methods of interaction of human-machine interfaces. The perspective and expediency of work in the direction of development of new interfaces of interaction is shown. It is determined that contactless interaction methods are increasingly used in the modern technology market and in many cases provide the best user interface for working with computer systems. It was decided to develop a gesture recognition system for transmitting control signals to a computer based on the use of sensors to determine the distance to objects.

**Key words:** interaction method, human-machine interface, sensor, sensory interaction, gesture, control signal, computer system, ultrasonic sensor.

**Постановка наукової проблеми та завдання дослідження.** На сьогоднішній день обчислювальна техніка використовується в багатьох сферах людської діяльності, будучи зручним і багатофункціональним інструментом для вирішення широкого спектру завдань. Однак, користувачі комп'ютерів змушені використовувати способи взаємодії, які все ще слабо адаптовані до всіх можливостей людського обміну інформацією.

У взаємодії людини і комп'ютера існують два інформаційних потоки:

- керуючі команди і дані, що передаються комп'ютеру для обробки;
- результати обчислень і інша інформація, яка надається комп'ютером користувачеві.

Протягом тривалого часу єдиним можливим способом взаємодії з комп'ютером був механічний: важелі, вентилі, кнопки тощо. З розвитком електроніки, механічні інструменти для взаємодії з машинами еволюціонували і тепер основними засобами взаємодії з комп'ютером стали клавіатура, миша, джойстик, сенсорна панель тощо. Кожен з перелічених контактних методів у більшості випадків задовольняє всім вищезгаданим критеріям, а широкий вибір серед електронних маніпуляторів дозволяє людям з обмеженими можливостями обрати собі такий пристрій, з яким вони можуть більш-менш зручно працювати.

Проте різноманіття ситуацій, у яких людина використовує комп'ютер, постійно зростає. Таким чином виявляються обмеження на використання контактних методів взаємодії, які впливають на вищезгадані характеристики людино-машинних інтерфейсів. Тому з розвитком науки і техніки з'являються і розвиваються альтернативні безконтактні методи взаємодії з комп'ютером, які і розглянемо та проаналізуємо у цій статті.

Зараз на ринку існує багато безконтактних методів взаємодії людини з комп'ютером (в основному оптичних і голосових). Не зважаючи на відносну новизну таких підходів до керування машинами, вони виявилися зручними та безпечними, і продовжують вдосконалюватися з кожним новим поколінням.

У зв'язку зі зростанням різноманітних потреб до людино-машинної взаємодії, ця взаємодія мусить за багатьох обставин бути ефективною, безпечною і доступною також для людей з

обмеженими фізичними можливостями. Наразі, механічна взаємодія з комп'ютером має ряд недоліків, які можуть бути усунуті шляхом використання безконтактних методів.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Технології, що лежать в основі сучасних методів взаємодії людини-користувача з комп'ютерними системами, відрізняються між собою за методами отримання вхідної інформації. Однак, спільним для них є те, що вихідними даними повинна бути певна команда, значення або набір команд з параметрами, які і несуть функціональне призначення, передаючи керуючі сигнали до об'єкта взаємодії.

Кожна технологія прийому вхідних даних має свої переваги та недоліки, які визначають її ефективність до використання у тих чи інших системах. Розглянемо представників деяких популярних на сьогоднішній день методів керування комп'ютерними системами та проаналізуємо засоби, що лежать у їхній основі.

Розпочнемо з механічних (традиційних) методів, до яких можемо віднести добре знайомі нам клавіатуру, мишу, джойстик та ін. В основі даних способів вводу інформації лежить принцип розпізнавання натисків клавіш (кнопок), відповідно до яких генерується код відповідного знаку або ініціюється деяка дія [1]. Сьогодні клавіатури та джойстики не обов'язково повинні бути механічними та окремими пристроями. Будь-який сучасний сенсорний телефон може виконувати дану роль відповідно до потреб користувача. На заміну традиційним пристроям все частіше приходять технології, що дозволяють користувачу без додаткового обладнання та прямого контакту передавати керуючі сигнали. Однією з таких є голосове керування. Голосовий інтерфейс користувача спроможний забезпечити зручний і гнучкий спосіб взаємодії людини з комп'ютером, оскільки для його використання не потрібно опановувати новими навичками [2].

Ринок мовних технологій стрімко розвивається, втім, створення голосових інтерфейсів є досить складним і комплексним завданням, що вимагає від розробника знань в різних предметних областях, таких як комп'ютерні науки, лінгвістика та психологія поведінки людини. Голосовий інтерфейс якісним чином змінює спосіб, а отже і ефективність взаємодії користувача з системою. Сьогодні великої популярності набули голосові помічники, які інтегровані не тільки у смартфони, але й у системи розумного дому, автомобілі та навіть роботів. Серед найбільш поширених з них є: Apple Siri, Google Assistant, Amazon Alexa, Cortana від Microsoft. Кожен з цих помічників може розпізнати голосову команду користувача та на основі своєї бази даних виконати відповідну дію. Особливістю є те, що команда, промовлена користувачем може бути довільної форми, а комп'ютерна система сама аналізує зміст фрази та вибирає найбільш відповідний варіант дії, або ж повідомляє користувача про те, що команду не розпізнано. Іншою заміною традиційному інтерфейсу керування вже кілька останніх років є системи розпізнавання рухів на основі сенсорної взаємодії, які набули популярності у якості периферійних пристроїв для ігрових консолей. Розвиток науки і електроніки дозволив значно зменшити розміри і масу акселерометрів, гіроскопів та інших пристроїв, здатних виявляти власний рух або зміну положення. Таким чином стало можливим оснащення користувацьких пристроїв датчиками, здатними зчитувати їхні кінематичні дані. Такий підхід застосовується у багатьох галузях електроніки – від військової до розважальної [7].

Найвідомішими представниками даної технології є PlayStation Move від компанії Sony та Wii Remote від компанії Nintendo. Wii Remote (іноді називають «Wiimote») – основний контролер для гральної консолі Wii компанії Nintendo [6]. Головною особливістю Wii Remote в порівнянні з конкурентами є детектор руху, що дозволяє гравцям керувати персонажами гри і предметами на екрані рухом руки, або «вказуючи» на об'єкти, які відображаються на екрані (рис. 1). Це забезпечується роботою акселерометра і світлочутливої матриці. Крім цього, до контролера можна підключати різні пристрої, розширюючи таким чином його можливості. Підключення до ігрової консолі бездротове, за протоколом Bluetooth. Можливе підключення до комп'ютера.



Рис. 1. Зовнішній вигляд пристрою Wii Remote

Ще одним з способів розпізнавання жестів користувача є оптична взаємодія на основі камер та датчиків приближення (інфрачервоних, звукових та ін.). Між даними контролерами та попередніми периферійними пристроями є кілька відмінностей. Зокрема, у PlayStation Move для розпізнавання руху, користувач повинен тримати у руках джойстики з кульками, що світяться – саме їх зчитує камера-контролер. У той час Kinect представляє собою безконтактний сенсорний пристрій, який дозволяє користувачеві взаємодіяти з системою без допомоги контактної ігрової контролера через усні команди, пози тіла, об'єкти або малюнки [3]. Спільним для обох технологій є обов'язкова наявність відеокамери, яка зчитує положення та рухи користувача. Окрім камери, можлива також наявність додаткових датчиків, таких як сенсори руху та глибини (рис. 2).

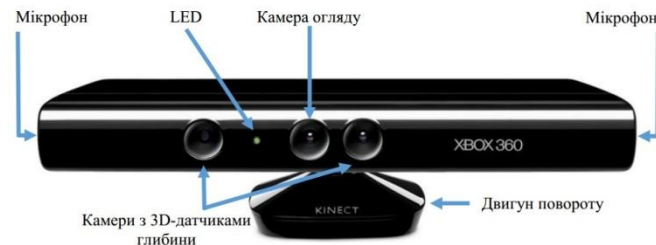


Рис. 2. Безконтактний сенсорний ігровий контролер Kinect

Розпізнавання жестів можна також використати для імітації роботи з клавіатурою. Так звана «проекційна клавіатура» – це різновид комп'ютерної клавіатури, який є оптичною проекцією клавіатури на довільну поверхню, на якій і проводиться дотик віртуальних клавіш [8]. Клавіатура відстежує рухи пальців і переводить їх у натискання клавіш (рис. 3).



Рис. 3. Проекційна клавіатура

За своєю суттю оптична взаємодія досить схожа на сенсорну тому що використовує різноманітні датчики як допоміжні засоби розпізнавання керуючого сигналу. Однак головною відмінністю оптичної взаємодії є обов'язкова наявність камери, яка є основним засобом розпізнавання тоді як сенсорна взаємодія виключає наявність оптичного розпізнавання певного об'єкта.

**Виклад основного матеріалу й обґрунтування отриманих результатів.** Таким чином ми виокремили та розглянули чотири найбільш поширених та актуальних на сьогодні методи взаємодії людино-машинних інтерфейсів: механічна взаємодія (клавіатура, миша); голосова взаємодія (голосові помічники); оптична взаємодія (на основі відеокамер); сенсорна взаємодія (на основі датчиків).

Виділимо основні переваги та недоліки кожного з наведених методів взаємодії, ґрунтуючись на власному досвіді та опрацьованих літературних джерелах [2, 7, 3, 4, 10].

Перевагами методів механічної взаємодії є: універсальність, стандартизованість, поширеність. Недоліками: швидкість набору нестандартної команди; незручність введення інформації на екранній клавіатурі; необхідність постійно бути біля пристрою вводу, який у свою чергу повинен бути з'єднаним з комп'ютерною системою і також бути на незначній відстані, або взагалі вбудованим у неї.

Голосова взаємодія є досить звичною та легкою для більшості людей, саме тому її перевагами є: оперативність і природність; мінімум спеціальної підготовки користувача; можливість керування об'єктом в темряві, за межами його візуальної видимості; можливість використання одночасно ручного (за допомогою клавіатури) і голосового введення інформації; забезпечення мобільності оператора при керуванні. Є також і досить багато недоліків, основними з яких є: складність розпізнавання мови, що полягає в сукупності таких характеристик голосу як тембр, гучність, висота, темп, інтонація, якість дикції; голосове керування не підходить для використання у системах, що працюють у середовищах з великим рівнем шуму або навпаки, де потрібна абсолютна тиша;

відсутність приватності виконаної команди, якщо є така необхідність; необхідність використання зовнішніх сервісів для розпізнавання мови, а отже постійного з'єднання з мережею Інтернет.

До переваг сенсорної взаємодії варто віднести відносно дешевизну датчиків та пристроїв прийому сигналів. Взаємодія не залежить від освітлення, керуючі сигнали можна передавати як вдень так і вночі. Більшість датчиків можуть досить довгий час жити від звичайної батарейки середньої ємності і невеликої напруги, що своєю чергою дозволяє використовувати безпроводні технології передачі даних. Недоліки: невидимі частинки (пил, дим, сонячні промені), які є в повітрі можуть значно впливати на якість сигналу; для охоплення значної площі та отримання точних сигналів потрібно досить багато датчиків.

Оптична взаємодія людини з комп'ютерними системами є досить зручною, не потребує додаткового обладнання на тілі чи використання голосу. Все що потрібно – лише здійснити певний рух, який розпізнає система та переведе у керуючий сигнал. Однак є ряд недоліків, які не сприяють широкому поширенню даної технології. Головними з них є: вартість високоякісних відеокамер для отримання зображення високої роздільності та інших сенсорів; складність алгоритмів розпізнавання; користувач повинен постійно знаходитись у області видимості камер; залежність якості розпізнавання від освітлення; отримані дані досить складно обробляти та аналізувати.

Для того, аби визначити які з методів є найбільш перспективними, проаналізуємо їх за наступними критеріями:

- радіус дії – відстань, на якій пристрій приймає сигнал від людини-користувача;
- звичність – подібність до звичних пристроїв керування, легкість та простота у використанні непідготованими користувачами;
- точність – мінімальна наближеність двох впливів, які безпомилково може розрізнити пристрій;
- доступність – можливість використання системи особами з обмеженими можливостями;
- взаємодія з різними частинами тіла;
- безпека використання – наявність прямих або відкладених загроз здоров'ю користувачів;
- підтримка двох і більше користувачів;
- простота апаратного забезпечення;
- простота програмного забезпечення.

Для оцінки будемо використовувати трьохрівневу шкалу відповідності критерію: низький рівень – 1 бал, середній рівень – 2 бали, високий рівень – 3 бали. Відповідно низький рівень – найгірший показник, високий – найкращий. Бали, які набрав кожен метод за кожним критерієм підсумуємо. Результати оцінки представлені у таблиці 1.

Таблиця 1. Оцінка методів взаємодії людини з комп'ютерними системами

Критерій	Метод			
	Механічна взаємодія	Голосова взаємодія	Оптична взаємодія	Сенсорна взаємодія
<b>Радіус дії</b>	Середній рівень	Високий рівень	Високий рівень	Високий рівень
<b>Звичність</b>	Високий рівень	Високий рівень	Середній рівень	Середній рівень
<b>Точність</b>	Високий рівень	Середній рівень	Високий рівень	Середній рівень
<b>Доступність</b>	Середній рівень	Середній рівень	Високий рівень	Високий рівень
<b>Взаємодія з частинами тіла</b>	Низький рівень (взаємодія з кистями рук)	Низький рівень (взаємодія з голосовими зв'язками)	Високий рівень (взаємодія з усім тілом)	Високий рівень (взаємодія з усім тілом)
<b>Безпека використання</b>	Високий рівень	Високий рівень	Високий рівень	Високий рівень
<b>Підтримка декількох користувачів</b>	Високий рівень	Середній рівень	Високий рівень	Високий рівень
<b>Простота апаратного забезпечення</b>	Високий рівень	Середній рівень	Низький рівень	Середній рівень
<b>Простота програмного забезпечення</b>	Високий рівень	Середній рівень	Низький рівень	Середній рівень
<b>Разом (балів)</b>	23	20	22	23

Таким чином підсумуємо, що механічні інтерфейси взаємодії все ще не поступаються місцем безконтактним методам завдяки своїй простоті апаратного та програмного забезпечення, звичності, точності та безпеці. Проте нові способи роботи з комп'ютерними пристроями поступово набувають все більшої популярності, надаючи можливість використовувати більш природні здібності людини без потреби фізичного контакту з пристроєм керування.

Таке ефективне використання різних методів свідчить про те, що технології датчиків руху, оптичної і голосової взаємодії знаходяться на високому, економічно вигідному рівні розвитку.

За результатами нашої оцінки найбільш приближеними до механічної на сьогоднішній день є оптична та сенсорна взаємодія. Однак складність програмного та апаратного забезпечення оптичної взаємодії та вартість високоточних камер і сенсорів дають зробити висновок, що найбільш перспективним альтернативним напрямком сучасного людино-машинного інтерфейсу є саме сенсорна взаємодія. Саме тому розпізнавання жестів на основі сучасних датчиків та контролерів для безконтактної сенсорної взаємодії, що доступні на ринку, на наш погляд є одним із найперспективніших напрямів людино-машинної взаємодії.

Одним з піонерів, які вирішують вказані недоліки оптичної взаємодії є Google зі своїм проектом сенсорної взаємодії Soli (рис. 4).



Рис. 4. Project Soli

Проект Soli – це нова технологія розпізнавання жестів, заснована на використанні радару, на відміну від звичних підходів, що базуються на візуальному чи інфрачервоному світлі, такі як стерео камери, структуроване світло або датчики часу польоту. Цей новий підхід, який використовує малі, швидкісні датчики та методи аналізу даних, такі як зсув Доплера, можуть виявити тонкі рухи з точністю до пів міліметра (рис.5) [4].



Рис. 5. Використання жестів у Project Soli

Зсув Доплера та можливість його використання для розпізнавання жестів були також досліджені у роботах науковців Університету Вашингтону у таких проектах як AllSee, з використанням радіо-модулю та WiSee, на основі модуля Wi-Fi. У результаті практичних експериментів було визначено можливість розпізнавати набір жестів з точністю до 94% [10].

**Висновки та перспективи подальших досліджень.** Дослідивши, що на сьогоднішній день найбільш ефективним та перспективним рішенням людино-машинної взаємодії є використання сенсорів, у майбутньому вирішено використовувати саме сенсорну взаємодію для розробки та дослідження системи розпізнавання жестів людини для передачі керуючих сигналів комп'ютеру. Зокрема, розпізнавання жестів будемо проводити на основі використання сенсорів визначення відстані до об'єктів, а саме ультразвукових датчиків HC-SR04 та апаратно-обчислювальної платформи Arduino Uno.

1.Клавіатура – Вікіпедія [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Клавіатура/>

2.AirWave: Non-Contact Haptic Feedback Using Air Vortex Rings – Режим доступу: [http://research.microsoft.com/enus/um/redmond/groups/cue/publications/Gupta\\_Ubicomp\\_2013\\_AirWave.pdf](http://research.microsoft.com/enus/um/redmond/groups/cue/publications/Gupta_Ubicomp_2013_AirWave.pdf).

3.Beyond Kinect, PrimeSense wants to drive 3D sensing into more everyday consumer gear – Режим доступу: <http://venturebeat.com/2013/01/20/beyond-kinect-primense-wants-to-drive-3d-sensing-into-more-everyday-consumergear/#FoKgcL7l6z2qct25.99>

4. Gesture control features to be introduced by Google's Project Soli - Wearable Tech News [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.wearabletechnology-news.com/news/2015/oct/05/gesture-controlfeatures-be-introduced-googles-project-soli/>
5. KinEmote - Free Xbox Kinect Software for Windows – Режим доступу: <http://www.kinemote.net/>
6. Nintendo Wii Remote controller specs - Engadget [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.engadget.com/products/nintendo/wii/remote-controller/specs/>
7. OpenNI 2 | The Structure Sensor – Режим доступу: <http://structure.io/openni>.
8. Virtual Projection Keyboards – Режим доступу: <http://www.laserkeyboard.com/virtual-projection-keyboards>.
9. Visual Interpretation of Hand Gestures for Human-Computer Interaction: A Review – Режим доступу: <http://www.cs.rutgers.edu/~vladimir/pub/pavlovic97pami.pdf>
10. Whole-Home Gesture Recognition Using Wireless Signals [Електронний ресурс] / P.Qifan, G. Sidhant, G. Shyam, P. Shwetak // The 19th Annual International Conference on Mobile Computing and Networking. – 2013.