



Технологія дистанційного моніторингу функціональних станів спортсменів, операторів та пацієнтів на основі портативних терміналів і абонентських систем сенсорних та локально-регіональних радіомереж

Б.М. Шевчук, В.К. Задірака, Є.О. Марценюк, С.В. Фраєр

Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України, Київ, Україна

РЕЗЮМЕ, ABSTRACT

В статті описана інформаційна технологія реалізації оперативного дистанційного моніторингу функціональних станів контрольованих осіб (спортсменів, операторів, осіб, що приймають рішення, пацієнтів) з використанням засобів сенсорних та локальних радіомереж з самоорганізацією передачі пакетів інформації. Для ефективної передачі моніторингової інформації в статті запропоновані алгоритми компактного кодування біосигналів, криптостійкого та завадостійкого кодування даних, що підлягають передачі по відкритим каналам зв'язку ежі (Укр.ж.телемед.мед.телемат.-2012.-Т.10,№1.-С.69-73).

Ключові слова: портативні термінали, дистанційний моніторинг, радіомережі

Б.М. Шевчук, В.К. Задірака, Є.О. Марценюк, С.В. Фраєр

ТЕХНОЛОГИЯ ДИСТАНЦИОННОГО МОНИТОРИНГА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ СПОРТСМЕНОВ, ОПЕРАТОРОВ И ПАЦИЕНТОВ НА ОСНОВЕ ПОРТАТИВНЫХ ТЕРМИНАЛОВ И АБОНЕНТСКИХ СИСТЕМ СЕНСОРНЫХ И ЛОКАЛЬНО-РЕГИОНАЛЬНЫХ РАДИОСЕТЕЙ

Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України, Київ, Україна

В статье описана информационная технология реализации дистанционного мониторинга функциональных состояний контролируемых лиц (спортсменов, операторов, лиц, принимающих решения, пациентов) с применением средств сенсорных и локальных радиосетей с самоорганизацией передачи пакетов информации. Для эффективной передачи мониторинговой информации в статье предложены алгоритмы компактного кодирования биосигналов, криптостойкого и помехоустойчивого кодирования данных, подлежащих передаче по открытым каналам связи (Укр.ж.телемед.мед.телемат.-2012.-Т.10,№1.-С.69-73).

Ключевые слова: портативные терминалы, дистанционный мониторинг, радиосети

B.M. Shevchuk, V.K. Zadiraka, E.A. Martsenyuk, S.W. Frayer

THE TECHNOLOGY OF REMOTE MONITORING OF FUNCTIONAL STATES OF ATHLETES, OPERATORS AND PATIENTS ON THE BASIS OF PORTABLE TERMINALS AND SUBSCRIBER SYSTEMS SENSOR AND THE LOCAL-REGIONAL RADIO

Institute of Cybernetics VM Glushkov, NAS Ukraine, Kyiv, Ukraine

The article described the implementation of information technology operational remote monitoring functional states controlled people (athletes, operators, people who make decisions, patients) with the use of sensory and local radio networks with self-organization information packet transfer. For effective transfer of monitoring information, in article was proposed algorithm compact coding of biosignals, crypto-resistant and failover data coding to be transferred to open channels of communication (Ukr.z.telemed.med.telemat.-2012.-Vol.10,№1.-P.69-73).

Key words: mobile terminals, telemonitoring, radionetworks

Важливим фактором побудови та ефективної (конкурентоспроможної) діяльності суспільства є людський фактор. Людина часто не справляється з

навантаженнями, її стан суттєво залежить від природних та соціальних впливів. Тому необхідно і важливо контролювати параметри і показники контрольованих осіб

(спортсменів, операторів, осіб що приймають важливі рішення, пацієнтів, та ін.), прогнозувати їх стани, вчасно попереджувати їх загрозливі стани шляхом оперативної реалізації відповідних дій та заходів [1-3]. З розвитком мікрокомп'ютерів інтелектуальних радіотрансиверів (радіомодулів), мережевих засобів передачі інформації на великі відстані забезпечуються умови для реалізації дистанційного моніторингу функціональних станів одночасно великої кількості контрольованих осіб без обмеження їх звичного способу життя та виконання ними функціональних обов'язків.

З урахуванням наявності на ринку елементної бази мікропотужних радіомодулів ISM-діапазону частот (ISM – industrial, scientific, medical: 433, 868, 902-928 (для США), 2400МГц), доповнених мікроконтролерами з багатоканальним аналого-цифровим перетворювачем, засобів побудови сенсорних та локальних радіомереж з самоорганізацією передачі пакетів інформації актуальною проблемою є розробка методологічних та алгоритмічних основ побудови доступних до широкого застосування апаратно-програмних засобів тривалого (включаючи добового) дистанційного моніторингу стану фізіологічних систем організму людини великої кількості контрольованих осіб (КО) в межах території медичних закладів, підприємств, спортивних баз, зон відпочинку, житлових масивів. Мова йде про побудову мережевих інформаційно-ефективних портативних (носимих) терміналів (ПТ) введення, обробки, кодування і передавання по радіоканалу біомедичних та біомеханічних сигналів від КО, які вільно переміщуються, працюють, відпочивають, а також мережевих засобів ретрансляції оперативної діагностичної інформації на великі відстані в центральну базу даних (сервер) моніторингової системи (дистанційного кардіологічного центру, центру моніторингу операторів, спортсменів та ін.).

Метою статті є обґрунтування використання інформаційно-ефективних засобів дистанційного моніторингу функціональних станів КО та опис основних складових технології оперативного

дистанційного моніторингу станів осіб, включаючи, методів моніторингу, алгоритмів обробки, кодування, шифрування та передавання даних тривалого моніторингу біомедичних сигналів одночасно від великої кількості КО. Дана технологія орієнтована на побудову ПТ тривалого моніторингу станів КО та засобів ретрансляції даних моніторингу на великі відстані з урахуванням передачі по відкритим каналам зв'язку компактних, криптостійких та завадостійких пакетів інформації. Така інформаційна технологія є основою для побудови сучасних ефективних систем моніторингу спортсменів, операторів, систем кардіомоніторингу широкого застосування, дистанційного моніторингу хворих в домашніх умовах.

Методологічні основи реалізації ефективного моніторингу КО. Основою реалізації оперативного дистанційного моніторингу КО є використання мікропотужних радіомодулів ISM діапазону частот (2.4 ГГц і ін.) з мікроконтролерами провідних мікроелектронних та комп'ютерних компаній світу, на основі яких будуються сучасні сенсорні радіомережі з самоорганізацією передачі пакетів інформації. Використання мікропотужних радіомодулів (PM) є основою для реалізації екологічно чистої радіопередачі моніторингових даних від великої кількості КО. Одним із розповсюджених і швидко прогресуючих стандартів побудови сенсорних мереж є стандарт ZigBee, відповідні PM якого володіють програмним стеком, орієнтований на вирішення завдань протоколів передачі пакетів інформації каналного та транспортного рівнів. Швидкість передачі інформації в таких мережах досягає величин 250, 500 Кбіт/с. За рахунок масштабування абонентів сенсорних мереж на відповідних територіях шляхом розгортання комірок та кластерів комірок (рис. 1) сенсорних мереж (тобто попередньо визначаються територіальні зони покриття зв'язком і в межах зони зв'язку PM забезпечують передачу та ретрансляцію даних між віддаленими абонентами комірок і кластерів) забезпечується передача інформації на великі відстані.

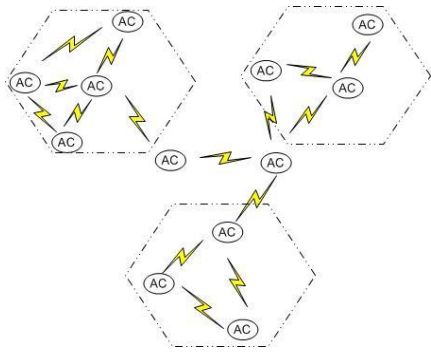


Рисунок 1. Структура багатокластерної коміркової радіомережі

Функціонування коміркових сенсорних та локальних радіомереж з самоорганізацією передачі пакетів інформації ґрунтується на тому, що кожна абонентська система (АС) має зв'язок з сусідніми АС, при цьому пакети можуть передаватись по різних шляхах від "сусіда до сусіда" на великі відстані. Для покриття зв'язком великих територій із коміркових мереж формуються кластери, в яких один із абонентів виконує функції "вершини" кластеру. Останній забезпечує сусідніх абонентів зв'язком підвищеної дальності з "вершинами" сусідніх кластерів. Також для ретрансляції пакетів даних на великі відстані використовуються засоби Wi-Fi, GSM, CDMA з доступом до ресурсів мережі Internet. Таким чином, на КО прикріплюються ПТ сенсорних мереж, які передають моніторингову інформацію в межах зони зв'язку комірки, як правило, на відстань 200-300 м. Для передачі моніторингових даних на великі відстані необхідне встановлення на пріоритетних висотах автономних ретрансляторів (роутерів) з доступом до ресурсів стаціонарних мереж Wi-Fi та мережі Internet. Основу локально-регіональної радіомережі тривалого моніторингу КО утворюють портативні засоби ближнього радіозв'язку (засоби ZigBee) та стандартні засоби дальнього зв'язку (засоби Wi-Fi, Ethernet, Internet), об'єднані в єдину мережу. Саме таким чином забезпечуються умови для покриття зв'язком необхідної території (спортивної бази, території закладів і підприємств, медичного закладу, житлового масиву, населеного пункту).

Найбільш інформативним способом моніторингу функціональних станів КО є непервне введення відповідних біомедичних та біомеханічних сигналів в

процесі виконання особами певних дій. При цьому на протязі заданого терміну моніторингу функціонального стану (ФС) КО введені моніторингові дані засобами ПТ неперервно накопичуються у флеш-пам'яті, а також повністю або частково передаються чи ретранслюються по радіоканалу у віддалену базу даних (сервер) моніторингової мережі. В залежності від завдань тривалого моніторингу передача біомедичних та біомеханічних даних по радіоканалу може здійснюватись в телеметричному режимі, тобто коли в реальному часі здійснюється передача введених даних, а також в режимі пакетної передачі відповідних інформативних даних моніторингу. Телеметричний режим дистанційного моніторингу біомедичних та біомеханічних даних найбільше орієнтований на використання в спорті при виконанні спортсменом певних тестових вправ і навантажень, а передача найбільш інформативних фрагментів і відрізків сигналів орієнтована на тривалий (добовий) моніторинг ФС контрольованих осіб в різних галузях людської діяльності. Наприклад, для надійного обстеження стану серцево-судинної системи організму людини необхідно неперервно реєструвати електрокардіосигнали (ЕКС) на протязі тривалого часу, включаючи реєстрацію ЕКС (один із ЕКС використовується для контролю параметрів дихання) під час фізичних навантажень, під час сну. Виявлені та оперативно передані по радіоканалам найбільш інформативні фрагменти добових ЕКС дозволять черговим кардіологам вчасно надати необхідну медичну допомогу віддаленим кардіологічним хворим.

Методи та алгоритми обробки, кодування, шифрування даних в

моніторингових мережах. Основою для ефективного функціонування моніторингових радіомереж є реалізація процесорами ПТ і АС швидкодіючих інформаційно-ефективних алгоритмів стиску сигналів та захисту масивів даних (криптозахисту та захисту від каналних завад), що підлягають передачі по каналах зв'язку та зберігаються в базах даних [4,5]. Інформаційна ефективність роботи всіх засобів моніторингових мереж досягається за рахунок обробки, кодування і шифрування моніторингових даних в місцях виникнення інформаційних потоків, тобто засобами ПТ. В реальних умовах тривалого моніторингу ЕКС КО при фізичних навантаженнях, із-за рухів тіла відбуваються неконтрольовані зміни в середовищі "тіло особи - контактна площадка електроду". Це приводить до появи високочастотних шумів та

низькочастотних дрейфів ЕКС (Рис. 2). В результаті, аналогові ЕКС, що підлягають передачі та подальшому аналізу, є спотвореними ("зашумленими") та недостовірними на певних часових інтервалах (на Рис. 2 верхній сигнал – вхідний ЕКС з шумами, середній сигнал – профільований ЕКС, нижній сигнал – шумова складова ЕКС). Відповідно, завданням обробки вхідних ЕКС засобами ПТ є виявлення достовірних і недостовірних ділянок ЕКС, реалізація відповідного кодування виявлених ділянок ЕКС з наступним повідомленням кардіологів (фізіологів) про якість введення ЕКС. Чисті від шумів фрагменти ЕКС не підлягають фільтрації (люба фільтрація – це спотворення сигналу), а на "зашумлених" ділянках необхідно ковзним способом фільтрувати сигнал та кодувати найбільш стисло.

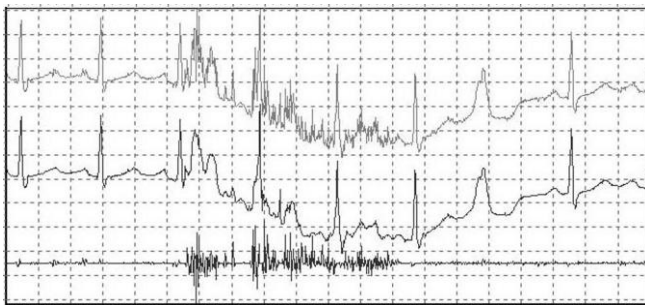


Рисунок 2. Фрагменти результатів добового моніторингу ЕКС людини

Для компактного кодування сигналів доцільно на відфільтрованій кривій виявляти найбільш інформативні відліки – суттєві відліки (СВ), до яких відносяться екстремуми (СВ-Е) та суттєві відліки - точки перегину (СВ-ТП) [4,5]. Різницеві коди амплітудно-часових параметрів СВ можуть підлягатись додатковому стиску даних без втрат.

Експериментальні дослідження тривалих вибірок (холтеровських записів) ЕКС показали, що для надійного виявлення QRS-комплексів ЕКС необхідна перевірка динамічних ділянок ЕКС на відповідність ряду умов: крутизна поточної ділянки має бути більшою за мінімально необхідну величину; тривалість поточної динамічної ділянки знаходиться в заданих межах. Розпізнавання високоінформативних кардіоциклів ЕКС визначається з урахуванням: частота серцевих скорочень, наприклад,

перевищує 120 ударів/сек або є меншою за 35 ударів/сек; тривалість комплексу QRS виходить за межі заданих інтервалів; одночасно виконуються дві попередні умови. При виконанні даних умов під час обробки та кодування поточної вибірки вхідного ЕКС дана стисла та зашифрована вибірка передається по радіоканалах зв'язку в центральну базу даних з метою відображення оперативної інформації черговому кардіологу. При використанні засобів високопродуктивного ПТ криптозахист накопичених масивів даних та масивів, що підлягають оперативній передачі, здійснюється з використанням шифрів з одноразовим ключем, а завадостійке кодування інформаційних кадрів пакетів даних доцільно здійснювати на основі реалізації рекурсивного кодування даних інформаційних кадрів з використанням кодів поля Галуа та шляхом формування сигнальних

коректуючих послідовностей, які передаються в каналах зв'язку з шумами. На рис. 3 наведені результати кодування ЕКС (Рис. 3,а), де на рис. 3,б неведений розподіл q -бітових символів ($q=8$)

зашифрованого масиву ЕКС, а на рис. 3,в наведена хаосграма зашифрованого масиву даних ЕКС (залежність попереднього q -бітового символу від наступного).

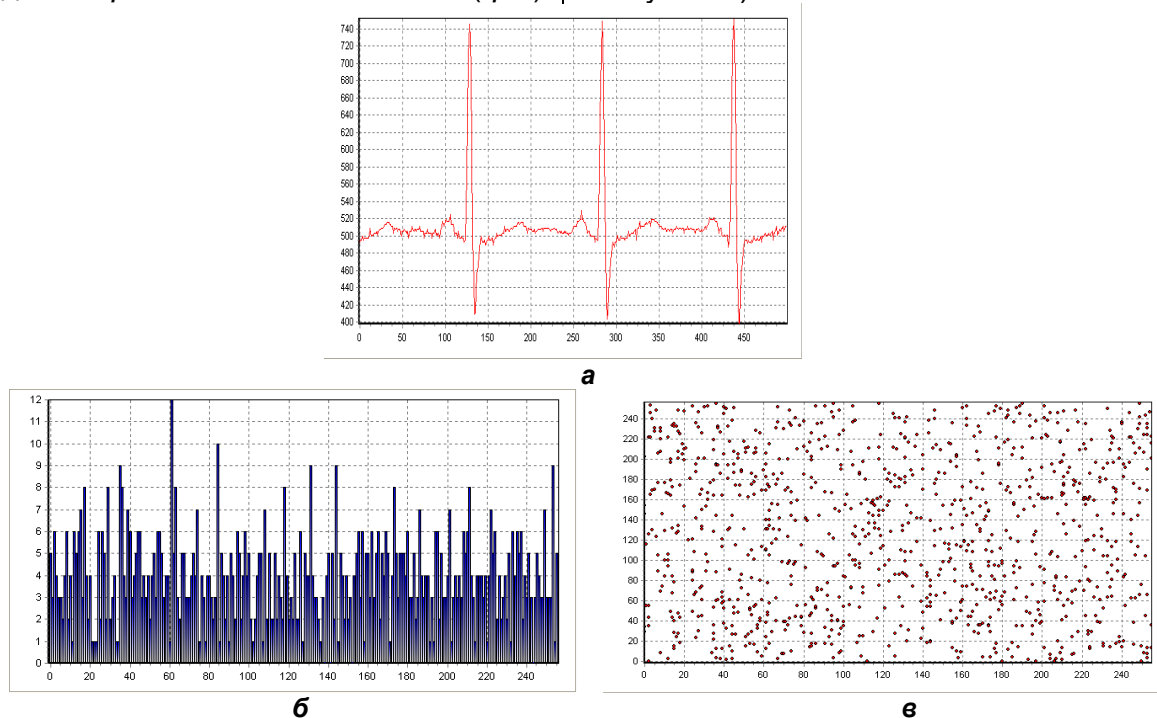


Рисунок 3. Результати кодування ЕКС

Результати досліджень показують, що після реалізації багатофункціональної обробки, кодування і шифрування даних ПТ формують псевдохаотичні кадри пакетів інформації, які ретранслюються на великі відстані, тобто проміжні абоненти передають захищені дані.

Висновки: запропонована технологія обробки, кодування, шифрування і передачі моніторингових даних КО орієнтована на побудову ПТ і АС широкого застосування в спортивній медицині, телемедицині, для моніторингу операторів.

Література та вебліографія

1. Шевчук Б.М., Ткачук В.Г. Проблемы контроля за функциональным состоянием спортсменов и их решение на основе средств сетевой обработки данных// Кибернетика и вычислительная техника. – 1991. – Вып. 90. – С. 19-23.
2. Шевчук Б.М., Шут М.І., Стегній А.І. Цифрова обробка сигналів і формування та передача повідомлень в процесі оперативного визначення інформаційних станів об'єктів людино-машинних комплексів в авіаційних систем// Наукові праці академії. – Кіровоград: Державна льотна академія України, 2003. – Вип. VII, ч.ІІ. – С. 225-234.
3. Шевчук Б.М., Задірака В.К., Круцкевич Н.Д., Піговський Ю.Р. Оброблення, кодування і передавання

- інформації в мережах дистанційного та тривалого моніторингу ЕКС великої кількості людей// Оброблення сигналів і зображень та розпізнавання образів: Десята Всеукр. міжнар. конф. – Київ: Укр. асоц. з обробл. інформ. та розпізн. образів, 2010. – С. 177-180.
4. Шевчук Б.М., Задірака В.К., Гнатів Л.О., Фраєр С.В. Технологія багатофункціональної обробки і передачі інформації в моніторингових мережах. – К.: Наук. думка, 2010. – 370 с.
5. Шевчук Б.М. Оброблення, кодування та передавання даних засобами абонентських систем інформаційно-ефективних радіомереж// Комп'ютерні засоби, мережі та системи. – 2010. - № 9. – С. 130-139.

Надійшла до редакції: 27.10.2011.

© Б.М. Шевчук, В.К. Задірака, Є.О. Марценюк, С.В. Фраєр

Кореспонденція: Шевчук Б.М. ,
Пр-т Глушкова 40, ИК НАН У отд.140, 03187, Київ, Україна
E-mail: incors@ukr.net