

Всесвітня тенденція розвитку цифрової охорони здоров'я, технічних засобів діагностування, самодіагностування та віддаленого діагностування біологічних параметрів життя людини сприяє тому, що «розумні» медичні пристрої вже складають суттєву частину всесвітнього ринку «розумних» міст. Згідно з дослідженнями компанії Aruba, що належить Hewlett Packard, на сьогоднішній день шість з десяти організацій охорони здоров'я у світі вже використовують технології Інтернету речей (IoT).

Основними напрямками застосування «розумної» техніки та IoT технологій в медицині є: моніторинг та технічне обслуговування медичного обладнання (73%), догляд за пацієнтами (42%), послуги геолокації обладнання (47%), функції віддаленого управління та контролю за обладнанням та приладами (50%).

На даний час в Україні реалізується електронна система охорони здоров'я, що передбачає організацію віддаленої інформаційної взаємодії пацієнта з лікарем (електронні медичні картки пацієнтів, документообіг) та можливість підключення різноманітних інформаційних сервісів та обладнання.

Впровадження інформаційних технологій в медицину створює підґрунтя для удосконалення методів віддаленого моніторингу біологічних параметрів життя людини, засобів діагностування та самодіагностування.

Частота серцевих скорочень (ЧСС), артеріальний тиск і температура тіла є основними показниками, які контролюються як лікарями в медичних закладах, так і особисто пацієнтами вдома. Ці дані є надзвичайно важливими та дозволяють робити обґрунтовані висновки про стан здоров'я людей різних вікових груп. Через пандемію, спричинену коронавірусною хворобою, важливим показником стану здоров'я пацієнта є також насиченість крові киснем. Клінічний досвід показує, що відхилення цих показників від норми – це перший сигнал про різні захворювання. Тому, раннє виявлення патологічних станів, при яких потрібна невідкладна медична допомога або лікування, є дуже важливим.

На сьогоднішній день в медичній практиці використовуються різноманітні кардіомонітори, що відрізняються умовами застосування, набором контрольованих параметрів, експлуатаційними властивостями, методами обробки і візуалізації інформації. Більшість з них є стаціонарними та не забезпечують підключення до мережі Інтернет, або до локальної інформаційної мережі лікарні для передачі даних, які є важливими для надання термінової допомоги або вибору стратегії подальшого лікування.

Серед десяти найважливіших технологій у 2019 році Білл Гейтс назвав використання для моніторингу серцевої діяльності носимих пристроїв, які дозволяють своєчасно виявити критичний стан людини та допомогти їй уникнути наслідків.

На ринку представлено багато різних моделей пульсометрів, фітнес-годинників і навіть бездротових навушників, які можна використовувати для отримання кардіоданих. Типовий їх недолік - низька точність. Тому провідні компанії (Apple, AliveCor, Withings) працюють над розробкою носимих пристроїв з функцією електрокардіограми (ЕКГ), які надають більш високу точність. Недоліком цих пристроїв є досить висока вартість (наприклад, для Apple Watch Series 6 це близько 450 євро). Проблема також в тому, що дані моніторингу зазвичай відображаються та зберігаються локально без можливості візуалізації для лікаря, передачі в інформаційну мережу медичного закладу та подальшої обробки для прийняття рішень щодо лікування. Тому, подальше удосконалення носимих біомедичних пристроїв віддаленого моніторингу показників фізичного стану людини для роботи у складі інформаційної мережі медичних закладів є актуальною задачею.

Класифікація та огляд існуючих носимих пристроїв

Для контролю за показниками фізичного стану людини, окрім професійного медичного обладнання сьогодні активно використовуються різноманітні носимі пристрої. Носимі пристрої можна класифікувати на основі їх функцій, зовнішнього вигляду, близькості до тіла людини та іншими параметрами. В таблиці 2 представлено класифікацію носимих пристроїв за їх властивостями, функціональними можливостями та галузями застосування.

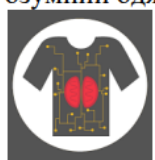


Сучасні носимі пристрої можуть оснащуватися різноманітними сенсорами та застосовуватися в різних галузях людської діяльності. Вони дають можливість контролювати параметри людини та симптоми захворювань. Крім того, вони надають засоби збору даних з метою подальшої обробки та формування рекомендацій щодо лікування. Ця технологія зробила можливим безперервний моніторинг за пацієнтом без його госпіталізації і це стало новим трендом в медицині. Трекери активності надають інформацію про пульс, температуру тіла пацієнта, рухи м'язів, активність мозку, а також інші відомості. Спортсмени та їх тренери використовують трекери для контролю показників під час тренування, зокрема вимірювання пітливості.

Фітнес-браслет – це пристрій, який містить в собі датчики для відстеження показників фізичної активності користувача, таких як пульс, кількість пройдених кроків, швидкість переміщення. Пристрій як правило синхронізується зі смартфоном за допомогою Bluetooth. Сучасні фітнес-браслети дуже умовно можна розділити на декілька груп: трекери, смарт-браслети та браслети здоров'я.

Фітнес-трекер або трекер активності дозволяє проводити моніторинг групи показників, пов'язаних з активністю людини: пройдена відстань, показники серцевого ритму, кількість спожитих калорій, якість сну. Цей носимий пристрій може синхронізуватися з персональним комп'ютером або смартфоном для моніторингу даних.

Таблиця 2 – Класифікація носимих пристроїв

Тип	Властивості	Можливості	Застосування
<p>Розумний годинник</p> 	Низька робоча потужність; зручний інтерфейс користувача з командами на основі дотику та голосу.	Відображення конкретної інформації; оплата; відстеження фізичної активності; комунікація; навігація	Бізнес, адміністрування; маркетинг, страхування; професійний спорт, тренування; освіта; інформаційні розваги.
<p>Розумні окуляри</p> 	Керованість на основі торкань екрану, руху головою, голосових команд та стискання руки; низька робоча потужність; посилання звуку безпосередньо на вухо	Візуалізація; мовна інтерпретація; комунікація; координація завдань	Хірургія; космос і оборона; логістика; освіта; інформаційні розваги.
<p>Фітнес-трекер</p> 	Висока точність; водонепроникність; легка вага; бездротова комунікація.	Фізіологічне оздоровлення; навігація; відстеження фізичної активності; моніторинг серцевого ритму	Фітнес; охорона здоров'я; професійний спорт; спорт на відкритому повітрі / в приміщенні

Тип	Властивості	Можливості	Застосування
<p>Розумний одяг</p> 	Немає візуальної взаємодії з користувачем через дисплей або екран; дані отримуються тілом за допомогою датчики та виконавчих механізмів.	Відстеження частоти серцевих скорочень, щоденної діяльності, температури і положення тіла; нагрівання та охолодження тіла; автоматична оплата.	Професійний спорт-фітнес; лікування; військова сфера; логістика.
<p>Носима камера</p> 	Виконання захоплення від першої особи; прикріплюється на одязі або тілі; менші розміри; нічне бачення.	Захоплення фотографій та відео від першої особи в режимі реального часу; живе потокове передавання; відстеження фізичної активності.	Захист; фітнес; промисловість; освіта.
<p>Носимі медичні пристрої</p> 	Управління болем; фізіологічний моніторинг; моніторинг глюкози, сну, активності мозку.	Серцево-судинні захворювання; фізіологічні розлади; хронічні захворювання; діабет.	Хірургія, неврологія, дерматологія, реабілітація, фітнес, серцево-судинна медицина, психіатрія, хірургія, онкологія, дерматологія, респірологія

Смарт-браслети – це вдосконалені моделі трекерів. Крім фітнес-функцій, мають в своєму арсеналі індикацію дзвінків і повідомлень, нагадування про занят-

тя, GPS, компас. В основному оснащені дисплеєм і нагадують «розумні» годинники.

Браслети здоров'я розроблені для професійного застосування в медицині або спорті. Основною відмінністю даного пристрою є вбудований тонометр для вимірювання тиску, а також датчики для вимірювання рівня кисню в крові.

Пульсометр з оптичним датчиком користується популярністю у спортсменів і любителів активного відпочинку. При його виборі слід звернути увагу на тип датчика. Нагрудні ремінні моделі, до недавнього часу були найпоширенішими і вважалися максимально точними. Але в останні роки їх активно заміщує годинник (зап'ясний пульсометр) з оптичним пульсометром, який просвічує шкірний покрив світловим променем, а за пульсацією крові, що проходить через кровоносні судини, розраховується частота скорочення серцевого м'язу.

Головна й безперечна перевага цих пристроїв – зручність. Тому, кращі оптичні пульсометри інтегрують в наручний браслет. У переважній більшості випадків, виробники намагаються не обмежуватися одним датчиком пульсу. Браслети з пульсометрами знімають показники не тільки в стані спокою, а й під час інтенсивних навантажень. Для того, щоб підрахувати пульс, людині не потрібно зупинятися. На внутрішній стороні корпусу пульсометра розташований електронний оптичний елемент, який вимірює пульс за допомогою вузького світлового пучка. Програмний блок фіксує кількість розсіяного в кровотоці світла та розраховує частоту пульсу. Щоб досягти максимального поглинання в оптичних пульсометрах використовується зелений світлодіод зі значенням довжини хвилі 525 нм. Багато виробників пропонують різні за стилем і дизайном браслети-ремінці, в які вставляється пульсометр з оптичним датчиком.

Розумний годинник (англ. Smartwatch) – комп'ютеризований наручний пристрій, який виконує вимірювання часу, прийом сповіщень та дзвінків з мобільного телефону, програвання музики, відслідковування маршрутів, збирання інформації

з вбудованих та зовнішніх сенсорів (наприклад, термометру, акселерометру) тощо. На відміну від браслетів, «розумні» годинники дозволяють користувачеві встановлювати сторонні застосунки, що розширюють їх функціональність.

Смарт-годинники – це комп'ютеризовані пристрої, що виконують роль годинника, фітнес-трекера, комутатора та пульта управління. Можуть виступати:

– застосунком для смартфона (трансляють дзвінки, повідомлення, передають голосові команди, запускають застосунки на телефоні, керують іншими видами смарт-техніки і т. п.);

– самостійним гаджетом (здійснюють дзвінки, відсилають повідомлення, фотографують, відтворюють музику і т. д).

Хоча фітнес-трекери мають обмежену кількість функцій у порівнянні з розумним годинником та зазвичай спрямовані лише на відстеження активності користувача, вони мають велику автономність, а також значно меншу вартість, що робить їх більш привабливими для використання. Фітнес-браслети й розумні годинники пропонують власнику стандартний набір спортивної статистики, можуть сполучатися з мобільними пристроями, синхронізуються з мобільними застосунками (рис. 1-3).

Розумні годинники

Сучасні розумні годинники забезпечують користувача низкою функцій та можливостей щодо відстежування активності та різноманітних шляхів для організації власного часу та комунікацій, але мають велику вартість, відносно малий автономний час через велику кількість виконуваних процесів. Також варто відмітити більші габарити у порівнянні з фітнес-трекерами.



Рисунок 1 – Приклад інтерфейсу застосунку Runtastic

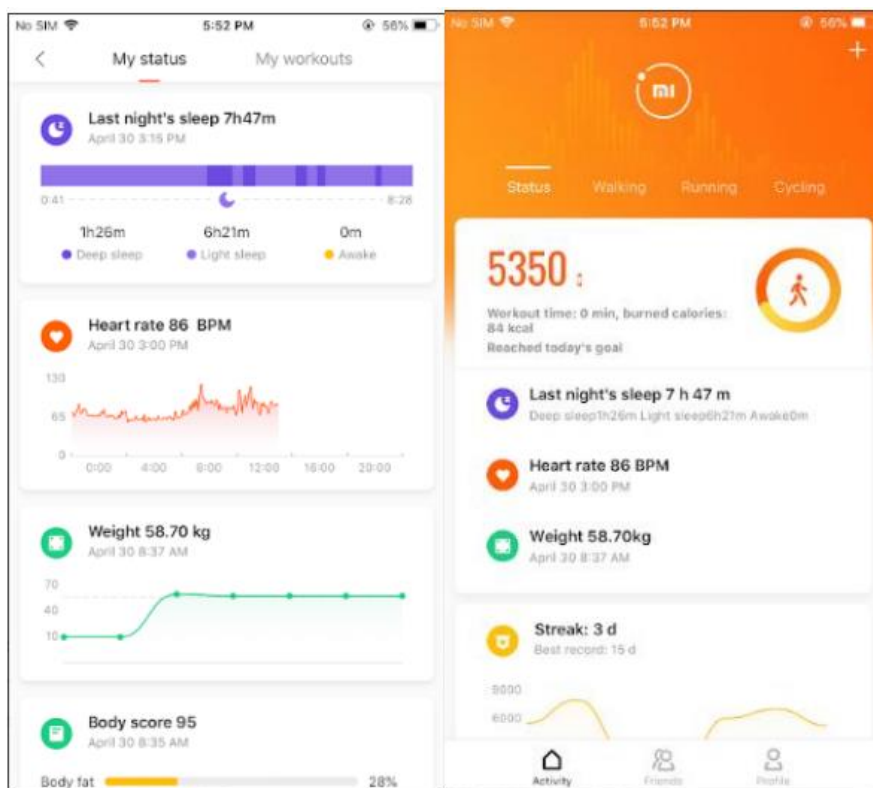


Рисунок 2 – Інтерфейс застосунку Mi Fit

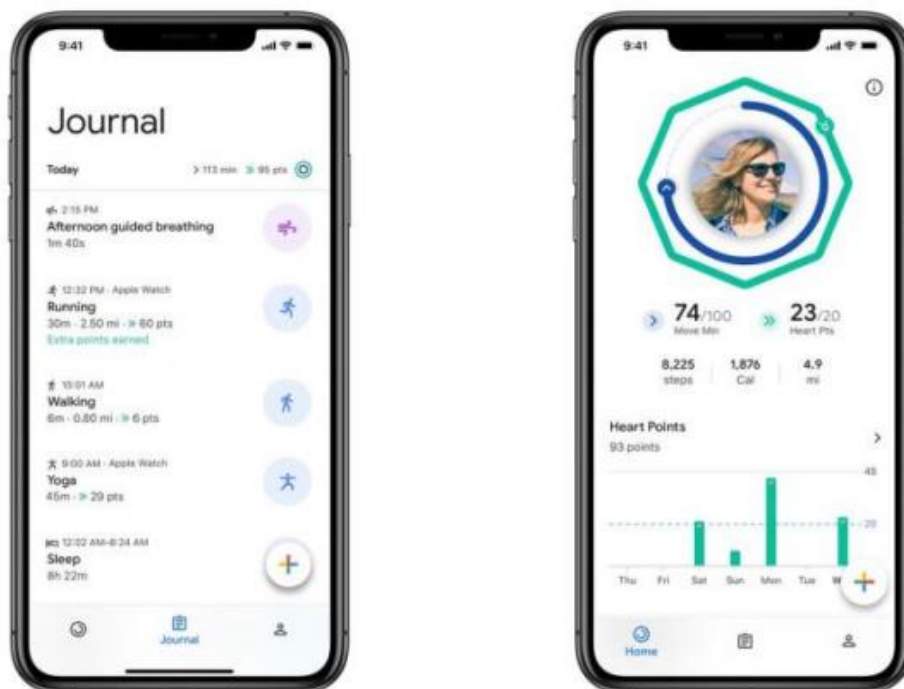


Рисунок 3 – Інтерфейс застосунку Google fit

Найбільш популярними смарт-годинниками в Україні за даними сайту HotLine є наступні. Samsung Galaxy Watch 46mm Silver (SM-R800NZSA) – це модель, що має всі сучасні функції та можливості, які необхідні для точного відстежування фізичної активності користувача за рахунок оптичного пульсометру, а також великий запас по автономності та апаратній частині взагалі відносно інших продуктів цієї категорії.

Варто зазначити, що годинник має вбудований Wi-Fi модуль, що значно збільшує можливу зону використання цього пристрою для використання у закладах з необхідністю догляду за користувачами. Однак, ціна та велика кількість специфічних функцій, що не потрібні звичайному користувачеві, роблять їх специфічним продуктом, що не може бути використаний для досягнення мети, поставленої у цій роботі.

Amazfit GTS Black – це модель, яка виділяється через значно більший автономний час та вдвічі нижчу вартість, ніж Samsung Galaxy Watch. Має всі необхідні

функції для звичайного користувача, але відсутня низка специфічних можливостей. Через відсутність Wi-Fi модулю та досить високу ціну для масового використання, не може бути використаний у якості пристрою для досягнення мети даної роботи.

Apple Watch Series 5 GPS 44mm має значно більше функцій для забезпечення комунікацій (включаючи дзвінки через пристрій), відсутні деякі функції з відстеження фізичної активності, що зазвичай включені до переліку схожих пристроїв, наприклад, відстеження сну. Варто зазначити, що використовує всі необхідні бездротові комунікації (Bluetooth, Wi-Fi, NFC та GPS). Має одну з найбільших вартостей, але в той же час відрізняється малим часом автономного використання, велику кількість зайвих функцій для реалізації мети даної роботи.

Результати порівняння розглянутих моделей розумних годинників наведено в таблиці 3.

Фітнес-трекери

Фітнес-трекери, навпаки, мають обмежену кількість функцій, що зазвичай спрямовані лише на відстеження активності користувача, що дозволяє забезпечити більшу автономність, на підтримання якої достатньо більш ніж на два тижні. Ці переваги, а також значно менша вартість та складність виробництва, ніж у розумних годинників, що робить їх більш поширеними для використання. Відомі виробники: Jawbone, Polar, Fitbit, Garmin, Samsung, Xiaomi.

Найбільш популярними фітнес-трекерами в Україні за даними сайту HotLine є наступні.

Таблиця 3 – Порівняльна характеристика розглянутих розумних годинників

Характеристика	Samsung Galaxy Watch 46mm	Amazfit GTS Black	Apple Watch Series 5 GPS 44mm
1	2	3	4
Типи фізичної активності	біг, ходьба, велосипед	біг, ходьба, плавання, велосипед	ходьба, біг, велоспорт, йога, плавання, високоінтенсивні інтервальні тренування
Пультметр	+(оптичний)	+	+
Підрахунок кроків	+	+	+
Підрахунок сходинок	+	-	-
Відстеження сну	+	+	-
Дисплей, тип	Super AMOLED	AMOLED	OLED
Діагональ	1,3	1,69	немає даних
Роздільна здатність	360x360	348x442	368x448
Розміри, мм	46x49x13	43.25x36.25x9.4	44x38x10.74
Пило / вологозахист	+(5 ATM)	+(5 ATM)	+(50 метрів)
Вага, г (з ремінцем)	63	40	36.5
Тип акумулятора	вбудований	вбудований	Li-Ion
Ємність, мАгод	472	220	немає даних
1	2	3	4
Час автономної роботи	До 7 днів	до 14 днів в режимі розумного годинника	18 годин
Процесор	Exynos 9110	немає даних	Apple S5
Обсяг оперативної пам'яті, ГБ	0.7	немає даних	немає даних
Об'єм вбудованої пам'яті, ГБ	4	немає даних	32
Динамік	+	-	+
Мікрофон	+	-	+
Вібромотор	+	+	-
Bluetooth	+	+	+
Wi-Fi	+	-	+
GPS	+	+	+

Xiaomi Mi Smart Band 4 Black - даний пристрій має всі необхідні функції для відстеження фізичної активності користувача, включаючи відстеження сну та пульсометр. Має великий запас часу автономної роботи, відносно невелику ціну та набір додаткових функцій для комунікацій. Має вбудований вібромотор для сповіщень. Використовує лише один вид бездротових комунікацій – Bluetooth.

Honor Band 5 Black - відрізняється від попереднього пристрою часом автономної роботи та додатковими функціями, серед яких є функція вимірювання кисню в крові, що може мати значення для використання його у якості пристрою для відстеження фізичної активності людини в умовах знаходження у лікувальному закладі. Як і попередній пристрій має вбудований вібромотор для сповіщень та використовує лише один вид бездротових комунікацій – Bluetooth.

Xiaomi Mi Band 3 Black є молодшою моделлю першого пристрою та відрізняється лише дизайном, типом та розміром екрану. Xiaomi Mi Band 4 є скоріше еволюційною зміною одного з найпопулярніших фітнес-трекерів у світі, ніж кардинальною. Одним з головних нововведень варто відзначити кольоровий дисплей, який вперше з'явився в цій лінійці.

Порівняльну характеристику розглянутих фітнес-трекерів наведено в таблиці 4.

Огляд існуючих прототипів носимих пристроїв

Актуальність застосування носимих пристроїв для моніторингу фізичного стану пацієнтів призводить до постійного пошуку варіантів їх реалізації та спроб розробки нових конструкцій з меншою вартістю та можливістю гнучкого налаштування під власні потреби користувача.

Таблиця 4 – Зведені характеристики розглянутих фітнес-трекерів

Характеристика	Xiaomi Mi Smart Band 4	Honor Band 5	Xiaomi Mi Band 3
Типи фізичної активності	ходьба, біг, плавання, велосипед	біг, ходьба, плавання, велосипед	ходьба, біг
Пульсометр	+(оптичний)	+	+(оптичний)
Підрахунок кроків	+	+	+
Відстеження сну	+	+	+
Дисплей, тип	AMOLED	AMOLED	OLED
Діагональ	0,95	0,95	0,78
Роздільна здатність	120x240	120x240	128x80
Розміри, мм	немає даних	43x17,2x11,5	17,9x46,9x12
Пило вологозахист /	+(5 ATM)	+	+(50 метрів)
Вага, г (з ремінцем)	30	22,7	24
Тип акумулятора	вбудований	вбудований	вбудований
Ємність, мАгод	135	100	110
Час автономної роботи	До 20 днів	До 14 днів	До 20 днів
Вібромотор	+	+	+
Bluetooth	+	+	+
Wi-Fi	-	-	-
GPS	-	-	-

Декількома розробниками було розглянуто можливість створення прототипу на популярній платформі Arduino. Основою саморобного фітне-трекера (рис. 4) є плата Arduino Pro Mini. Для зв'язку зі смартфоном і передачі даних використовується Bluetooth-модуль HC-06. Як датчик для відстеження фізичної активності застосовується акселерометр MPU-6050. Живиться весь пристрій від літій-полімерного акумулятора 3.7 В 110 мАг. При програмуванні Arduino використовується перехідник FTDI. Для фіксації всіх цих компонентів на руці на 3D принтері друкується спеціальний секційний корпус.

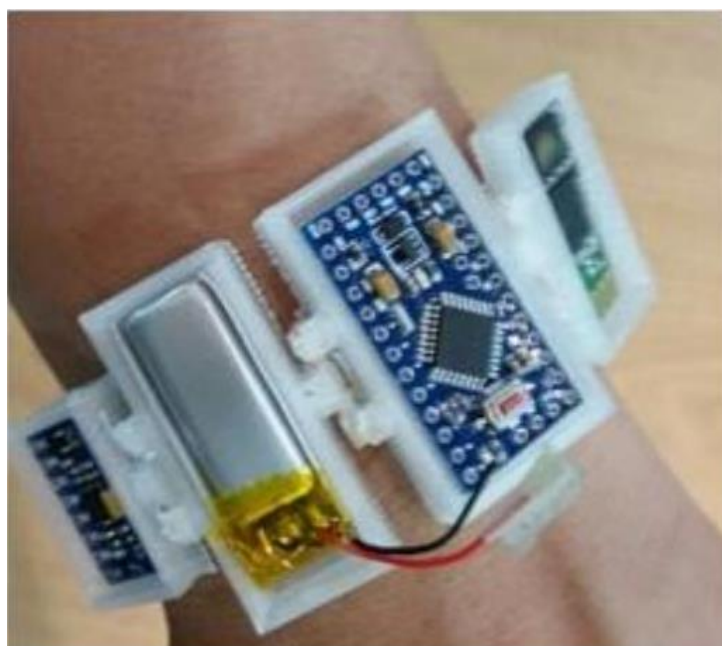


Рисунок 4 – Прототип носимого пристрою



Рисунок 5 – Інтерфейс застосунку для прототипу

Для прийому даних і аналізу фізичної активності пропонується застосунок для Android. Ця програма складається з чотирьох модулів: графічного інтерфейсу користувача (рис. 5), менеджера зв'язку з Bluetooth, розрахункових алгоритмів і допоміжних сервісів.

Після подачі живлення на Arduino і установки зв'язку згідно з застосунком на смартфоні, Arduino перевіряє наявність даних з акселерометра 20 раз в секунду. Відправка даних на мобільний пристрій здійснюється один раз в секунду.

Акселерометр вимірює прискорення по всіх трьох осях X, Y і Z, тому трекер відсилає 60 значень (20 разів по трьох осях). Застосунок приймає дані на протязі двох секунд і вираховує інтервал, який подолав користувач. Також застосунок обраховує кількість спалених калорій на підставі ваги користувача, кількість пройдених кроків і формує дані по годинах, днях і місяцях. Але, через використання Bluetooth зона покриття є недостатньою, крім того, функції вимірювання температури та насиченості крові киснем в прототипі не реалізовано.

Відомий носимий пристрій UWatch Micro K Dark Blue позиціонується як фітнес-трекер на основі Wi-Fi модулю. Проте, в ньому відсутня функція відстежування пульсу, що є важливою для моніторингу показників фізичного стану людини.

Таким чином, існуючі прототипи мають певні конструктивні та функціональні особливості, переваги, але виявлено й недоліки: надлишковий або навпаки недостатній функціонал, недостатня зона покриття, акумулятор малої ємності, відсутність екрану та звукового сповіщення персоналу та пацієнта та інш.

3 КОМП'ЮТЕРНИЙ АНАЛІЗ ЛОКОМОЦІЇ

3.1 Устаткування і комп'ютерна система для лабораторного дослідження локомоції

Рухи людини цікавили учених ще з часів Аристотеля, але методи, що дозволяють за допомогою об'єктивних кількісних оцінок вивчати біомеханіку локомоції, були розроблені лише недавно. Дослідження цього складного виду активності може бути корисним, по-перше, для постановки діагнозу і лікування хворих з порушеннями опорно-рухового апарату і (або) нервової системи і, по-друге, для отримання інформації про поліпшення показників спортсменів в процесі тренувань.

Основна задача лабораторного дослідження локомоції полягає в тому, щоб визначити стан рухової активності конкретної людини в конкретний момент часу за спеціальною функціональною шкалою. Ця шкала займає діапазон від повної нерухомості (тобто смерті) до показників самих високотренованих спортсменів і включає такі проміжні стани, як кома, ампутація, параліч, нормальна рухова активність і рухова активність спортсмена. При клінічному обстеженні або обстеженні спортсменів знаходять той рівень на цій шкалі, який відповідає стану локомоції даного індивідуума.

Для того, щоб система збору і аналізу даних, дозволяючи точно оцінити здібність індивідуума до рухової активності, могла широко використовуватися в лабораторіях по вивченню локомоції, вона повинна задовольняти наступним семи умовам.

1. Обстановка, в якій здійснюється діагностика, повинна бути якомога природнішою і комфортабельнішою для обстежуваного. Це необхідно для того, щоб звести до мінімуму небажаний вплив лабораторного оточення на характер рухової

активності. Таким чином, при обстеженні випробовуваний не повинен бути нічим обмежений.

2. При обстеженні кожного випробовуваного система повинна реєструвати, аналізувати і зберігати наступні шість груп даних: документація; сегментна антропометрія; контакт стопи з опорою; переміщення маркерів; зовнішні сили в точки їх прикладення; електроміографія.

3. Для того, щоб можна було спиратися з упевненістю на одержані результати, останні повинні бути одночасно надійними і високоточними. Крім того, за допомогою системи дослідження локомоції повинні простежуватися такі процеси, які неможливо оцінити при простому зоровому спостереженні.

4. Лабораторна установка повинна давати повну інформацію про рухи в тривимірному просторі (тобто для кожного сегменту – зміщення в трьох напрямках і обертання щодо трьох осей) в зручній системі відліку (наприклад, в умовах фіксованого сегменту).

5. Дані повинні бути одержані при реєстрації не одного кроку або стрибка, але шляхом усереднювання їх протягом багатьох повторюваних циклічних рухів. Після розрахунку середніх і одержаних даних ці параметри можна порівняти з репрезентативними показниками, з тим щоб знайти які–то аномальні відхилення або зміни, пов'язані з якими–небудь зовнішніми діями.

6. Система повинна бути високоавтоматизованою. Це дозволяє зменшити елемент суб'єктивності, а в деяких випадках – позбавити дослідника від монотонної роботи. Крім того, ідеальна система повинна дуже швидко обробляти інформацію, щоб забезпечувати зворотний зв'язок в режимі реального часу і дозволяти проводити декілька досліджень за добу.

7. Система повинна бути достатньо дешевою, щоб не стримувати застосування аналізу рухової активності.

За останні 20 років завдяки успіхам в області електроніки і особливо апаратного і програмного забезпечення комп'ютерів вдалося розробити автоматизовані лабораторні установки для вивчення ходьби, що задовольняють всім перерахованим вимогам. Розглянемо устаткування, а також апаратне і програмне комп'ютерне забезпечення для досліджень такого типу: вивчення рухову активність людини з клінічної (дослідження ходьби у пацієнтів), спортивної (вивчення показників високотренованих спортсменів) і ергономічної (взаємодія оператора з його робочим місцем) точок зору. При цьому повинне використовуватися програмне забезпечення, що перетворює вхідні дані (індивідуально адаптована антропометрія, запис тривимірних рухів і зовнішніх сил, а також поверхневих ЕМГ) у вихідну інформацію, що включає часові, кінематичні, енергетичні показники, дані про сили і їх моменти, причому ця інформація повинна виводитися як в числовому, так і в графічному вигляді. Головна задача лабораторного дослідження локомоції – це інтеграція і обробка даних, що поступають від декількох джерел. Така задача не може бути вирішена без комп'ютера.

У системі для вивчення локомоції використовується мікрокомп'ютер з процесором, арифметичним співпроцесором і ОЗП. Для архівації і недовгого зберігання даних застосовуються гнучкі диски і жорсткий диск. З комп'ютером з'єднано декілька пристроїв введення і виведення, спеціально підібраних для дослідження локомоції. Блок-схема всієї комп'ютерної системи приведена на рис. 3.1.

3.2 Аналіз локомоторних показників

При лабораторному вивченні локомоції необхідно реєструвати шість видів вхідних даних:

- 1) документація;
- 2) сегментна антропометрія;
- 3) контакт стопи з опорою;

- 4) переміщення маркерів;
- 5) зовнішні сили і точки їх прикладення;
- 6) електроміографія.

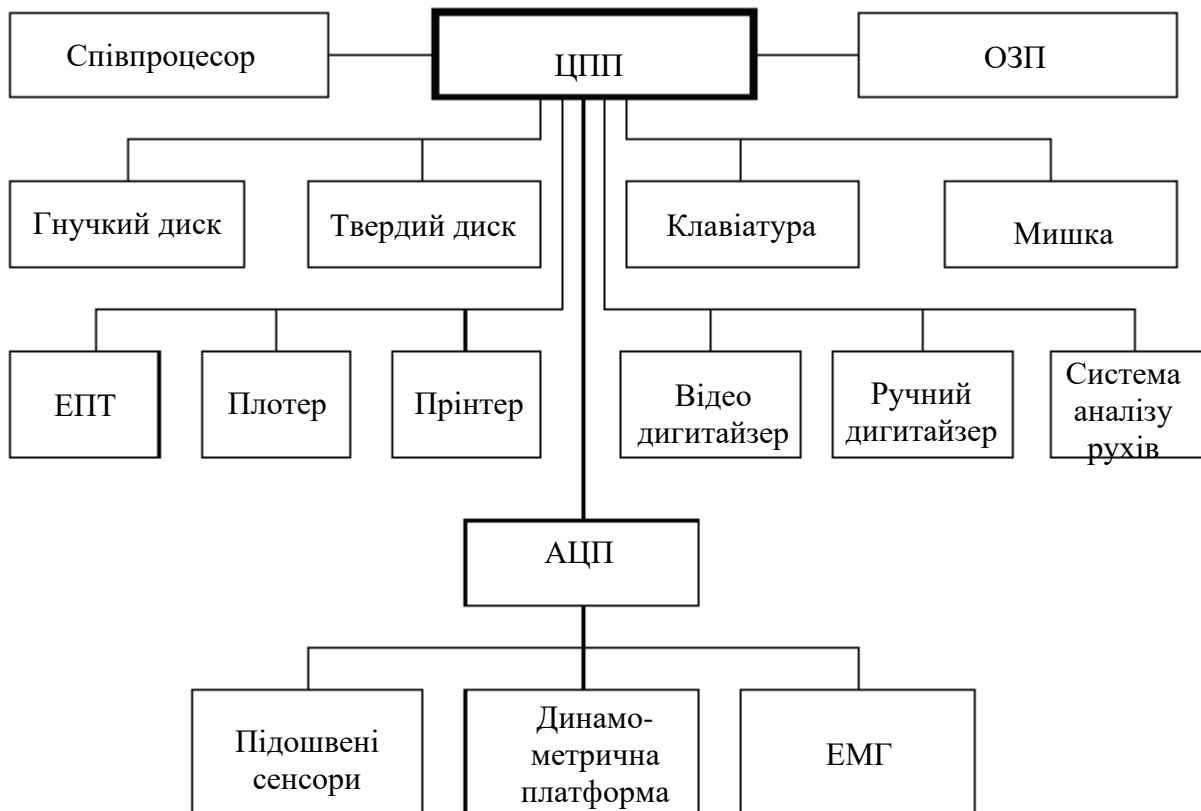


Рисунок 3.1 - Блок-схема комп'ютерної системи і з'єднаних з нею периферійних пристроїв введення/виведення для застосування в лабораторії по дослідженні локомоції

За допомогою всіх цих даних можна здійснити повний біомеханічний аналіз. Показники чотирьох останніх груп треба реєструвати одночасно, причому з частотою оцифровки, достатньої для того, щоб уловити щонайменші нюанси вивчаемого руху. Звично ця частота складає 30 –50 Гц при дослідженні ходи і 200 –500 Гц

при дослідженні таких швидких рухів, як спринтерський біг або стрибки. Після обробки даних одержують сім груп вихідних параметрів:

- 1) часові показники;
- 2) кінематичні характеристики рухів сегментів і суглобів;
- 3) енергетичні показники руху сегментів;
- 4) моменти сил при русі сегментів;
- 5) моменти сил і сили в області суглобів;
- 6) потужностні показники рухів суглобів і скорочень м'язів;
- 7) зусилля, що розвиваються м'язами.

Нижче розглянуті вхідні і вихідні дані, з якими доводиться мати справу в лабораторіях по вивченню локомоції (рис. 3.2).

У ідеальному випадку всі вхідні і вихідні дані, які реєструються або розраховуються в лабораторіях по вивченню локомоції, повинні бути “прив'язані” до якої-то загальноприйнятої системи координат. На жаль, достатньо поширено щонайменше дві системи координат. В першій осі x , y і r направлені відповідно вперед, вгору і управо, а в другій –вперед, вліво і вниз. Ще більша плутанина виникає при описі обертання твердих тіл, оскільки в цьому випадку є 12 систем координат (може обертатися або тіло щодо простору, або простір щодо тіла, а оскільки обертання є незалежними, для них існує 6 напрямів). Як приклад розглянемо наступну систему. Положення кожного сегменту тіла описується в нерухомій системі координат. Відхилення сегменту від початкового вертикального анатомічного розташування задаються таким чином: поступальний зсув вперед ($+xt$), вгору ($+yt$), управо ($+zt$) і обертання правої сторони тіла: нахили ($+zr$), наведення ($+xr$) і ротація ($+yr$).

3.2.1 Вхідні дані

3.2.1.1 Документація

Для документації і складання бази даних звичайно потрібні деякі відомості про обстежування. Майже завжди потрібні такі дані, як прізвище, адреса, шифр (або шифри), зріст, вага, стать, дата і місце народження. Для хворих необхідна також коротка історія хвороби, а для спортсменів – результати тренувань і змагань. Всі ці дані потрібні для отримання деяких статистичних показників; наприклад, можна через комп'ютерну базу даних запросити середнє значення певних параметрів і їх дисперсію для якоїсь вибірки (наприклад, для всіх хворих і спортсменів чоловічої статі у віці 20 –30 років з пошкодженням передньої хрестоподібної зв'язки коліна).

3.2.1.2 Сегментна антропометрія

Для аналізу локомоторної активності необхідно знати форму, розміри, конфігурацію і взаємне розташування частин тіла у обстежуваного в стандартній позі (система відліку для стандартної пози, СВСП). При сегментній антропометрії ці дані розбиваються на п'ять груп.

1. Конфігурація зчленувань. Тут мається на увазі взаємне розташування сегментів в моделі, що показує, які саме сегменти і зв'язки між ними аналізуватимуться. В ідеальній системі користувач повинен мати нагоду вибирати будь-яку модель тіла обстежуваного на свій розсуд. Для досліджень локомоторної активності нижніх кінцівок застосовується семисегментна модель, що включає тулуб з головою і руками, два стегна, дві гомілки, дві ступні, сполучені двома стегновими, двома колінними і двома гомілковостопними суглобами. В докладніші моделі необхідно включати окремі сегменти для передньої і задньої частин стоп.

2. Інерційні властивості сегментів. Для визначення інерційних властивостей (маси, центру мас і моменту інерції) сегментів живого організму було запропоновано декілька підходів. При використуванні, наприклад, фотограмметричної методики застосовуються дві ортогональні проекції кожного сегменту. При цьому всі крайні крапки і контури кожного модельованого сегменту оцифровують вручну або за допомогою відеоапаратури, повертають сегмент щодо проксимальної кінцевої крапки до прийняття вертикального положення, а потім математично розбивають його на 50 зон однакової товщини. За допомогою описаних таким чином контурів визначають радіус кожної зони і по стандартних формулах – їх об'єми і центри тяжкості. Далі по вже наявним даним про густину сегментів розраховують їх інерційні властивості. Потім ці дані, одержані для вертикального розташування, перераховують для стандартної пози (рис. 3.2 рис. 3.3).

3. Розташування суглобів. За допомогою описаної вище фотограмметричної процедури знаходять тривимірне розташування центрів суглобів для стандартної пози обстежуваного.

4. Розташування маркерів. Тривимірне розташування маркерів, укріплених на сегментах, розраховують так само, як і розташування суглобів. Ці дані використовуються для вимірювання кінематичних показників моделі зчленувань.

5. Моделювання структури сегментів. Для того, щоб за допомогою аналізу локомоції розрахувати м'язові сили, необхідно знати напрями дій м'язів, відповідні їх фізичному розташуванню в організмі. Звичайно для цього використовують набір тривимірних крапок (до 6), фіксованих поблизу скелетних м'язів (в СВСП). За допомогою цих даних одержують значення плечей сил, довжин м'язів і швидкостей їх скорочення. Необхідні також дані про розміри, форму і структуру (довжин волокон і сухожиль, напрями волокон, вазі м'язів, площі поперечного перетину сухожиль і складу волокон) модельованих м'язів. Ці дані звичайно одержують із стандартних джерел, заснованих на анатомічних дослідженнях. Деяку

корисну інформацію можна одержати і прижиттєво за допомогою таких методик, як комп'ютерна томографія або ЯМР.

3.2.1.3 Контакт стопи з опорою

Для усереднювання даних про локомоторну активність при декількох крокувальних рухах необхідно спиратися на деякі конкретні моменти крокувального циклу. Звичайно з цією метою використовують послідовність контактів ділянок стоп з опорою, а за тривалість крокувального циклу приймають час між двома дотиками до поверхні правої п'яти. Для усереднювання даних по локомоції можна також використовувати деякі моменти усередині крокувального циклу; для цього застосовують сенсори, укріплені на п'яті, зведенні і великому пальці стопи. Оскільки дані про контакт стопи з опорою поступають у вигляді оцифрованих значень напруг з різними часовими характеристиками, програми пишуться і виконуються так, щоб розпізнавати ці рівні напруги. Отже, помилка у вимірюванні часу контакту складає до половини періоду оцифровки.

3.2.1.4 Переміщення маркерів

У системі аналізу рухів стежать за тривимірними переміщеннями маркерів, фіксованих на модельованих сегментах, при русі обстежуваного в просторі. За допомогою цих даних і сегментної антропометрії визначають кінематичні показники сегментів і суглобів.

3.2.1.5 Зовнішні сили і точки їх прикладення.

За допомогою динамометричної платформи і пов'язаних з нею електронних блоків одержують сигнали напруги, пропорційні силам, прикладеним до опори в напрямках вперед–назад, вгору–вниз і управо–вліво (F_x, F_y, F_z) , точки прикладення сил (x, a, y, ciz) і момент обертання щодо вертикальної осі. Ці сигнали оцифровуються за допомогою АЦП, синхронізуються за часом з даними контакту

стопи з опорою, кінематики сегменту і електроміограми і використовуються для визначення моментів сил і сил при русі суглобів, потужностних показників руху суглобів і скорочення м'язів і м'язових зусиль.

3.2.1.6 Електроміографія

За допомогою електроміографії одержують необроблену, випрямлену, пропущену через низькочастотні фільтри або інтегровану електроміографічну інформацію від досліджуваних м'язів. Ці дані використовуються або при аналізі м'язових зусиль, або для того, щоб перевірити одержані на моделі результати, або як вхідні параметри моделі.

3.2.2 Вихідні дані

При лабораторних дослідженнях локомоції за допомогою різних методів обробки даних можна одержати різноманітну інформацію в цифровому або графічному вигляді. Вся ця інформація включає наступні сім основних груп.

3.2.2.1 Часові характеристики

Часові показники локомоторного циклу – момент зіткнення п'яти, зведення стопи або великого пальця з поверхнею –можна одержати методом реєстрації контакту стопи з опорою. По цих показниках легко розрахувати середній період крокувального циклу і його стандартне відхилення, час фаз опори і перенесення, характерні моменти контакту стопи з поверхнею і т.д. Крім того, визначивши моменти послідовних зіткнень правої п'яти з опорою, можна привести крокувальний період до 100% і виділити 51 тимчасову градацію для цього періоду (від 0 до 100% через кожні 2%). Після цього можна обробляти будь-які вихідні дані, одержані при дослідженні локомоції, за допомогою алгоритмів інтерполяцій, з тим щоб розрахувати необхідні параметри в характерний момент часу і потім видати їх в числовому або графічному вигляді.

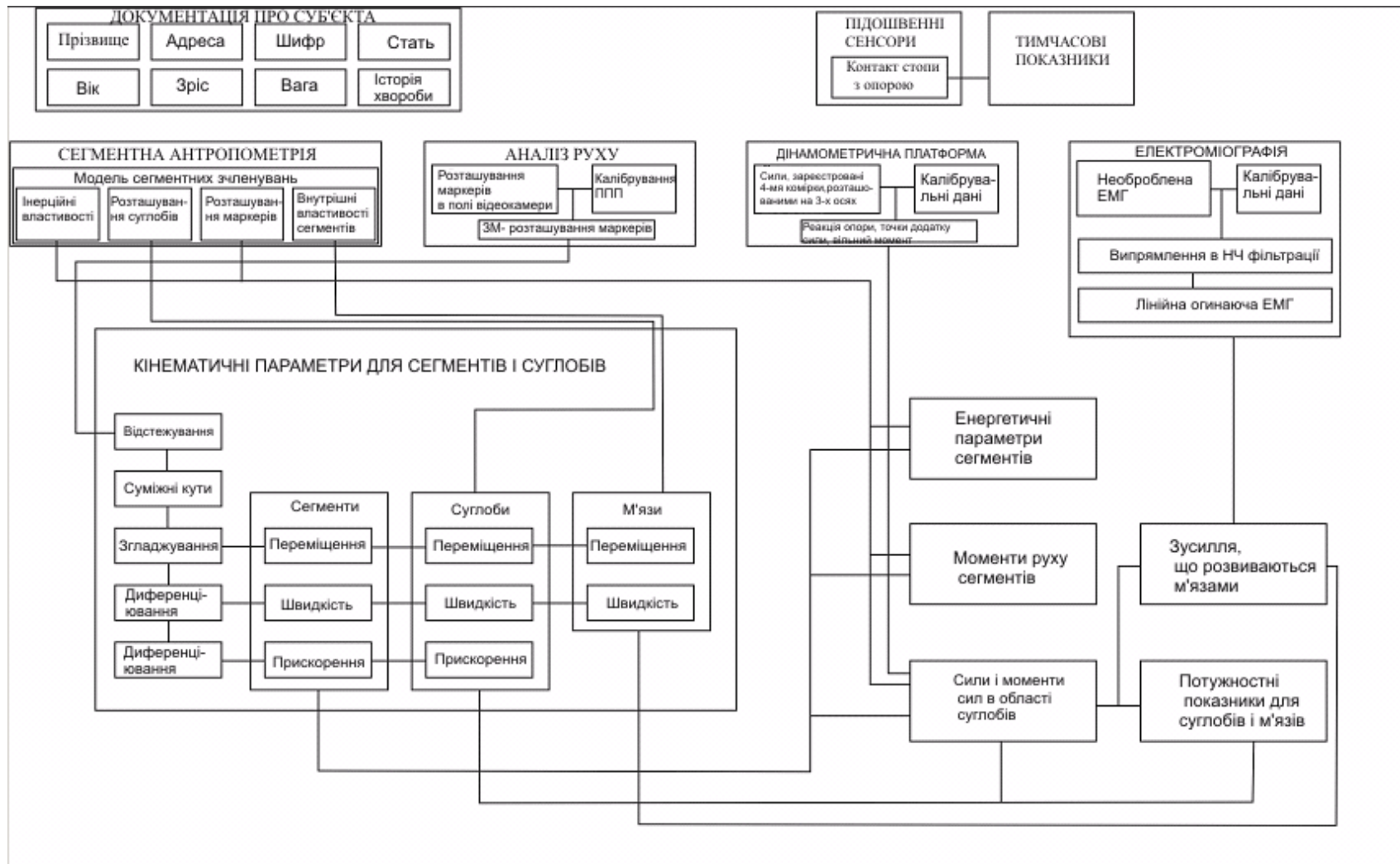


Рисунок 3.2 - Взаємозв'язок між шістьма наборами вхідних даних і сімома наборами вхідних даних.

3.2.2.2 Кінематичні характеристики рухів сегментів і суглобів

За допомогою системи аналізу рухів реєструються зміни в часі тривимірного розташування маркерів, які фіксуються на сегментах в ході антропометричних вимірювань. Якщо є щонайменше три розташовані на різних прямих крапки на кожному сегменті як в рухомій (“анатомічній”), так і в нерухомій системах координат, то можна за допомогою трьох поступальних рухів і трьох поворотів перевести сегмент в кожний момент локомоторного циклу з рухомої в нерухому систему координат. Знаючи ж розташування сегменту в нерухомій системі координат, можна визначити параметри для моделювання структури цього сегменту (центри суглобів, напрямку дії сил ; для м'язів і сухожилів і центри мас), а потім розрахувати довжини м'язів і сухожилів і плечі сил щодо центру суглоба.

За допомогою всіх цих перетворень маємо функцію лінійних і кутових зсувів сегментів в часі. Далі ці дані піддаються двухступеневій обробці. Спочатку дані про кутові зсуви перетворюються так, щоб при зміні кута від 359 до 0° не було “провалів”. Безперервність цих даних досягається шляхом надбавки або віднімання 360° при проходженні суглобів через певні критичні крапки. На другому етапі з використанням стандартних “згладжуючих” процедур (апроксимація за допомогою поліномів, використання цифрових фільтрів Калмена або Баттерворта, гребінчастих фільтрів 3-го і 5-го порядків, пряме і зворотне перетворення Фур'є) придушують шум, характерний для даних лінійних або кутових зсувів. Далі згладжені безперервні ряди даних двічі диференціюють за допомогою методів кінцевого диференціювання 3-го або 5-го порядку або апроксимуючих рівнянь (полінома апроксимація, фільтрація за допомогою гребінчастих фільтрів, Фур'є перетворення). При цьому розраховуються лінійні або кутові швидкості або прискорення сегментів. Схожі процедури використовують для знаходження швидкостей

прискорень центрів суглобів, змін напряму сил в м'язах і сухожиллях і центрів мас.

3.2.2.3 Енергетика руху сегментів

Розрахувавши потенційну, а також лінійну і кутову кінетичну енергію руху сегменту і порівнявши її з відповідними метаболічними витратами, ми можемо судити про економічність рухів людини. Оскільки для цих розрахунків необхідні лише кінематичні параметри руху сегментів і відомості про їх інерційні властивості, а дані про силу взаємодії з опорою і електроміограми не потрібні, аналіз енергетичних витрат виявляється простішим і могутнішим інструментом дослідження, ніж аналіз зусиль, що розвиваються в області суглобів і м'язів, або визначення потужностних характеристик. Крім того, енергетичний підхід дозволяє розраховувати внутрішню енергію і досліджувати передачу енергії від одного сегменту іншому.

3.2.2.4 Моменти сил при рухах сегментів

Оцінка лінійних і кутових моментів сил модельованих сегментів і розрахунок локальних моментів і їх внеску в загальний момент сил організму є цінним методом для аналізу вільних рухів в повітрі (сальто, перекидів і т.п.).

3.2.2.5 Моменти сил і сили, діючі в області суглобів

Для того, щоб визначити моменти сил і сили, діючі в області суглобів при тих або інших рухах, необхідно знати для кожного сегменту вагу, тензор інерції, переміщення суглобів, переміщення центру ваги і прискорення. Всі ці параметри є вихідними даними сегментної антропометрії і кінематичного аналізу. Крім того,

необхідні також вхідні дані про зовнішні сили і точки їх прикладення. Якщо використовувати частину моделі зчленовувань, “відокремлену” в абиякому суглобі, то можна написати для сегменту рівняння руху, який залишився, в які входять сили і моменти сил. Далі, відповідно до принципів руху д'Аламбера можна прирівняти сили і моменти сил, направлені по осях x , y і z , гравітаційним, інерційним і зовнішнім силам. Це дозволяє одержати нормальні і тангенціальні сили в області суглобів.

3.2.2.6 Потужні показники рухів суглобів і скорочень м'язів

Після визначення кінематичних параметрів, сил і моментів сил в області суглобів можна оцінити пасивну швидкість перенесення енергії через центр суглоба, а також генерацію, поглинання і передачу енергії м'язами.

3.2.2.7 Зусилля, що розвиваються м'язами

Припустимо, що відомі анатомічне розташування і властивості м'язів, а також сили і моменти сил в області суглобів. В цьому випадку рішення задачі про те, які зусилля повинен розвивати кожний з модельованих м'язів для того, щоб здійснився той або інший рух, залишається непротим. Пов'язано це з тим, що опорно-рухова система багато в чому дубльована. Часто є більше м'язів, ніж це необхідно для відтворення будь-якого зареєстрованого руху, і класичні кінетичні рівняння не дозволяють набути єдині значення м'язових зусиль, що розвиваються при русі суглобів. Для того, щоб все ж таки знайти ці зусилля, можна використовувати чотири методи.

1. Метод спрощення. Невизначеність задачі знімають шляхом спрощення: окремі м'язи об'єднують у великі групи, а анатомічні структури роблять більш схемними.

2. Метод оптимізації. Створюють такий розподіл сил, при якому мінімізується один з параметрів – суммарне м'язове зусилля, напругу, потужність, енерговитрати або стомлюваність, або максимізується витривалість.

3. Фізіологічне моделювання. Для вирішення невизначеної задачі використовуються анатомічні, механічні, фізіологічні і неврологічні дані.

4. Використовування даних ЕМГ. В таких моделях як додаткова інформація для оцінки діючих сил використовуються дані про характер активації м'язів, з яких знімається ЕМГ.

3.3 Висновок

Необхідність використання комп'ютерів при реєстрації і аналізі даних в лабораторіях по вивченню локомоції краще всього можна проілюструвати на типовому прикладі вивчення ходи. Розглянемо модель тіла людини, що включає сім сегментів (таз, стегна, гомілки і стопи), на кожному з яких є по шість маркерів, шість суглобів (тазостегнові, колінні і гомілковостопні) і десять м'язів (праві клубово-поперекова, сідниця, напружувач широкої фасції стегна, що приводять м'язи стегна, широкі м'язи, прямий м'яз стегна, сухожилля, підколінні м'язи, литкова, камбалообразна і передня болипеберцова м'язи). Дані системи аналізу пересування, контакту стопи з опорою, зовнішніх сил і точок їх додатку, а також електроміографічна активність реєструються з частотою 50 Гц протягом 5 с. (тобто записується 250 кадрів). Вхідні і вихідні дані підсумовувані відповідно на рис. 3.1 і 3.2.

Ці таблиці служать хорошою ілюстрацією того, що для реєстрації, обробки і зберігання того об'єму інформації, який можна одержати навіть при одиничному дослідженні локомоції, необхідний комп'ютер. Якщо ж йдеться про декількох випробовуваних, кожний з яких обстежується кілька разів, то для порівняння різних людей і різних видів локомоторної активності необхідні логічні структури даних і ефективні алгоритми пошуку і вибірки з бази даних. Все це в майбутньому стане невід'ємною складовою частиною комп'ютерних систем для лабораторного дослідження локомоції.

Огляд та порівняльна характеристика бездротових мереж

Бездротова мережа представляє собою такий вид комп'ютерної мережі, що базується на бездротовому з'єднанні для передавання даних та під'єднання до вузлів мережі. Тобто, це технологія зв'язку та передачі даних, що не використовує дроти або електричні провідники. Відстань передачі даних може різнитися та варіювати від декількох метрів (наприклад, дистанційне управління телевізором) до сотень тисяч або мільйонів кілометрів (наприклад, для телекомунікацій).

Основними типами бездротових технологій є: радіохвилі, Bluetooth, Wi-Fi, інфрачервоне випромінювання, GSM/GPRS/CDMA, лазерне або оптичне випромінювання.

Бездротові технології дозволяють організувати функціонування мобільного зв'язку, навігаційних систем, супутникового телебачення, бездротових периферійних пристроїв (комп'ютерні миші, клавіатури, тощо), а також різноманітних бездротових мереж.

Класифікація бездротових технологій виконується за різними критеріями. За дальністю дії (рис. 1) бездротові технології поділяються на:

– WPAN (Wireless Personal Area Networks) – це так звані бездротові персональні мережі, наприклад – Bluetooth;

– WLAN (Wireless Local Area Networks) – це так звані бездротові локальні мережі, наприклад – Wi-Fi;

– WMAN (Wireless Metropolitan Area Networks) – це так звані бездротові мережі масштабу міста, наприклад – WiMAX;

– WWAN (Wireless Wide Area Network) – це так звані бездротові глобальні мережі, наприклад – LTE Advanced.

За топологією бездротові технології ділять на:

– «точка-точка»;

– «точка-багатоточка».

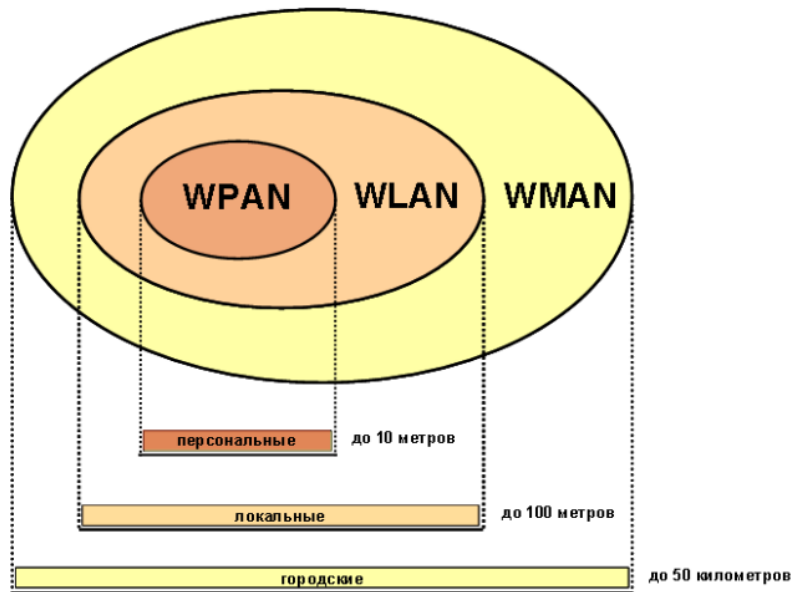


Рисунок 1 - Класифікація бездротових мереж за дальністю дії

За сферами використання бездротові технології бувають: створювані компаніями для власних потреб (корпоративні); такі, що створюються операторами зв'язку для надання послуг (операторські бездротові мережі).

Крім того, бездротові мережі можна розділити на три типи в залежності від технології, що використовується:

- локальні обчислювальні мережі;
- розширені локальні обчислювальні мережі;
- мобільні мережі (переносні комп'ютери).

Ці типи мереж відрізняються параметрами передачі. Локальні і розширені локальні обчислювальні мережі використовують передавачі і приймачі, що належать тій організації, в якій функціонує мережа. Загальнодоступні мережі, зокрема, телефонна мережа або Інтернет служать середовищем передачі для переносних комп'ютерів.

На рисунку 2 наведено протоколи бездротових мереж, а у таблиці 1 - порівняння характеристик декількох популярних протоколів.

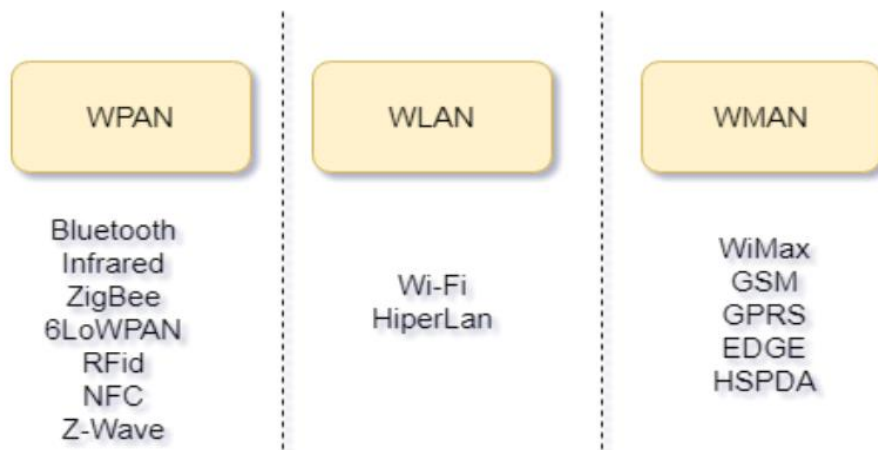


Рисунок 2 – Типи та протоколи бездротових технологій

Таблиця 1 – Порівняння популярних протоколів

Характеристика	Wi-Fi IEEE 802.11b	Bluetooth	ZigBee
Автономний час	Години	Дні	Роки
Складність	Дуже складний	Складний	Простий
Кількість підключень	32	7	64000
Затримка	До 3 секунд	До 10 секунд	До 30 мілісекунд
Зона покриття, м	100 -1000	10	70 - 300 (ETSI), 1600 (FCC)
Можливість розширення	Можливий роумінг	Ні	Так
Швидкість передачі даних	11 Мб/с	1 Мб/с	250 Кб/с
Безпека	Сервіс авторизації ID (SSID)	64-bit, 128-bit	128-bit AES і визначення користувача на рівні застосунку

Особливості реалізації Wi-Fi технології

Як показано на рисунку 2, Wi-Fi технологія відноситься до WLAN мереж.

Бездротові локальні мережі (WLAN, IEEE 802.11) використовуються для бездротового з'єднання персональних комп'ютерів та пристроїв. Основними перевагами WLAN є поширеність технологій, значна область покриття та висока швидкість передачі даних. Пристрої WLAN від різних виробників відрізняються за ціною і технічними характеристиками.

Список переваг WLAN може бути представлений таким чином:

- зручність для адміністраторів і користувачів, оскільки просте і недороге налаштування бездротової мережі дозволяє користувачам обмінюватися інформацією, перебуваючи в зоні покриття;
- територію, на якій діє сигнал, можна розширювати за рахунок установки додаткових роутерів (маршрутизаторів, точок доступу) і антен;
- фізичні перешкоди не заважають поширенню радіохвиль, тому користувачі отримують доступ в Інтернет, перебуваючи в русі, на різних поверхах або в інших будівлях;
- технологія WLAN дозволяє позбутися від великої кількості дротів в приміщенні;
- швидкість передачі даних може перевищувати 100 Мбіт/с (залежить від моделі роутера), а радіус області покриття може складати 150 м без урахування додаткових точок доступу;
- швидкість з'єднання для всіх користувачів однакова;

Wi-Fi (Wireless Fidelity) – це стандарт на обладнання Wireless LAN, розроблений консорціумом Wi-Fi Alliance. Вимоги до Wi-Fi обладнання описані в наборі стандартів IEEE 802.11.

З випуском кожного нового стандарту, до 802.11 додавалася літера, наприклад, 802.11a/b/n і т.д. На сьогоднішній день налічується кілька десятків різнови-

дів стандартів Wi-Fi. Не всі стандарти були спрямовані на збільшення швидкості передачі даних, деякі з них стосуються питань безпеки (наприклад, 802.11i), інші включали опис роботи роумінгу (802.11r), тощо.

Основні стандарти наступні.

- IEEE 802.11 - визначає набір протоколів для найнижчих швидкостей передачі даних і є базовим стандартом WLAN.
- IEEE 802.11a - протокол не сумісний з 802.11b і несе в собі більш високі швидкості передачі ніж 11b. Використовує частотні канали в діапазоні 5GHz. Максимальна пропускна здатність до 54 Мбіт / с.
- IEEE 802.11b - стандарт використовує більш швидкі швидкості передачі і вводить більше технологічних обмежень. Використовує частотні канали в діапазоні 2.4GHz. Максимальна пропускна здатність до 11Мбіт / с.
- IEEE 802.11g - стандарт використовує швидкості передачі даних еквівалентні 11a. Використовуються частотні канали в діапазоні 2.4GHz. Протокол сумісний з 11b. Максимальна пропускна здатність до 54 Мбіт / с.
- IEEE 802.11n - на даний момент це самий передовий комерційний Wi-Fi стандарт, який використовує частотні канали в спектрах 2.4GHz і 5GHz. Сумісний з 11b/11a/11g. Максимальна пропускна здатність до 300 Мбітс. Технологія передбачає наявність точки доступу / маршрутизатора Wi-Fi (стандарти 802.11a / b / g / n), яка забезпечує стабільний доступ до мережі з деякої області радіусом до 45 метрів в приміщенні і 90 метрів на відкритому просторі (радіус дії залежить від багатьох умов і в вашому випадком може змінюватися).

Не всі перераховані стандарти Wi-Fi служать для організації бездротових локальних мереж як наприклад роутери, що працюють в діапазонах 2.4 і 5 ГГц

(стандарти 802.11 a / b / g / n / ac). Такі стандарти як 802.11ad і 802.11ay спочатку планувалося випустити для передачі даних на невеликі відстані - від 1 до 10 метрів - і, в перспективі, використовувати їх для організації високошвидкісних інтерфейсів передачі даних, наприклад для підключення моніторів до ПК і передачі зображення в форматі 8K . Однак, в результаті розвитку 5G-мереж і переходом в діапазон до 100 ГГц, пристрої з підтримкою 802.11ad стали застосовуватися для організації радіодоступу поза приміщеннями (але для таких частот повинні бути забезпечені умови прямої видимості). Таким чином, у Wi-Fi велике майбутнє, яке дозволить використовувати дану технологію в абсолютно різних застосунках. Безсумнівно, дана технологія знайде своє місце як в 5G-мережах, IoT-рішеннях, так і в VR-застосунках.

Тим не менш існує ряд недоліків Wi-Fi.

Правовий аспект. У різних країнах по різному підходять до використання частотного діапазону і параметрам передавачів/приймачів бездротового сигналу стандартів IEEE 802.11. В одних країнах, наприклад, потрібна реєстрація всіх Wi-Fi мереж, що працюють поза приміщеннями. В інших накладається обмеження на використовувані частоти або потужність передавача. У країнах СНД використання Wi-Fi без дозволу на використання частот від Державної комісії з радіочастот (ГКРЧ) можливо для організації мережі всередині будинків, закритих складських приміщень і виробничих територій. Якщо ви хочете зв'язати радіоканалом два сусідніх будинки, рекомендується звернутися до вищезазначеного наглядовий орган.

Стабільність зв'язку. Стандартні домашні Wi-Fi маршрутизатори поширених стандартів 802.11b або 802.11g мають радіус дії близько 40-50 метрів в приміщенні і до 90 метрів зовні. Деякі електронні пристрої (мікрохвильовка), погодні явища (дощ) послаблюють рівень сигналу. Також відстань залежить від робочої частоти і інших чинників. Більш детально дізнатися про фактори, які впливають на бездротовий зв'язок Wi-Fi ви можете тут.

Перехресні перешкоди. При великій щільності пунктів доступу можуть виникнути проблеми доступу до відкритої точки доступу при наявності поруч хот-спота, що працює на тому ж або сусідньому каналі і використовує шифрування.

Фактори виробництва. На жаль, виробники не завжди чітко дотримуються стандартів, тому деякі пристрої можуть працювати нестабільно або на менших швидкостях.

Енергоспоживання. Досить високе споживання енергії, що зменшує час життя батарей і підвищує температуру пристрою.

Безпека. Стандарт шифрування WEP, як і раніше залишається одним з популярних і відносно легко зламувати, а більш досконалий протокол WPA, на жаль, не підтримують багато старих точки доступу. Більш надійним і досконалим на сьогодні вважається протокол WPA2.

Обмежена функціональність. При передачі невеликих пакетів даних до них приєднується велика кількість службової інформації, що впливає на якість зв'язку. Тому Wi-Fi не рекомендується використовувати для роботи в IP-телефонії, що використовує протокол RTP: якість зв'язку не гарантована.

Установка Wireless LAN рекомендується там, де розгортання кабельної системи є неможливим або економічно недоцільним. У багатьох організаціях використовується Wi-Fi, оскільки при певних умовах швидкість роботи мережі вже перевищує 100 Мбіт/сек. Користувачі можуть переміщатися між точками доступу по території покриття мережі Wi-Fi. При цьому, при зміні точок доступу зазвичай відбувається короткочасний розрив зв'язку, за винятком використання обладнання Cisco.

Невелика ширина використовуваного спектра частот, відсутність можливостей роумінгу і авторизації не дозволяють Wi-Fi пристроям потіснити на ринку стільниковий мобільний зв'язок.

Проте, деякі компанії пропонують рішення по організації Wi-Fi телефонії.

Особливості використання RTLS систем у медичній галузі

В даний час технології RFID (Radio Frequency IDentification) та RTLS (Real Time Location System) широко використовуються в установах надання первинної медичної допомоги, науково-дослідних лабораторіях та інших закладах.

RTLS - система визначення поточного місця розташування об'єктів в заданому просторі в реальному часі. За допомогою RTLS можна не тільки оперативно визначити місце розташування, а й побачити траєкторію руху об'єкта на карті, контролювати його стан (знаходження в певній зоні), а також зберігати історію його переміщень.

Координати місця знаходження визначаються за допомогою мітки, яка кріпиться до кожного спостережуваного об'єкту. Залежно від того, який тип сигналу посилають ці мітки можна реалізувати різні типи RTLS систем:

- акустична (ультразвук);
- електромагнітна (інфрачервоневипромінювання);
- UWB - Ultra-Wide Band (радіочастотна, широкосмугова);
- Narrowband (радіочастотна, вузькосмуговий сигнал);
- Wi-Fi (RSSI - Received Signal Strength Indicator);
- Wi-Fi (ToA - Time-of-Arrival).

Система локалізації об'єктів в режимі реального часу RTLS найбільш широке застосування має в сфері охорони здоров'я (лікарня, клініка, лабораторія, медичний центр), оскільки здатна ефективно вирішувати такі завдання:

- контроль за пересуванням пацієнта, можливість використання "тривожної кнопки",
- температурний контроль в приміщеннях, закритих боксах, холодильниках, де зберігаються вакцини, мед. аналізи, які швидко псуються матеріали,

- швидкий пошук мед. персонала;
- моніторинг місцезнаходження обладнання;
- управління запасами і контроль видаткових матеріалів і (мед. інструменти і препарати);
- контроль доступу до мед. препаратів;
- автоматизація відстеження аналізів в мед. лабораторіях;
- обмеження доступу в спеціальні зони (наприклад, процедурна, операційна);
- підвищення рівня безпеки для пацієнтів і персоналу;
- підвищення якості догляду та обслуговування пацієнтів (контроль за гігієною рук персоналу).

Система RTLS характеризується великою гнучкістю і широкими можливостями, її можна адаптувати практично під будь-які завдання в найкоротші терміни і з мінімальними вкладеннями.

Вибір конкретної RTLS технології безпосередньо залежить від цілей і умов. Багато років лікарні і госпіталі шукали рішення для точного визначення місця розташування (трекінгу) пацієнтів, персоналу та обладнання всередині приміщень. Унікальність операційної діяльності госпіталів полягає в тому, що тут люди, пристрої, медичне обладнання постійно пересуваються. Лікарні можуть витратити великі кошти для пошуку місцезнаходження обладнання, заміщення такого, а також на непродуктивні завдання персоналу типу «пошуку і збору» того, що втрачено. Все це є витратами і проблемами, яких лікарням не уникнути. Для вирішення цих завдань медицина звернулася до технології RTLS (Real Time Location System) – визначення місця розташування об'єктів в реальному часі.

Можливість управління медичними пристроями. Більша кількість цінного обладнання в госпіталі є мобільною (може бути легко переміщено або взагалі на колесах). Простий підхід до вирішення описаної проблеми пошуку обладнання

полягає в тому, щоб мати систему, яка знає місцезнаходження всього обладнання в будь-який момент часу незалежно від його розташування. Використовуючи мережу стандарту Wi-Fi з RTLS можливо мати рішення для трекінгу обладнання та візуалізації його положення через веб-браузер, навіть коли обладнання знаходиться за зачиненими дверима. Це дозволяє істотно знизити витрати, а також зменшити час персоналу на пошук, оскільки всі пристрої завжди «видимі».

Контроль потоку пацієнтів. Інформація про знаходження та статус клінічного персоналу, пацієнтів, кімнат і клінічного обладнання є дуже важливою для обслуговування пацієнтів, а також для підтримки операційної діяльності установи. Рішення RTLS на базі технологій стандарту Wi-Fi 802.11 допомагають покращувати ефективність і якість обслуговування пацієнтів. Тут можна навести такі приклади реалізації:

- автоматизована індикація статусу прибирання приміщень;
- аналіз часу очікування пацієнтів;
- оповіщення / інформація про втрачене обладнання в конкретному місці.

Безпека пацієнтів і персоналу може бути забезпечена за допомогою цієї технології. Застосування Wi-Fi RTLS може легко знизити кількість інцидентів і підняти рівень спокою персоналу клініки. Багато пацієнтів, включаючи пацієнтів психіатрії, пацієнтів з травмами та літніх пацієнтів можуть завдати собі шкоди, якщо будуть вставати з лікарняного ліжка і ходити.

Постійний трекінг будь-яких «блукаючих» пацієнтів нерідко може ставати системним механізмом створення відмінності між життям і смертю таких хворих.

Дане рішення формується шляхом більш широкого використання існуючої мережі стандарту Wi-Fi для реалізації Wi-Fi RTLS, щоб визначити місцезнаходження всіх пацієнтів, які мають активні мітки RFID в будь-який час, будь-де всередині зони покриття мережі. Якщо пацієнт знаходиться в його кімнаті, на поверсі

і т.п., RTLS виявить його місце розташування. Якщо пацієнт пішов до пожежного виходу, Wi-Fi RTLS сповістить персонал і службу безпеки про таку подію.

Підтримка працездатності обладнання може бути також реалізована у медицині. Технічний/інженерний персонал лікарень щодня стикається з різними завданнями, такими як, наприклад, превентивне техобслуговування, налагодження обладнання і т.п.

«Ручний» режим пошуку обладнання по всьому госпіталю або лікарні є величезною трудомісткою операцією. Тим більше, що часто превентивне технічне обслуговування регулюється спеціальними державними органами, які виконують періодичний аудит лікарняних записів обслуговування обладнання і медичних систем.

Технологія стандарту Wi-Fi RTLS допомагає поліпшити відповідність нормам регуляторики шляхом значного прискорення і спрощення обов'язкового процесу техобслуговування медичного обладнання. Це також збільшує ефективність і продуктивність роботи медичного інженерного персоналу. Також технологія в цілому дозволяє підняти рівень безпеки (перш за все в частині підтримки здоров'я) і якість обслуговування пацієнтів шляхом нормалізації і збільшення ефективності процесу технічних робіт на медичному обладнанні.

Температурний моніторинг можна впровадити для використання у контролі за станом ряду показників. Обов'язковою вимогою в лікарнях є постійна підтримка необхідних температурних умов для зберігання препаратів, вакцин, крові, органів, продуктів харчування і т.п. Це вкрай важливо для забезпечення безпеки пацієнтів і підтримки необхідного рівня якості обслуговування. Моніторинг холодильників і морозильників в госпіталях сьогодні зазвичай підтримується шляхом вкрай неефективного процесу щоденного ручного знімання показників з датчиків температури.

Wi-Fi RTLS може простим і зрозумілим способом знімати температурні показники, використовуючи спеціалізовані активні мітки RFID, які можуть збирати і

передавати дані в мережі пристроєм. Повідомлення можуть надсилатися на різні пристрої, включаючи детальні звіти про температуру, порушення умов і т.п. Ця інформація може зберігатися для збору і аналізу статистики про довгострокові тенденції і т.п., а також надання документації для внутрішнього або регуляторного аудиту.

Шляхом використання технології RTLS стандарту Wi-Fi лікарні і госпіталі можуть вирішити багато проблем, з якими вони стикаються щодня. RTLS не є унікальною, але це вкрай корисна технологія, яка використовує Wi-Fi мережі, що істотно підвищує ефективність роботи медичних установ.

Недоліком є те, що для високої точності визначення місця розташування необхідно, щоб мережа Wi-Fi мала хорошу щільність покриття території, де планується розгорнути систему, а також достатній рівень потужності сигналу.

Особливості використання RFID систем у медичній галузі

RFID, або радіочастотна ідентифікація – це засіб зберігання і отримання даних на основі електромагнітної передачі за допомогою пристрою, сумісного з радіочастотами в діапазоні від 100 КГц до 960 МГц. Ця технологія здатна ідентифікувати сотні помічених предметів в секунду за допомогою бездротової передачі інформації.

В даний час RFID використовується для: забезпечення простежуваності, зв'язку; ідентифікації та визначення місця розташування людей; обладнання та пристроїв в режимі реального часу. Крім того, лікарні шукають альтернативні шляхи для управління медичними пристроями, лікарняними активами і ліками; підвищення ефективності диспетчерської служби; зниження кількості помилок при адмініструванні; перевірки автентичності витратних матеріалів і контролю рівня запасів.

Це дозволяє:

- зменшити кількість підробок;
- заощадити час на визначення місцезнаходження пристроїв;
- визначити недостатнє або надмірне використання пристроїв;
- зменшити кількість медичних помилок при лабораторних випробуваннях;
- забезпечити дотримання належних методів стерилізації;
- керувати продуктами банку крові з більшою точністю.

Використання RFID дозволяє підвищити рівень комфорту і безпечного лікування пацієнтів. Інформація про пацієнта, а саме діагноз, група крові, дані про алергію, призначені ліки, можуть записуватися безпосередньо в мітки або в базу даних, доступ до якої здійснюється на основі ідентифікаційного номеру мітки, або так званого ключа. Впровадження такої бази даних дозволяє зменшити кількість проблем через незрозумілий почерк, пошук інформації, що потребує багато часу, а також втрату медичної документації.

Наприклад, RFID-браслети використовують в пологових відділеннях для встановлення чіткої відповідності новонародженого та його матері. RFID-браслети дають можливість швидкого пошуку лікаря (на термінову операцію) або пацієнта, який пішов зі своєї палати але має перебувати під постійним наглядом медичного персоналу (наприклад, страждає хворобою Альцгеймера). Компанії Siemens AG та Schweizer electronic розробили чіп RFID з вбудованим датчиком температури, який можна піддавати впливу високих температур, тиску та прискорення. Його можна використовувати в банках крові. На сьогоднішній день до проєкту долучилася компанія виробник пакетів для зберігання крові MascoPharma. Крім того, вже проводяться випробування системи на базі цього чіпа на базі банку крові Університетського госпіталю Граца.

Організація Mesh-мережі

Системи Mesh Wi-Fi складаються з основного маршрутизатора, який підключається безпосередньо до модему, а також серії модулів або вузлів, розміщених навколо будівлі для повного покриття Wi-Fi. Всі вони є частиною єдиної бездротової мережі та мають однаковий SSID та пароль, на відміну від традиційних маршрутизаторів Wi-Fi.

Це мережа спеціалізованого обладнання, яке також утворює мережу з декількох пристроїв, створюючи суцільне покриття Wi-Fi сигналу. Великим плюсом є те, що для підключення кожного нового пристрою немає необхідності тягти кабель – вони зв'язуються за окремим передавачем, створюючи свою мережу, через яку передаються дані. В подальшому ці дані передаються на звичайний Wi-Fi адаптер, досягаючи користувача. Але є і недоліки, наприклад, ціна. Вартість головного маршрутизатора в рази перевищує вартість звичайного роутера, а вартість додаткового адаптера також істотна. На рисунку 3 зображено схему системи Mesh.



Рисунок 3 – Схема системи Mesh

На відміну від звичайної Wi-Fi системи, яка складається з роутера та декількох репітерів, Mesh система забезпечує повну швидкість передачі даних через мо-

дульне з'єднання без втрати швидкості. Також Mesh система забезпечує більшу стабільність роботи через створення «безшовної» системи через те, що при використанні роутеру і репітерів все одно необхідно розривати зв'язок та встановлювати новий з новим пристроєм. На рисунку 4 зображено схеми з'єднання різних типів систем. Рисунок 5 ілюструє різницю в зоні покриття з використанням звичайного Wi-Fi та використанням Wi-Fi Mesh.

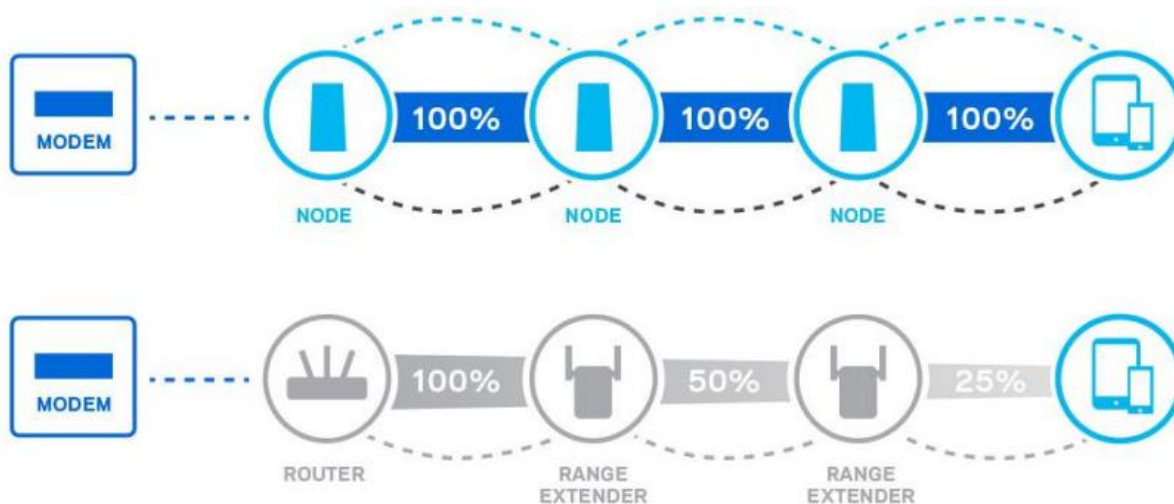


Рисунок 4 – З'єднання Mesh системи та звичайної Wi-Fi мережі



Рисунок 5 – Зони покриття Mesh мережі та звичайної Wi-Fi мережі

Таким чином, основні переваги Mesh мережі у порівнянні з роутерами:

- великий радіус покриття та безшовна бездротова мережа;
- простота розширення Wi-Fi мережі за рахунок установки додаткових модулів;
- просте налаштування.

Основним недоліком у порівнянні з роутерами є ціна. Вартість встановлення такої системи може в декілька разів перевищувати вартість встановлення стандартної Wi-Fi системи для тієї ж площі.

Як показали дослідження, технологія Wi-Fi за радіусом покриття, швидкістю передачі даних, а також існуючими можливостями реалізації може з успіхом використовуватися в медичних закладах для створення інфраструктури інформаційної системи. Переваги Mesh-системи, зокрема великий радіус покриття та безшовний роумінг мережі, обумовлюють актуальність її застосування.