ПОБУДОВА МОДЕЛІ INTERNET-СИСТЕМИ ТЕЛЕМОНІТОРИНГУ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ

Анатолій Власюк[1],ВолодимирМакац[2], Світлана Яремко[3]

[1]Вінницький національний технічний університет
Хмельницьке шосе, 95, Вінниця, 21021, Україна, тел.: (0432) 44-07-37, E-Mail: vlasiyk@vstu.vinnica.ua
[2]Вінницький державний педагогічний університет
Островського,32, Вінниця, 21000, Україна, тел.:(0432)26-33-02
[3]Вінницький торговельно-економічний інститут
Соборна, 87, Вінниця, 21100, Україна, E-Mail: yaremkos@rambler.ru

Анотація

В статті описана побудова математичної моделі моделі Internet-системи медичного телемоніторингу у відповідності до вимог, які висуваються до математичних моделей комп'ютерних мереж. Наведена гіперграфова структура, яка відображає зв'язки між компонентами моделі. На основі побудованої моделі створена структурна схема Internet-системи телемоніторингу та здійснений опис її функціонування. Проаналізовані методи управління трафіком та наведені шляхи оптимізації потоків даних в мережі з метою підвищення оперативності обміну діагностичними даними.

Вступ

Впровадження новітніх технологій, які базуються на використанні Internet-ресурсів є одним із важливих напрямків розвитку в області охорони здоров'я людини. З погляду на сучасні інтеграційні процеси у світі існують передбачення [1], що World Wide Web (WWW) – технології стануть найважливішим елементом будь-якого типу комунікацій в майбутньому медицини. Це не тільки змога інтерактивного, аудіовізуального спілкування між лікарями, пацієнтами, адміністрацією та зняття географічних обмежень, але й інформатизація медицини, що дасть змогу значно підвищити рівень послуг, що надаються.

Аналіз літературних джерел

На даний час одним із перспективних напрямків розвитку медицини є створення Internet-систем телемоніторингу стану здоров'я людини. Завдяки застосуванню ресурсів мережі Internet, у даних системах з'явилась можливість постійного спостереження за інформативними параметрами стану здоров'я людини без необхідності перебування в спеціальних медичних закладах. Системи телемоніторингу відрізняються базовою медичною технологією, яка визначає їх основні параметри (2-6). Процес телемоніторингу здійснюється наступним чином [5]. Людина, яка заключила договір з центром телемоніторингу на абонентське обслуговування, самостійно, за допомогою технологічно нескладної апаратури вимірює свої показники і по мережі Internet відсилає їх в центр телемоніторингу. Дані отримує закріплений за цим абонентом врач-експерт, який має спеціальну освіту. Спочатку, коли експерт недостатньо ознайомлений з пацієнтом, моніторинг здійснюється через невеликі проміжки часу на протязі дня. В кінці ознайомлювального періоду за допомогою комп'ютерного аналізу визначається діапазон „індивідуального функціонального коридору". На його основі здійснюється аналіз даних поточного моніторингу та за допомогою мережі Internet надсилаються результати діагностування. При необхідності, надаються рекомендації по профілактаці або лікуванню. Таким чином Internet-системи телемоніторингу мають ряд переваг поряд з іншими системами контролю стану здоров'я людини, серед яких оперативність процесу зняття, обробки даних діагностування та отримання експертних висновків; виявлення „індивідуального функційного коридору"; доступність та дешевизна моніторингу стану здоров'я людини.

Незважаючи на переваги, які надає використання ресурсів мережі Internet в системах телемоніторингу, існують і ряд проблем. Це, зокрема, відсутність чітких схем функціонування Internet-систем телемоніторингу, математичних моделей, які описують роботу цих систем. Крім того, актуальною є задача управління потоками даних в мережі, для забезпечення оперативності процесу телемоніторингу.

Постановка задачі досліджень

Виходячи з наведеного вище, задачею даної роботи є побудова математичної моделі Internet-системи медичного телемоніторингу, створення на її основі структурної схеми, а також рекомендації щодо оптимізації управління потоками інформації під час прийому-передачі даних діагностування по мережі Internet.

Основний результат

Для синтезу математичної моделі Internet-системи використаємо визначення, що відносяться до загальних принципів функціонування комп'ютерних мереж [7]. Як відомо [8,9] більшість мереж органі-

зовано як набір “рівнів”, кожний з яких будується над попереднім. Кількість рівнів, їх назви, вміст та призначення можуть бути різними, але в усіх мережах метою кожного рівня є надання певних послуг для наступних рівнів. При цьому деталі функціонування низьких рівнів приховано від більш високих рівнів.

Визначення 1. Під протоколом рівня *A* будемо розуміти правила та умовності, що використовуються для підтримки зв’язку кожного учасника мережі *A* з іншими учасниками з рівня *A*.

Визначення 2. Під архітектурою мережі розуміють набір рівнів та протоколів, які повністю визначають роботу даної мережі.

Визначення 3. Під еталонною моделлю розуміють такий опис архітектури, який однозначно визначає функціональне призначення рівнів та протоколів даної мережі.

В мережі Internet використовується еталонна модель архітектури TCP/IP та пакетна комутація [8]. Основою архітектури є міжмережевий рівень, який забезпечує передачу пакетів між будь-якою парою машин в мережі без встановлення з’єднання.

У відповідності до вимог, які висуваються до математичних моделей комп’ютерних мереж, сформулюємо основні вимоги до математичної моделі Internet-системи телемоніторингу стану здоров’я людини [7,8,9]:

- модель повинна відображати усі взаємоз’язки між вузлами на фізичному рівні;
- модель повинна відображати з’єднання між вузлами на мережевому рівні;
- модель має відображати рівень пропускної здатності каналів зв’язку між вузлами;
- модель має надавати можливість моделювати функціонування засобів обмеження пропускної здатності, що працюють на вузлах мережі;
- модель повинна мати можливість представити інші дані про функціонування вузлів мережі, котрі доцільно буде використати при вирішенні задачі управління трафіком.

На основі висунутих вимог, синтезуємо Internet-систему телемоніторингу на основі гіперграфової моделі структури з трьома різними типами вузлів, які описують три різні структурні елементи мережі, а саме:

- активне та пасивне мережеве обладнання, маршрутизатори, сервери та робочі станції;
- мережеві середовища, що використовуються для фізичної передачі даних;
- підмережі IP.

Крім того, використаємо два типи дуг гіперграфа, які описують два різні типи зв’язків між структурними елементами, а саме: фізичні та логічні інтерфейси.

Таким чином, модель Internet-системи моніторингу стану здоров’я людини набуде вигляду:

$$N = < H, L_{ph}, L_{ip}, E_{ph}, E_{ip}, I >$$

де H – множина “вузлів” мережі, що включає в себе активне та пасивне мережеве обладнання, маршрутизатори, сервери та робочі станції;

L_{ph} – множина “фізичних з’єднань”, що являють собою мережеві середовища, які використовуються для фізичної передачі даних (відповідає рівню “мережа” в еталонній моделі TCP/IP);

L_{ip} – множина підмереж IP, що використовуються у мережі, а також адреса точкових (point-to-point) з’єднань;

E_{ph} – підмножина підмереж IP, що використовуються у мережі, а також адреса точкових (point-to-point) з’єднань;

E_{ip} – підмножина декартового добутку $H \times L_{ip}$, “логічні інтерфейси”;

I – інформаційно-числові параметри мережі.

Дану модель можна представити також у вигляді гіперграфу (рис.1).:

Параметри гіперграфової структури Internet-системи телемоніторингу можна записати у вигляді:

$$H = \{ A_1, A_2, \ldots, A_n, SPD, Server \};$$
$$L_{ph} = \{ S_{A1}, S_{A2}, \ldots, S_{An}, S_B \};$$
$$L_{ip} = \{ N_A \};$$
$$E_{ph} = \{ (A_1\ S_{A1,}), (A_2, S_{A2}), \ldots, (A_n, S_{An}),$$
$$(SPD, S_{A1,}), (SPD, S_{A2,}), \ldots, (SPD, S_{An}),$$
$$(Server, S_B), (SPD, S_B)\};$$
$$E_{ip} = \{(A_1, N_A), (A_2, N_A), \ldots, (A_n, N_A)\ (Server, N_A)\};$$

Опис Internet-системи телемоніторингу за допомогою математичної моделі є основою для створення структури. При створенні структури системи була використана класична архітектура клієнт-серверних систем, яка вимагає наявності комплексу апаратних та інформаційних засобів, які називають сервером і мінімум однієї або декількох програм або компонент, які називаються клієнтами. Клієнт має можливість асинхронно для сервера ініціювати виконання процедур і отримати результати їх виконання. Архітектура клієнт-сервер забезпечує можливість декільком клієнтам взаємодіяти з сервером паралельно

і незалежно один від одного. Система реалізує концепцію "слабкий клієнт-потужний сервер", тобто прак-

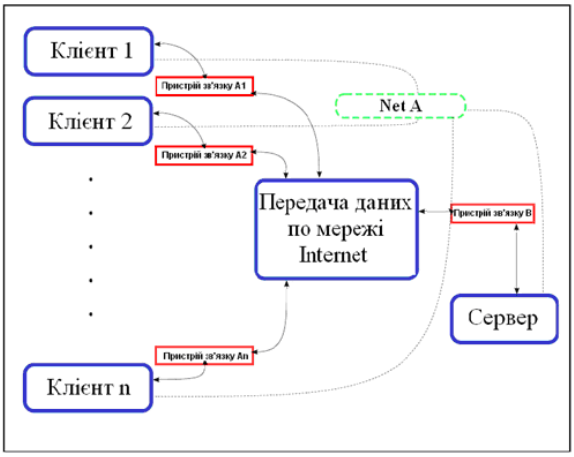

Рис.1. Гіперграфова структура Internet-системи телемоніторингу

тично вся обробка здійснюється сервером. Сервер посилає готовий результат, який не потребує додаткової обробки. Клієнт тільки реалізовує діалог з користувачем.Обмін між клієнтом та сервером відбувається через глобальну мережу Internet, яка базується на сімействі протоколів IP. Реалізована, згідно наведеним вище принципам функціонування, структура Internet-системи телемоніторингу стану здоров'я людини зображена на рис.2.

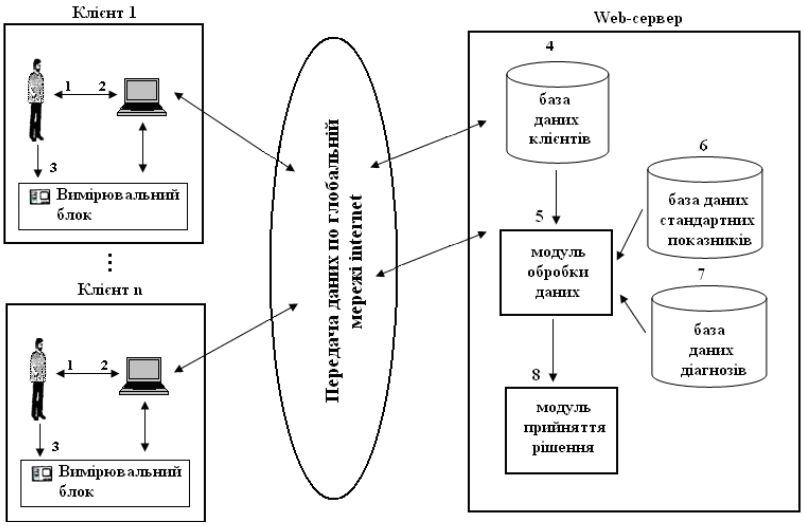

Рис.2. Структурна схема Internet-системи телемоніторингу стану здоров'я людини

Опишемо роботу Internet-системи дистанційного контролю стану здоров'я людини. Клієнт системи (1) під керівництвом спеціального програмного забезпечення (2), яке може бути встановлене на стаціонарному комп'ютері, ноутбуці або мобільному телефоні, здійснює вимірювання інформаційних сигналів у репрезентативних точках за допомогою вимірювального блоку (3). Дані вимірювань в автоматичному режимі за допомогою протоколів GPRS або WAP передаються по глобальній мережі Internet на Web-сервер центра телемоніторингу. Там дані поточного моніторингу конкретного клієнта системи реєструються у базі даних клієнтів (4), де відбувається їх накопичення та зберігання. Далі дані діагностування поступають на модуль обробки (5), де за допомогою відповідного інформаційного забезпечення здійснюється обрахунок числових характеристик та порівняння із значеннями норми з бази даних стандартних показників (6) У разі відхилення від норми, визначаютьься його кількісні та якісні значення, які співставляються із даними з бази даних діагнозів (7). Далі результати обробки даних діагностування разом із встановленим діагнозом поступають на блок прийняття рішення про стан функційних систем конкретного клієнта (8), де спеціально підготовлений врач-експерт самостійно або, у разі потреби, колегіально здійснює аналіз отриманих даних та формує експертний висновок поточного моніторингу функційного стану здоров'я даного клієнта з рекомендаціями по відновленню функційної рівноваги. Далі експертний висновок разом з рекомендаціями, по лініям зворотного зв'язку, передається конкретному клієнтові.

Для забезпечення оперативності телемоніторингу необхідно здійснити аналіз процесу передачі даних в мережі та виявити способи оптимізації потоків даних в мережі. Специфікою мережі Internet є відсутність функції резервування пропускної здатності та відсутність чіткого контролю за швидкістю, з якою надходить інформація. У випадку перевищення пропускної здатності каналу зв'язку, маршрутизатор створює чергу пакетів певного розміру, причому якщо черга переповнена, то нові пакети просто ігноруються. Цей механізм покладено в основу обмеження швидкості передачі даних протоколу TCP/IP. Коли відправник визначає, що раніше надісланий пакет не дійшов до отримувача, швидкість передачі зменшується вдвічі. Відповідно, отримувач може лише опосередковано впливати на швидкість, з якою відправник відсилає інформацію. Варто відзначити, що перевантаження каналу зв'язку відразу приводить до втрати пакетів, і внаслідок цього знижується швидкість передачі інформації. Оскільки протоколи транспортного рівня не забезпечують такі функції, усі турботи про розподіл або обмеження пропускної здатності покладаються на розробників протоколів програмного рівня та технічний персонал, що обслуговує мережу. Так як більшість Internet-протоколів не потребує стабільно високої пропускної здатності (окрім таких винятків як відео- та аудіо-конференції та телефонія), і має характер відносно короткочасних піків, канал зв'язку з обмеженою пропускною здатністю може задовільно обслуговувати достатньо велику кількість абонентів за умови, що періодичні запити компенсуються періодами неактивності. Технологією, що забезпечує таку компенсацію є Traffic Shaping.

Серед нових можливостей запобігання перевантаження каналів зв'язку варто також відмітити технологію ECN (Explicit Congestion Notification), розширення протоколу IP, що дозволяє повідомити відправника про високу завантаженість каналу зв'язку. Для більш ефективного використання пропускної здатності каналу зв'язку, необхідно змінювати пріоритети певним видам вхідного та вихідного трафіку в підсистемах КЛІЄНТ та СЕРВЕР, наприклад зменшувати пріоритет потокам, що займають значну частину трафіку, віддаючи перевагу коротким потокам.

Висновки

Виходячи із поставленої мети, в даній роботі була побудована математична модель та створена структурна схема Internet-системи телемоніторингу стану здоров'я людини, що дає змогу підвищити ефективність діагностування за допомогою систем дистанційного спостереження. На основі проведеного аналізу процесу передачі даних в мережі Internet були виявлені способи оптимізації потоків даних в автоматизованій системі телемоніторингу стану здоров'я людини для досягнення кращих характеристик оперативності процесу діагностування.

Література

[1] Перспективы внедрения телемедицинских технологий для лиц пожилого возраста в Одесском регионе /Л. С. Годлевский, В. В.Дец, К. И. Степаненко и др. // Біофізичністандарти та інформаційні технології в медицині. — Одеса, 2004.—с. 48-52.

[2] Сичов О.С., Лутай М.І., Романова О.М. та ін. Амбулаторне холтерівське моніторування ЕКГ. Рекомендації Асоціації кардіологів України // Укр. кардіол. журн. – 2005. – Додаток 5. – С. 11-36.

[3] Лоза О. Кому и когда нужен мониторинг//Современная медицина. – 2005.-№1. с.30-34

[4] Dimmick SL, Mustaleski C, Burgiss SG, Welsh T.A. case study of benefits and potential savings in rural home telemedicine. Home Health Nurse. 2000; 18:124-135

[5] Центр медицинского телемониторинга http://www.medcare.ru

[6] Лучинина Е.В. Изучение диагностической эффективности метода электропунктурной диагностики по Накатани и компьютерного комплекса «Диакомс» при артериальной гипертонии: Автореф. дис. к-та мед. наук: 05.13.01/ Саратовский Государственный медицинский университет. – Москва, 2002.

[7] Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы / В.Г. Олифер, Н.А.Олифер.- СПб: Издательство «Питер», 2000.-672 с.: ил.

[8] Hauben, Michael. "The history of ARPA leading up to the ARPANET." History of ARPANET. http://www.dei.isep.ipp.pt/docs/arpa-1.html

[9] Галкин В.А.,Григорьев Ю.А. Телекоммуникации и сети: Учебное пособие для вузов. -М: МГТУ им. Баумана Н.Э., 2003.-608с.-(ил.).

[10] Кеннет Г. Основы сетей Windows: Учебное пособие .-Пер.с англ.-М:Диалектика,1999.