

Висновки

Розглянутий приклад належить до найпростіших. Симулятор NS-2 має дуже велику кількість компонент, що дозволяють моделювати як мережі з дротовим так і бездротовим доступом, включаючи стандарти 802.11, а також сенсорні та спеціалізовані бездротові мережі. NS-2 дозволяє моделювати мережі із набагато складнішою топологією та написання власних компонент для мереж різних типів [5]. NS-2 є дуже потужним інструментом для моделювання комп'ютерних мереж.

Водночас NS-2 досяг свого піку розвитку і вся увага науковців та розробників зараз зосереджена на симуляторі NS-3, який містить багато імпортованих з NS-2 моделей і завдяки архітектурним змінам обіцяє стати засобом для моделювання з набагато більшою функціональністю та гнучкістю.

1. М.Ю. Зеляновський, О.В. Тимченко. Інтелектуальна система для бездротових спеціалізованих сенсорних та мереж персонального радіусу дії: програмно-апаратна платформа вузла бездротової мережі // Моделювання та інформаційні технології. 35. наук. пр. ІПМЕ НАН України. – Вип.49. – К.: 2008. – С. 185-193.
2. <http://www.isi.edu/nsnam/ns/tutorial/>
3. <http://www.nsnam.org/docs/ns-3-overview.ppt>
4. Тимченко О.В., Зеляновський М.Ю. Методи і протоколи обміну даними сенсорних мереж // 35. наук. пр. ІПМЕ НАН України. – Вип.46. – К.: 2008. – С. 176-183.
5. Introduction to Network Simulator NS2, Issariyakul, Teerawat, Hossain, Ekram, 2009, X, 400 p. 74 illus., Hardcover, ISBN: 978-0-387-71759-3.

Поступила 29.01.2009р.

УДК 621.3

Р.С.Колодій¹⁾, к.т.н., доцент, О.В. Тимченко¹⁾²⁾, д.т.н., професор

ВИКОРИСТАННЯ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖ ДЛЯ МОБІЛЬНОГО МОНІТОРИНГУ ЕКГ

Вступ

В останній час у світі розробляються багато проектів для моніторингу стану пацієнтів в реальному масштабі часу, наприклад, проект UbiMon (*Ubiquitous Monitoring Environment for Wearable and Implantable Sensors*),

¹⁾ Національний університет „Львівська політехніка”, Інститут телекомунікацій, радіоелектроніки та електронної техніки, каф. Телекомунікацій, вул.С.Бандери, 12, 79013, Львів, Україна

²⁾ Akademia Humanistyczno-Ekonomiczna, Łódź, Poland
210 © Р.С.Колодій, О.В. Тимченко

метою якого є неперервна та ненав'язуюча контролююча система для пацієнтів, щоб відслідковувати перехідні, проте життєво важливі зміни в організмі пацієнта. Проект CodeBlue досліджує застосування безпроводних сенсорних мереж для використання їх в медицині, включаючи доклінічне та клінічне обстеження пацієнта, та інші. Більшість з існуючих систем працюють на основі двох основних факторів [1, 2]:

- 1) надійна безпроводна мережа певного стандарту;
- 2) сумісність з системами розумного дому.

Всі стандарти моніторингу повинні бути добре захищені від стороннього втручання та працювати на низькій потужності. Стандарти для бездротових додатків, такі як Bluetooth та IEEE 802.11 забезпечують великі швидкості передачі, проте вимагають відповідно високих енергоспоживань, є складними в реалізації та дуже дорогими. Тоді як сенсори стандарту ZigBee здатні працювати на низьких потужностях та бути активними менше ніж 1 % часу. Новий вузол такої мережі здатний приєднатися до мережі за 30 мс. Сплячий вузол виходить на зв'язок вже за 15 мс. Всі ці характеристики відповідають вимогам сенсорів для різних медичних додатків, наприклад, датчик вимірювання тиску крові в людини може виходити на зв'язок раз в годину. Проте найбільш актуальним є вимірювання ЕКГ (електрокардіограма) у пацієнтів, тому що стаціонарне проведення цієї процедури обмежує мобільність пацієнтів. А при застосуванні датчика на тілі пацієнта він зможе вільно пересуватися по території санаторію, або ж перебувати у власному домі, тоді як його дані ЕКГ будуть періодично передаватись на центральний вузол (сервер) де можуть бути переглянуті черговим або лікуючим лікарем.

Тому розробка мобільних, зокрема сенсорних мереж контролю стану пацієнтів, наприклад їх ЕКГ, є актуальним завданням.

Характеристики. Електрокардіограма - це перш за все інструмент для оцінки електричних подій в межах серця. Потенціали серцевих м'язів можна розглядати, як джерела напруги, що примушують рухатися кров по тілу людини. Ці потенціали можуть бути виміряні за допомогою електродів на тілі людини. Рис. 1 зображує типову ЕКГ, коли електроди розміщені на правій руці та лівій нозі пацієнта.

Перше виявлення хвилі Р відноситься до деполяризації серцевих м'язів. В нормальному стані Р хвиля має різні форми від плоскої до гострої хвилі з амплітудою від 0 до 0,3 мВ. Інтервал P-R, є продовженням початку хвилі Р до першого компоненту комплексу QRS. Наступним проявом є комплекс QRS, що відповідає за деполяризацію шлуночків серця. Фінальним виявленням є хвиля Т, яка є результатом реполяризації шлуночків. Реполяризація серцевих м'язів переважно не відображається на ЕКГ, оскільки співпадає по часі з QRS комплексом.

Приклад нормальної роботи ЕСГ

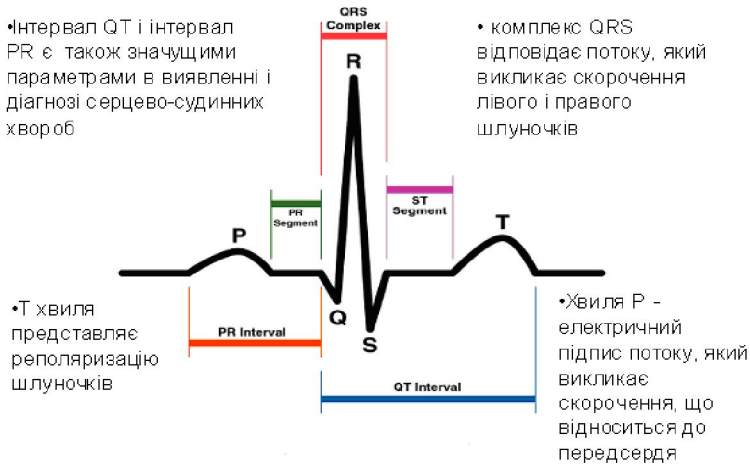


Рис.1. Типова ЕКГ людини

Алгоритм мобільної передачі ЕКГ

Більшість платформ для вимірювання ЕКГ функціонують такими двома різними способами. В першому режимі вимірюється та на місці аналізується мінливість ЕКГ. Якщо якась аритмія серця виявлена, то сигнал тривоги передається на центральний пункт моніторингу за допомогою ZigBee мережі. В другому режимі кардіограма знімається та безпосередньо передається на центральний пункт, котрий і приймає рішення про певні відхилення в здоров'ї пацієнта. ZigBee протокол не підтримує сегментації та реасемблювання даних. Тому всі ці процедури опрацювання ЕКГ виконуються на прикладному рівні системи OSI. Головними функціями більшості платформ є амплітудна модуляція, квантування, та алгоритми виявлення основних характеристик електрокардіограми (рис.3). Типовий сигнал ЕКГ на тілі людини коливається в районі 2 мВ. Цей сигнал проходить квантування на 256 рівнів за допомогою АЦП. Дискретизована ЕКГ далі проходить через диференціюючий фільтр та фільтр низьких частот, як зображено на рис.2, де $E(k)$ – відповідає квантованій кардіограмі. Частота дискретизації у нашому випадку становить 320 Гц.

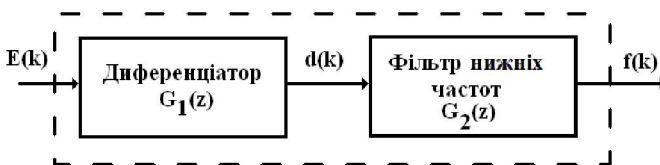


Рис.2. Фільтри для ЕКГ

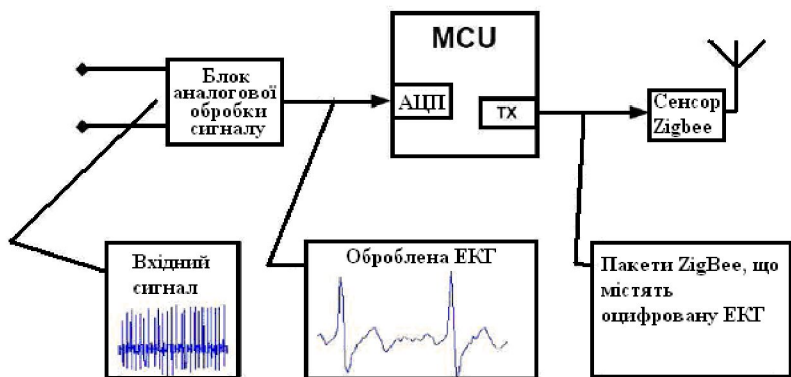


Рис.3. Блок – схема датчика ЕКГ

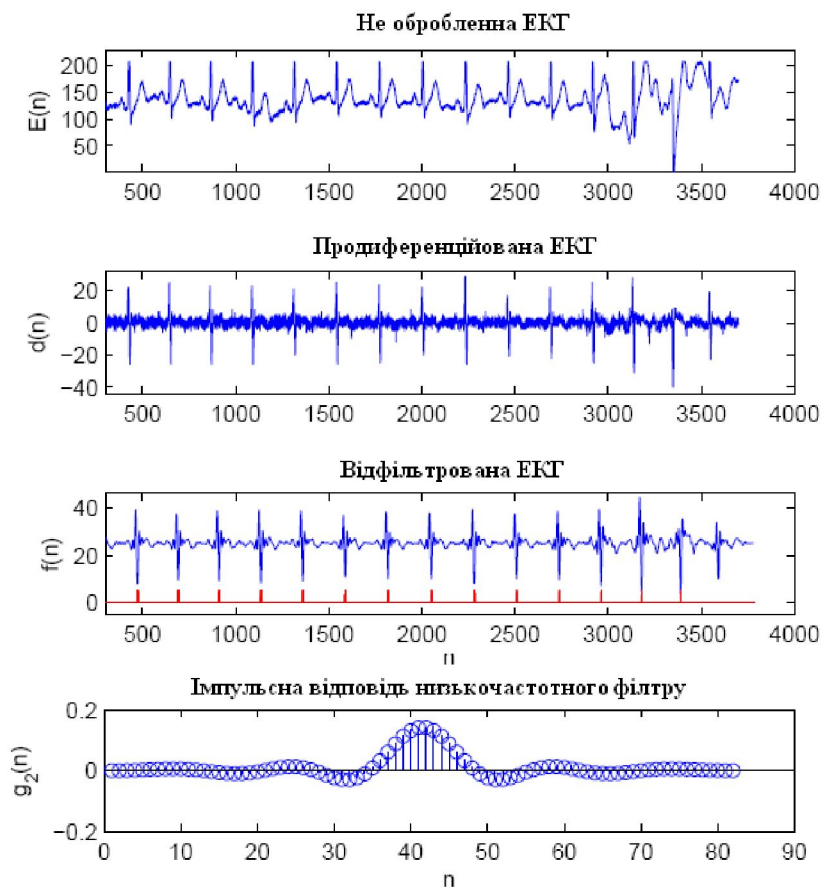


Рис.4. Необроблена послідовність ЕКГ і ЕКГ після детектора піку R

Диференціатор має наступну характеристику:

$$G_1(z) = 1 - z^{-1},$$

він використовується для виявлення QRS комплексу. $G_2(z)$ є фільтром нижніх частот для зменшення залишкового шуму та шуму квантування. Основною функцією фільтра $G_2(z)$ є максимізація енергії QRS комплексу та виявлення R піку.

Виявлення QRS піків

Для виявлення піків QRS використовується адаптивний поріг. Внаслідок руху пацієнта форма хвилі ЕКГ сигналу може змінюватись при кожному наступному ударі серця. З використанням адаптивного порогу, ймовірність пропуску QRS піку зменшується. В запропонованому алгоритмі, за перші п'ять секунд шукається максимальне абсолютне значення відфільтрованих даних ЕКГ - $f(n)$. Позначимо величину цього піку як p_0 . Початковий поріг визначається як:

$$\tau_0 = \alpha p_0,$$

де $\alpha > 0$. В [1] пропонується вибирати $\alpha = 0.65$.

Нехай p_i – перший локальний пік $f(n)$ після визначення початкового порогу. Наступний поріг тоді визначається:

$$\tau_i = \alpha \tau_{i-1} + (1 - \alpha) p_{i-1}.$$

Тривалість інтервалу між піками двох послідовних R хвиль дає миттєве серцебиття. Їх послідовна зміна показує зміни серцебиття.

Конфігурація ZigBee мережі для мобільного моніторингу пацієнтів

Мережа ZigBee може бути сконфігурована таким чином, що вона використовує одну PAN мережу як контрольовану одиницю, наприклад квартиру, відділ лікарні. Кожен пристрій тоді сконфігурований як кінцевий пристрій ZigBee, що дозволяє декільком пристроям співіснувати і звітувати одночасно. Для того, щоб повністю покрити контрольовану область, потрібно декілька додаткових маршрутизаторів. Існуюча версія стандарту ZigBee не забезпечує такого рішення для мобільних вузлів, як наприклад, передачу або роумінг. Коли пристрій переміщується між охопленими областями різних маршрутизаторів, передача буде перервана, поки вузол шукатиме новий маршрут до контролера. У початковій конфігурації кожному маршрутизатору відомий шлях до контролера (PAN координатор у нашому випадку), тому пізніше він може відповісти на запит пошуку маршруту від ЕКГ пристрою і не прийдеться шукати потрібний маршрут.

Прикладне програмне забезпечення, яке встановлене на ZigBee пристроях, відповідає за створення корисного навантаження, яке несе відповідні команди, відповіді і дані. Як тільки корисне навантаження створене, про це повідомляється APS рівень ZigBee для передачі через API інтерфейс, для стеку ZigBee. Прикладний кінцевий пункт має один вхідний кластер і два вихідних. Вхідний кластер використовується для командних і

контрольних повідомлень, один з вихідних кластерів використовується для відправки відповіді на контрольне повідомлення, інший – для відправки необроблених даних ЕКГ. Вузол може отримувати такі командні повідомлення, як „start”, „stop” для управління передачею, „setFQ” – для встановлення потрібної частоти та ін.

Пристрій з частотою дискретизації 320 Гц виробляє 4 пакети за секунду. Залежно від конфігурації апаратних засобів (доступної RAM пам'яті), деяка частина даних може зберігатися у визначеному місці у випадку тимчасової несправності мережі. ZigBee пристрій кінцевого пункту містить 2 вхідних і 1 вихідний кластери. Вихідний кластер служить для команд і управління інтерфейсом. Вхідні кластери отримують відповіді на команди і дані ЕКГ. Отримані дані, ZigBee координатор відправляє до сервера для подальшої обробки і аналізу.

Обробка даних домашнім сервером (Home-Server)

Перетворені в цифрову форму, дані ЕКГ неперервно передаються до домашнього сервера через ZigBee мережу. Додатково, результати аналізів з мобільного пристрою пересилаються до сервера і зберігаються там для подальшого опрацювання. Метою є забезпечити сховище для більш детального аналізу даних медичними професіоналами чи алгоритмами виявлення. Крім того, збережені дані обробляються для більш детального і точного аналізів ЕКГ сигналів, а саме виявлення Q-T інтервалу і T хвилі. Головними функціями домашнього сервера є:

1. координування домашньої безпроводної ZigBee мережі;
2. збереження вхідних даних;
3. проведення точного і детального аналізу даних;
4. з'єднання з центральним обслуговуванням провайдера для передачі даних і повідомлень про виявлені аномалії.

Сервер також зв'язується з мережею ZigBee через модуль «Координатор», під'єднаний в свою чергу через USB або інший послідовний порт. Маршрутизатори для невеликої домашньої мережі будуть стаціонарно розміщені по всьому будинку, наприклад, можливо один на кожен кімнату. Існуюча ZigBee мережа, яка зазвичай використовувалась для освітлення чи безпеки, може використовуватись і для мобільного моніторингу хворого. „Сховище” даних є доступним для майбутнього використання як постачальником послуг, так і користувачем.

Обробка даних центральним сервером

Постійний запис і аналіз даних ЕКГ надає достатню основу як для автоматизованого виявлення, так і для професійного діагнозу багатьох кардіологічних симптомів. Згідно запропонованої конфігурації, сервери, як і медичний персонал, можуть надати різноманітні послуги, як наприклад, зберігання, початковий діагноз і т.п. Домашній сервер передає періодичні дані і зберігає їх таким чином, щоб вони були доступними для центрального

сервера. Із збільшенням кількості користувачів, центральний сервер може розподілити лише обмежену кількість обчислювальної ємності для кожного користувача. Тому початковий аналіз даних по можливості виконується домашнім сервером. Крім того, сигнали тривоги, ініційовані мобільним пристроєм, передаються центральному серверу через домашній сервер. Центральний сервер також зберігає записи всіх операцій через систему управління подіями.

Описана вище система на даний час має всі необхідні елементи для реалізації:

- мобільний пристрій;
- домашній сервер;
- центральний сервер;
- алгоритми для виявлення аномалій ЕКГ;
- побудова решта частини інфраструктури на основі домашніх і центральних серверів.

Проте існує декілька невирішених проблем:

Зв'язок: бездротовий чи дротовий.

Система медичного моніторингу повинна мінімально втручатись в щоденне життя людей, над якими проводять моніторинг. Широке поширення використання таких пристроїв може бути можливим лише з неагресивними і зручними датчиками. Низьке енергоспоживання ZigBee вузлів дає великі можливості для створення локальної безпроводної мережі в межах людського тіла для збору даних про його стан. З іншого боку, існують провідні рішення, які можуть забезпечити велику надійність і виключити потребу в частій заміні акумулятора чи перезарядці.

Потужність ZigBee пристроїв.

Існує компроміс між обчислювальною потужністю і енергоспоживанням доступних сьогодні на ринку датчиків ZigBee. Мета – використовувати кращий випробований мікрокомп'ютерний пристрій, який підтримує прийнятне енергетичне використання. Це безпосередньо пов'язане з вибором і оптимізацією алгоритмів, які використовуються на мобільному пристрої.

Моделі постачальника послуг

Для того, щоб система функціонувала, слід вирішити декілька питань, відносно постачальників послуг. Канали для системи попереджувальних повідомлень, права доступу до конфіденційних даних, масштабованість щодо кількості користувачів відносяться до числа важливих проблем, з якими стикаються постачальники послуг при проектуванні таких мереж.

Висновки

Описаний алгоритм для виявлення аномалій в роботі серця, а також схема практичної реалізації даного алгоритму забезпечується структурою, згідно якій повинно проводитись проектування майбутніх мереж моніторингу та контролю за ЕКГ пацієнтів, що знаходяться на стаціонарному лікуванні в певному санаторії. Також практично можливо реалізувати

даний проект в домі пацієнта, тобто проводити моніторинг на місці, а дані відсилати через одну з існуючих мереж (ТМЗК, Інтернет, GSM - оператор).

1. Дабровски А., Дабровски Б., Пиотрович Р. Суточное монитирование ЭКГ. М.: Медпрактика, 2000. - 208 с.
2. <http://www.autobuilding.ru/articles.html>

Поступила 22.01.2009р.