

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ
ФАКУЛЬТЕТ ПРИКЛАДНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА
ЕЛЕКТРОІНЖЕНЕРІЇ
КАФЕДРА БІОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

Горбань Михайло Андрійович

УДК 612.17+519.688

**МЕТОД КОДУВАННЯ ЕЛЕКТРОКАРДІОСИГНАЛІВ
ДЛЯ ТЕЛЕМЕДИЧНИХ СИСТЕМ**

163 – Біомедична інженерія

Автореферат

дипломної роботи на здобуття освітнього ступеня «магістр»

Тернопіль – 2018

Роботу виконано на кафедрі біотехнічних систем Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя Міністерства освіти і науки України

Керівник роботи: доктор технічних наук,
професор кафедри радіотехнічних систем
Яворський Богдан Іванович,
Тернопільський національний технічний університет
імені Івана Пулюя,

Рецензент:

Захист відбудеться 28 грудня 2018 р. о 10⁰⁰ годині на засіданні екзаменаційної комісії №22 у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя за адресою: 46001, м. Тернопіль, вул. Текстильна, 28, навчальний корпус №9, ауд. 9-507.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Актуальною задачею розвитку медичної техніки є розроблення засобів віддалених моніторингових систем телемедицини. Застосування таких систем дозволяє проводити опосередкований контроль стану пацієнтів шляхом віддаленого спостереження за віжливими в кожному конкретному випадку параметрами функціонування організму та практично миттєво реагувати на виникнення критичних станів. Прикладом таких систем може бути система тривожної сигналізації появи ознак ішемічної хвороби серця, телемедичні системи Голтерівського моніторингу тощо, які проводять відбір та оцінювання параметрів електрокардіографічних сигналів в масштабі реального часу та надсилання їх на базовий контрольний пристрій (комп'ютер), який знаходиться в кабінеті лікаря, що веде контроль стану пацієнта.

При цьому, однією з проблем таких систем є передача великої кількості даних по каналах зв'язку. Особливістю цих систем є те, що передача даних повинна здійснюватися в реальному часі. Дана проблема може бути вирішена двома способами: збільшенням пропускної спроможності каналів зв'язку або стисненням даних. Застосування першого способу призводить до необхідності використання більш дорогого устаткування і в деяких випадках є просто не можливе технічно.

Застосування іншого способу, що полягає в стисненні даних, забезпечить можливість зменшення обсягів інформації, що передається. Крім того, стиснення дозволяє істотно знизити вартість використання каналів зв'язку і вартість зберігання даних. Для ефективного стиснення сигналів необхідним є розроблення спеціалізованих методів, призначених для стиснення саме цього типу сигналів. Серед життєво важливих параметрів організму людини, які підлягають контролю в телемедичних системах, є параметри, отримані з електрокардіографічних сигналів, що характеризують функціонування та поточний стан серцево-судинної системи людини. Відповідно, розроблення ефективних методів стиснення ЕКГ сигналу дозволить знизити вимоги до необхідної швидкості каналів передачі даних і знизити саму вартість передачі даних.

Таким чином, розроблення методу кодування даних, що володіють високою ефективністю стиснення і дозволяють знизити витрати на зберігання і передачу електрокардіосигналів, є актуальною задачею.

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є розроблення методу кодування електрокардіосигналів для телемедичних систем. Для виконання поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- провести аналіз літературних джерел за тематикою дослідження;
- проаналізувати інформативно значимі параметри електрокардіосигналів, що підлягають кодуванню;
- провести аналіз відомих методів кодування електрокардіосигналів;
- розробити метод стиснення електрокардіосигналу;
- провести експериментальне дослідження залежності якості відновлення від ефективності стиснення розроблених методів.

Об'єкт дослідження: процес кодування електрокардіосигналів в телемедицинських системах.

Предмет дослідження: метод кодування електрокардіосигналів для телемедицинських систем.

Наукова новизна отриманих результатів: удосконалено метод стиснення електрокардіосигналу, заснований на довгостроковому прогнозі з використанням кодової книги класів, що дозволило підвищити ефективність стиснення в порівнянні з існуючими методами.

Практичне значення отриманих результатів. Отримані результати можуть бути використані при проектуванні систем телемоніторингу.

Апробація результатів дисертації. За матеріалами кваліфікаційної роботи магістра опубліковано тези доповідей на VII міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» ТНТУ ім. І. Пулюя, 2018 рік.

Структура та обсяг. Дипломна робота складається із вступу, восьми розділів, висновку, викладених на 103 сторінках, списку використаних джерел з 23 назв на 3 сторінках, додатків на 1 сторінках. Загальний обсяг роботи становить 116 сторінок.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми роботи, сформульовано мету і задачі дослідження, визначено об'єкт, предмет і методи дослідження, показано наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, розкрито питання апробації результатів роботи на конференціях і семінарах.

У першому розділі «Задача кодування електрокардіосигналів в телемедицинських системах» проведено аналіз телемедицинських моніторних систем і показана необхідність і доцільність використання стиснення даних в таких системах. Найбільша кількість даних в телемедицинських моніторних системах приходить на ЕКГ сигнал, що і визначило напрямок досліджень.

Проведений аналіз методів кодування ЕКГ сигналу показав, що існуючі методи стиску не володіють достатньою ефективністю при низькій похибці відновлення вихідного сигналу. Методи прямого стиснення при своїй обчислювальній простоті не забезпечують високого коефіцієнта стиснення. Ефективність методів стиснення перетворень є вищою ніж у методів прямого стиснення при порівнянній похибці відновлення. Дані методи можуть бути застосовані в системах, де не потрібно високого стиснення і при цьому системи володіють достатніми обчислювальними потужностями. Параметричні методи стиснення володіють високою ефективністю в порівнянні з прямими методами і методами стиснення перетворень. Однак існуючі на даний час методи не в повній мірі використовують апріорні дані про ЕКГ сигнали, що знижує їх ефективність.

Практично всі методи, розглядають багатоканальний ЕКГ сигнал як сукупність послідовних одноканальних сигналів. Це призводить до того, що ефективність стиснення багатоканального сигналу не підвищується, незважаючи на високий взаємозв'язок між каналами ЕКГ сигналу.

Проведений аналіз показує актуальність стиснення ЕКГ сигналів в телемедицині моніторингових системах і дозволяє обґрунтувати необхідність проведення подальших досліджень з метою створення високоефективних методів стиснення одно- і багатоканальних ЕКГ сигналів.

Найбільшою ефективності стиснення ЕКГ сигналу можна досягти при його моделюванні і збереженні параметрів моделі і похибки між вихідним і модельованим сигналом. Тому, для розробки високоефективного методу стиснення одноканального ЕКГ сигналу необхідно розробити модель ЕКГ сигналу. Дана модель повинна враховувати всі апріорні дані про сигнал, мати невисоку складність розрахунку і представляти сигнал мінімальною кількістю біт.

У другому розділі «Метод кодування електрокардіосигналу на основі моделювання параметрів PQRSST комплексу» розроблено метод стиснення ЕКГ сигналу на основі параметричної моделі PQRSST комплексу. На відміну від існуючих методів стиснення, заснованих на довготривалому передбаченні ЕКГ сигналу з використанням кодової книги класів, в розробленому методі відбувається моделювання параметрів PQRSST по діагностичних критеріях, що дозволило знизити похибку передбачення в 5 ... 10 разів, і, отже, підвищити ефективність стиснення.

Визначено алгоритми пошуку PQRSST комплексів, сегментації сигналу і створення кодової книги класів як для стиснення в реальному часі, так і для кодування ЕКГ сигналу в відкладеному часу.

Для розробленої параметричної моделі визначено спосіб розрахунку коефіцієнтів і вибрано кількість біт для представлення кожного параметра моделі для досягнення максимальної ефективності стиснення при похибці відновлення, що знаходиться на рівні втрати діагностичності ЕКГ сигналу.

У третьому розділі «Метод стиснення багатоканальних ЕКГ сигналів» розроблено метод стиснення багатоканального ЕКГ сигналу, заснований на його попередній обробці з метою зниження кількості даних, що підлягають стисненню. На відміну від існуючих методів стиснення багатоканального сигналу в розробленому методі на етапі попередньої обробки багатоканальний ЕКГ сигнал піддається попередній обробці: вибілюванню зі зниженням розмірності і аналізу незалежних компонент, що дозволяє використовувати поканальне кодування багатоканального сигналу без втрати ефективності.

Визначено спосіб кодування похибки відновлення багатоканального ЕКГ сигналу і визначено кількість біт для представлення стисненого сигналу.

У четвертому розділі «Дослідження ефективності методів стиснення ЕКГ сигналу» представлені результати дослідження залежностей похибки відновлення від ефективності розроблених методів стиснення одно- і багатоканального ЕКГ сигналу. Дослідження проводилися на сигналах з медичної бази даних аритмій і записах систем КАРДІОСЕНС і КАРДІОЛАБ. Для розроблених методів стиснення були експериментально отримані графіки залежності похибки відновлення від потоку даних стисненого сигналу. Були визначено вплив артефактів і ЧСС на ефективність запропонованих методів.

Отримано залежності похибки відновлення від ефективності розроблених методів без впливу артефактів на похибку відновлення і без впливу ЧСС на швидкість потоку даних.

Проведено порівняння розроблених методів з існуючими методами економного кодування одно- і багатоканального сигналу.

Аналіз показав, що похибка відновлення розробленого методу стиску одноканального ЕКГ сигналу більш ніж в два рази менше в порівнянні з існуючими методами стиснення, при однакових швидкостях даних стисненого сигналу. Метод стиснення багатоканального ЕКГ сигналу в порівнянні з існуючими методами стиснення має майже в три рази меншу похибку відновлення при однакових швидкостях даних і дозволяє досягти майже в три рази меншою швидкості потоку даних стисненого сигналу.

У п'ятому розділі «Спеціальна частина» описано методику проведення медико-біологічних досліджень та проведено обґрунтування вибору УДК напряму наукового дослідження.

У шостому розділі «Обґрунтування економічної ефективності» на підставі виконаних розрахунків та нормативних даних встановлено, що планова калькуляція вартості проведення досліджень по темі становить 33489,24 грн., а кількісна оцінка науково-технічна ефективність науково-дослідної роботи, яка здійснюються експертним шляхом за десятибальною шкалою і визначається як середньоарифметичне, що складає 0,685 від максимального числа 1, а рекомендації по результатам виконання НДР можуть бути сформульовані після ретельного аналізу отриманих результатів.

У сьомому розділі «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» розглянуто вимоги охорони праці під час роботи з електрокардіографом Heart Screen 80 G-L 3/12. Електробезпека на робочому місці, надання першої допомоги при ураженні електричним струмом.

У восьмому розділі «Екологія» розглянуто питання актуальності охорони навколишнього середовища, електромагнітне забруднення довкілля, його вплив на людину, захист від впливу електромагнітних полів.

ВИСНОВКИ

Аналіз телемедичних систем показав, що основною проблемою є велика кількість переданих даних між абонентським обладнанням і телемедичним центром, між телемедичними центрами, і великий обсяг самих даних, що зберігається. При цьому основний обсяг даних припадає на багатоканальний ЕКГ сигнал. Крім того, постійно зростають вимоги до якості реєстрованого сигналу (підвищення частоти дискретизації і точності квантування) для збільшення кількості і якості одержуваних з сигналу параметрів.

Дана проблема може бути вирішена двома способами: збільшенням пропускної спроможності каналів зв'язку або стисненням даних. Застосування першого способу призводить до необхідності використання більш дорогого устаткування і в деяких випадках просто не можливо технічно. Використання стиснення даних дозволяє використовувати телемедичні системи зі стандартним обладнанням і протоколами передачі даних (наприклад GSM / GPRS або CDMA), при цьому значно знижується вартість обслуговування таких систем, так як знижується кількість передаваного інформації.

Проведений аналіз методів стиснення ЕКГ сигналів показав, що існуючі методи стиснення не можуть бути застосовані для сучасних телемедичних систем. Основним недоліком даних методів є невисока ефективність при високій похибці відновлення вихідного сигналу. Було показано, що для досягнення найбільшої ефективності можуть використовуватися тільки методи стиснення з втратою інформації.

Для економного кодування ЕКГ сигналу була розроблена параметрична модель, заснована на умовах діагностичності, яка дозволила знизити похибку довготривалого передбачення ЕКГ сигналу в 5-10 разів у порівнянні з існуючими методами. Визначено набір параметрів моделі на основі діагностичних критеріїв самого сигналу, і спосіб їх розрахунку. Показано, що параметри моделі є статистично незалежними один від одного, що дозволило знизити обчислювальну складність їх розрахунку.

З використанням параметричної моделі ЕКГ сигналу вдосконалений метод стиснення, заснований на довгостроковому прогнозі з використанням кодової книги класів. Використання параметричної моделі дозволило знизити похибку відновлення вихідного сигналу в два рази при однаковій ефективності або забезпечити підвищену в два-три рази ефективність стиснення в порівнянні з існуючими методами.

Удосконалено метод стиснення багатоканального ЕКГ сигналу з використанням попереднього перетворення багатоканального сигналу в статистично незалежні компоненти зі зниженням розмірності вихідних даних. Це дозволило використовувати незалежне поканальне кодування сигналу без зниження ефективності.

Ефективність розробленого методу кодування багатоканального ЕКГ сигналу більш ніж в три рази вище в порівнянні з існуючими методами і в 1,4 рази вище в порівнянні з розробленим методом стиснення одноканального ЕКГ сигналу.

Проведено експериментальне дослідження розроблених методів на тестових сигналах медичної бази аритмій, записах холтерівської системи КАРДІОСЕНС і записах кардіографічного комплексу КАРДІОЛАБ. Отримано експериментальні залежності похибки відновлення від потоку даних стисненого сигналу. Визначено вплив артефактів і частоти серцевих скорочень на ефективність стиснення.

ПЕРЕЛІК ПРАЦЬ

1. Горбань М.А. Оцінювання стану серцево-судинної системи людини на основі аналізу добового серцевого ритму / В.М. Хвесик, Н.І. Самолук, М.А. Горбань, Л.Є. Дедів // Матеріали VII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів. Актуальні задачі сучасних технологій – Тернопіль 28-29 листопада 2018 року. – Т2.: ТНТУ, 2018. – С. 187.

АНОТАЦІЯ

Горбань М.А. Метод кодування електрокардіосигналів для телемедичних систем. – Рукопис. Кваліфікаційна робота магістра, Тернопільський національний технічний університети імені Івана Пулюя, Тернопіль, 2018.

Кваліфікаційну роботу магістра присвячено розробці методу кодування електрокардіосигналів. В роботі запропонований метод стиснення, заснований на довгостроковому прогнозі з використанням кодової книги класів. Використання параметричної моделі дозволило знизити похибку відновлення вихідного сигналу.

Ключові слова: електрокардіосигнал, параметрична модель, метод, кодування.

ANNOTATION

Gorban M.A. The method of electrocardiosignals encoding for telemedical systems. – Manuscript. Qualifying Work, Ivan Puluj Ternopil National Technical University, Ternopil, 2018.

Master's qualification work is devoted to the development of the method of encoding electrocardiosignals. The paper proposes a compression method based on a long-term forecast using class code books. Using the parametric model has reduced the error of recovery of the output signal.

Keywords: electrocardiogram, parametric model, method, coding.