

ПРОБЛЕМНІ СТАТТІ

Via scientiarum!

УДК 616+681.14

Деякі аспекти застосування грід-технологій в медицині

В.І.Авраменко, І.В.Романенко*

*Міжнародна клініка відновного лікування, Трускавець, *Науково-практичний медичний центр дитячої кардіології та кардіохірургії, Київ, Україна*

РЕЗЮМЕ, ABSTRACT

Грід - технології останнім часом набувають все більшого розвитку та впровадження в науці, економіці, медицині, освіті. В світі створено кілька потужних координаційних центрів щодо їх застосування. В медицині виконується ряд проектів, що потребують великих обчислювальних ресурсів: розшифровка генома, віртуальні госпіталі, пошуки нових ліків, дослідження з епідеміології. В Україні створено академічний сегмент гріду, побудовано перші потужні грід-кластери, які інтегровані в європейську наукову грід-інфраструктуру (Укр.журнал телемедицини та мед.телематики.-2010.-Т.8,№1.-С.4-11).

Ключові слова: грід-технології, медична інформаційно-аналітична система, моделювання, медична статистика, електронні медичні картки, PACS, віртуальний госпіталь

*В.И.Авраменко, И.В.Романенко**

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ГРИД-ТЕХНОЛОГИЙ В МЕДИЦИНЕ

Международная клиника восстановительного лечения, Трускавец, Научно-практический медицинский центр детской кардиологии и кардиохирургии, Киев, Украина

Грід - технологии в последнее время находят все более широкое применение в науке, экономике, медицине, образовании. В мире создано несколько мощных координационных центров по их внедрению. В медицине выполняется ряд проектов, которые требуют мощных вычислительных ресурсов: расшифровка генома, виртуальные госпитали, поиск новых лекарств, исследования по эпидемиологии. В Украине создан академический сегмент грида, построены первые мощные грід-кластеры, интегрированные в европейскую научную грід-инфраструктуру. Обсуждаются медицинские аспекты применения грід-технологий в Украине (Укр.журнал телемедицины и мед.телематики.-2010.-Т.8,№1.-С.4-11).

Ключевые слова: грід-технологии, медицинская информационно-аналитическая система, моделирование, медицинская статистика, электронные медицинские карточки, PACS, виртуальный госпиталь

*V.I.Avramenko, I.V.Romanenko**

SOME ASPECTS OF MEDICAL APPLY OF GRID TECHNOLOGY

*International clinic of Rehabilitation, Truskavets, *The scientific-practical children's cardiac centre, Kyiv, Ukraine*

Grid technology is becoming and more popular to apply in economical, medical and educational sciences. There is some powerful coordination centers created around the world for its implementation. In medical science a number of projects are running with huge computational powers demand, such as genome decoding, virtual hospital, new drugs research, epidemiology research. Academic grid –segment has been created in Ukraine, with the first grid –clusters, integrated in European scientific grid – infrastructure. Medical aspect grid - technology is awaiting for its implementation in Ukraine (Ukr.z.telemed.med.telemat.-2010.-Vol.8,№1.-P.4-11).

Key words: grid-technologies, medical information & analytic data systems, modeling, medical statistics, electronic medical chart, PACS, virtual hospital

1. **Поняття про грід-технології.** Грід, термін в дослівному перекладі з англійської означає «ґрати», «сітка»[1-3], утворюється власниками обчислювальних ресурсів як се-

редовище колективного комп'ютерингу, яке вони надають у спільне використання. Таке розподілене об'єднання комп'ютерних ресурсів фактично віртуально генерує

створення потужного гіперкомп'ютера. Зростання швидкості обчислень та ефективності використання ресурсів досягається за рахунок того, що виконання обчислювальної задачі можна розпаралелити на велику кількість вільних процесорів, оскільки відомо, що комп'ютери протягом доби більшу частину часу простоюють і в середньому завантажені на 5-10 відсотків. Ця ж проблема також актуальна для великих обчислювальних центрів. Необхідність такого об'єднання обчислювальних ресурсів та ліній зв'язку обумовлена вимогами щодо створення все більш потужних обчислювальних ресурсів для розв'язання особливо складних задач. Одночасно мінімізуються витрати на підтримку працездатності обладнання та його модернізацію.

Власники і споживачі ресурсів взаємодіють на підставі узгоджених правил надання/споживання обчислювальних ресурсів. В цьому полягає аналогія з електричними мережами, для якої Power Grid є мережею електроживлення, до якої може підключитися будь-який споживач і використати потрібну кількість електроенергії без прив'язки до місця її виробництва. Сучасний стан обчислювальної інфраструктури нагадує стан систем електрозабезпечення початку ХХ століття. Тоді кожен споживач електроенергії користувався практично власним генератором. Користуватися електроенергією незалежно від місця її виробництва стало можливим з побудовою систем електроживлення, створенням технологій передачі і розподілу електроенергії та спеціалізованих служб забезпечення гарантованого доступу та контролю за споживанням електроенергії. Аналогічним чином користувач повинен мати можливість з будь-якого місця запустити свою задачу і система повинна автоматично виділити необхідні ресурси для її розв'язання. Грід передбачає для користувачів право доступу до будь-яких обчислювальних ресурсів в такий же простий спосіб, як на сьогодні реалізується доступ до телефону або Інтернету. Ідея об'єднання обчислювальних ресурсів в єдину мережу при здавалося б її очевидності досить складна в реалізації. Одночасно необхідно вирішити питання створення розподіленої інфраструктури, яка об'єднує ресурси процесорів, сховищ, баз даних, архівів, пам'яті, мережі, а також забезпечити гарантований доступ для користувачів незалежно

від місця їх перебування та оптоволоконних мереж передачі даних.

Створення на єдиних принципах інтеграції обчислювальних ресурсів грид-інфраструктури, що складається з різномірних апаратних та програмних ресурсів, можливе за умови функціонування центру, що координує, який забезпечує наскрізну роботу інфраструктури та вирішення питань ідентифікації, сертифікації, безпеки доступу тощо. На сьогодні в світі функціонує кілька центрів, які виконують функцію управління для об'єднаних ресурсів. Один з таких центрів діє в скандинавських країнах, кілька центрів створено в США та Канаді. Найбільш потужний центр управління знаходиться в ЦЕРНі (Женева, Швейцарія), в загальноєвропейському інституті ядерних досліджень, співробітники якого поклали початок розвитку та впровадженню грид-технологій у світі. Проект, реалізований в ЦЕРНі, об'єднує кілька десятків тисяч сучасних потужних комп'ютерів з десятків обчислювальних центрів з усього світу. Формування обчислювальної мережі в ЦЕРНі створювалося для обробки і аналізу безпрецедентного обсягу (близько 15-20 петабайт на рік, 1 петабайт=10¹⁵ байт) експериментальних даних, які, починаючи з 2010 року, будуть надходити з найбільшого у світі прискорювача елементарних часток та ядер LHC (Large Hadron Collider). Селективність пошуку очікуваних подій в таких експериментах можна порівняти з пошуком однієї голки в мільйоні стогів сіна. Для розв'язання такої надзадачі було поставлене завдання пошуку необхідних обчислювальних ресурсів. Створення одного суперкомп'ютера з достатньою потужністю вимагало б величезних фінансових та матеріальних витрат, тому пошук розв'язку пішов в площині об'єднання в єдину інфраструктуру обчислювальних ресурсів різних наукових та зацікавлених установ, залучених до проекту, та розробки відповідного програмного забезпечення.

Грид-технології можна класифікувати на обчислювальні грид-технології, призначені для роботи на віртуальних суперкомп'ютерах, грид-технології баз даних (DataGrid) – зорієнтовані на роботу з великими обсягами баз даних, інформації і знань; сукупні грид-технології для віртуальних об'єднань дослідників, які працюють над спільною проблемою.

Коллективний розподілений режим доступу до ресурсів і пов'язаних з цим можливостей стимулюють створення віртуальних

організацій як добровільного (тимчасове або постійне) об'єднання власників комп'ютерних ресурсів (незалежно від їхнього географічного розташування), зацікавлених у розв'язанні спільних чи близьких за інтересами наукових, науково-технічних та інших проблем, для розв'язання яких потрібні надвеликі комп'ютерні ресурси і використання грид-технологій. Кожен з його учасників надає свої обчислювальні ресурси (або їхню частину) для спільного користування, при цьому отримує доступ до ресурсів інших учасників об'єднання. На сьогодні в світі існують сотні таких об'єднань.

Будь-яка комп'ютерна програма реалізує алгоритм розв'язання задачі та послідовно виконує команду за командою. Проте не кожну задачу, алгоритм якої задається командами для послідовних обчислень, можна сформулювати у вигляді алгоритму для паралельного опрацювання інформаційних потоків або розбити на множину незалежних одна від одної підпрограм. Існує ряд задач, які неможливо розв'язати на комп'ютерах масового виробництва та стандартного програмного забезпечення в силу необхідності надання великих обчислювальних ресурсів. Для розв'язання задач такого класу необхідна узгоджена робота багатьох сотень або й тисяч процесорів. З цією метою створюються багато процесорні комп'ютери зі спеціальною архітектурою та програмним забезпеченням. До задач з паралельним режимом обчислень відноситься значний клас задач аеро- і гідродинаміки (розрахунок крила літака або корпусу швидкісного судна), моделювання складних динамічних систем (ядерного вибуху, утворення нейтронних зірок), ядерної фізики, охорони оточуючого середовища, прогнозу погоди і прогнозування кліматичних змін, чисельного моделювання в машинобудуванні, біологічного моделювання, фармацевтики тощо. Наприклад, до цього класу задач відноситься пошук нових фармацевтичних препаратів. Пошук нових ліків коштує дуже дорого (від 1 до 2 млрд. доларів) і займає від 4 до 10 років. На сьогодні розроблені спеціальні програми, які дозволять замінити емпіричну складову пошуку на розрахункову. Спеціальне програмне забезпечення дає змогу підібрати сумісні просторові моделі молекул для синтезу і тим самим різко зменшити час на розробку препарату і затрати на виконання робіт. Але для того, щоб підібрати потрібну необхідну просторову конфігурацію молекул, часом із

мільярдів можливих комбінацій, необхідні дуже великі обчислювальні ресурси.

За темпами впровадження грид-технологій в науці, індустрії, гуманітарній сфері за останнє десятиріччя значно випереджають Інтернет. Доповнення Інтернету можливостями широкого доступу до інформації та здатністю виконувати за допомогою грид-технологій гігантські за обсягом обчислення, створює систему, яку називають обчислювальним Інтернетом. Більше того, вже з'явився новий термін World Wide Grid — WWG. В цьому сенсі грид розглядається як еволюційне продовження Інтернету і відіграє таку ж роль для обчислювальних ресурсів, як для мережі Всесвітньої павутини WWW можливість вільного доступу до документів.

В Україні перший грид-кластер був створений групою фізиків із Національного наукового центру «Харківський фізико-технічний інститут» у 2002 році. У 2004-2005 роках фахівцями Інституту теоретичної фізики ім. М.М. Боголюбова НАН України спільно із співробітниками обчислювального центру Київського національного університету імені Т.Шевченка побудували потужний грид-вузол, який сертифікований в AliEn-grid та ресурси якого включені для інформаційно-обчислювального забезпечення експериментів на прискорювачі протонів та ядер LHC в ЦЕРНі[4]. Протягом 2006-2009 років грид-кластери та грид-платформи доступу створені в 89 наукових закладах академії. Загалом комп'ютерні ресурси цієї групи наукових установ складають близько 700 процесорів і 90 Терабайтів дискового простору для збереження даних.

Формування телекомунікаційної академічної мережі грид-технологій, яка має назву UARNET, проходить в кілька етапів. На першому етапі (2004-2006 роки) прокладено оптоволоконний канал Харків – Суми- Київ – Вінниця- Хмельницький- Тернопіль –Львів - державний кордон з Польщею та з приєднанням його до оптоволоконного каналу (мережа PIONIER) на кордоні Польщі. Цей оптоволоконний канал має загальну довжину 1300 км. На другому етапі побудовано магістральний канал між регіональними центрами Київ – Одеса – Сімферополь – Донецьк – Дніпропетровськ – Харків за кільцевою технологією. Далі планується розбудова академічної оптоволоконної мережі у регіональних центрах, продовження мережі до обласних центрів та великих міст та паралельно розбудова оптоволоконних каналів з пропускну здатністю не менше 2.5 Гбіт/с

до кордонів з Росією, Угорщиною, Словаччиною, Білоруссю, Молдовою. Технічно найбільш ефективним і дешевим рішенням для магістральних ліній зв'язку є використання вже існуючих оптоволоконних каналів зв'язку на основі так званої лямбда-технології. Це дозволить швидко об'єднати регіональні центри лініями зі швидкостями передачі даних 10 Гбіт/с. Побудова нових локальних оптоволоконних каналів зі швидкістю вище 1 Гбіт/с потребуватиме більших витрат і доцільна в районах із слабким розгалуженням мережі ліній зв'язку.

2. *Перспективи розвитку грид-інфраструктури в Україні.* Кабінет Міністрів України 23 вересня 2009 року постановою №1020 затвердив Державну науково-технічну програму впровадження і застосування грид-технологій на 2009-2013 роки, державним замовником-координатором є Національна академія наук, а виконавцями разом з НАН України є Міністерство освіти та науки та Міністерство охорони здоров'я. Метою даної Програми є створення національної грид-інфраструктури та умов для широкого впровадження грид-технологій у різних сферах суспільного життя, зокрема медичній галузі.

В основу програми покладено ідеологію формування національної грид-інфраструктури на основі побудови системи ієрархічно розподілених обчислювальних грид-кластерів (базовий операційний центр → регіональний ресурсний центр → локальний грид-кластер → локальна грид-платформа (термінал доступу), що забезпечать установам, організаціям та окремим користувачам доступ до грид-технологій. Одночасно передбачається розпочати роботи зі створення в регіональних центрах базових ресурсних центрів грид-кластерів та грид-платформ доступу та формування віртуальних організацій за спільними науковими, науково-технічними та практичними інтересами.

Такий підхід є оптимальним, оскільки дозволяє врахувати ще на проектній стадії як відомчі, так і регіональні інтереси, забезпечити швидко інтеграцію українського національного гриду до європейської і світової грид-інфраструктури. Паралельно відпрацьовуватиметься методика практичної роботи і підготовки та перекваліфікації кадрів. Створення ж відомчих грид-інфраструктур, що попервах видається більш простим завданням, в майбутньому стане

непереборною перешкодою до їх об'єднання у національну грид-інфраструктуру.

Базовий операційний центр національної грид-інфраструктури відповідно до програми формуватиметься на основі наявного грид-сегмента НАН України в Інституті теоретичної фізики ім. М.М. Боголюбова НАН України з покладанням на нього наступного комплексу завдань:

- створення і розвиток регіональних ресурсних центрів;
- забезпечення безперебійного функціонування базового та регіональних центрів;
- розвиток мережевої інфраструктури українського сегмента грид;
- інтеграція з ресурсами EGEE та інших міжнародних грид-проектів і організацій;
- тестування і сертифікація грид-кластерів та програмного забезпечення;
- реєстрація і підтримка користувачів і віртуальних організацій, архівування резервних копій, протоколів доступу, моніторинг, аудит.

В питаннях застосування грид-технологій в медичній галузі виділено окремий блок питань, об'єднаних наступними завданнями:

- створення медичних інформаційно-аналітичних систем для проведення обліку і оброблення медичних даних за допомогою грид-технологій;
- створення центру зберігання і оброблення медичних даних та забезпечення доступу до нього закладів охорони здоров'я;
- створення грид-комплексів для передачі медичних даних з використанням телекомунікаційних методів.

3. *Медичний грид.* В медицині на впровадження грид-технологій покладають великі надії у розв'язання ряду складних проблем галузі. Звичайно, грид-технології – це не пацея на всі випадки життя, але вже окреслилось широке поле їх застосувань у галузі. Історично першим прикладом впровадження грид-технологій для інформаційного супроводу медичних досліджень з раку молочної залози є проект MAMMOGRID (<http://mammogrid.vitamib.com>) [5]. Цей проект розпочався у 2002 році з архівування даних досліджень молочної залози трьох європейських клінік, а на сьогодні планується надати доступ до даних щорічних обстежень мільйонів жінок, інформація про які зберігається в європейських медичних клініках. Такий аналіз може вивести наші

знання на якісно новий рівень осмислення проблеми, а головне, що за рахунок комплексної комп'ютерної діагностики зростає достовірність обстежень на самих ранніх стадіях розвитку хвороби.

У розвинутих країнах питання впровадження грид-технологій вийшло на перший план як черговий етап інформатизації галузі. Проте в Україні загальна ситуація суттєво відрізняється від загальноєвропейської, оскільки робляться практично перші кроки в інформатизації галузі. Інформатизація лікарень відбувається переважно стихійно та хаотично. В галузі відсутній прийнятний варіант медичної інформаційно-аналітичної системи для лікувальних закладів та стандартна електронна медична картка пацієнта з урахуванням вимог до структури та розподілу даних, форматів та обсягів статистичної звітності. Медична інформація далека від стандартів, використовуються взаємно несумісні форми зберігання, звітності тощо. Якщо місцями інформаційні системи все таки впроваджені, то це локально і прив'язано до конкретної розробки.

Наявність медичної інформаційно-аналітичної системи передбачає вирішення питань інформаційного забезпечення діяльності лікувально-діагностичних підрозділів закладу: реєстратури, приймального відділення, лабораторії, діагностичних підрозділів, оперблоку та реанімації, підрозділів матеріально - технічного та фінансового забезпечення, а також супроводу бази електронних медичних карток, цифрових медичних протоколів та графічних зображень досліджень. В основу ідеології інформаційної системи як базові принципи необхідно покласти здатність до гнучкого налаштування системи під потреби конкретного закладу з урахуванням специфіки його роботи, дружній інтуїтивний україномовний інтерфейс, простоту використання, типове відображення даних, уніфіковану систему навігації по медичній картці пацієнта, інтегральний характер побудови та модульну структуру програмного алгоритму.

Модулі системи виділяють після аналізу особливостей роботи та функціональних взаємозв'язків між підрозділами лікувального закладу. Система при необхідності повинна допускати розширення, доповнення та доробки, врахування яких не призводить до необхідності радикальної зміни програмного алгоритму в цілому. Система, при необхідності, повинна легко доповнюватися, наприклад, модулем цифрових архівів

досліджень або модулем проведення телеконсиліумів та консультацій на відстані. Алгоритм побудови системи повинен забезпечувати як автономну, так і у складі всього комплексу роботу модулів. Об'єднання модулів в єдину систему повинно відбуватися через програмне забезпечення, яке формує ядро медичної інформаційної системи та забезпечувати управління.

В комплексі питань щодо інформатизації галузі окремо виділяють питання PACS-систем (Picture Archival and Communications System або PACS)[6-8] та систем телеконференц-зв'язку. PACS-системи визначають як спеціалізовані інформаційні системи, які розраховані для роботи з великими обсягами розподілених даних радіологічних, генетичних досліджень та медичної графіки. Радіологічна інформація обстеження навіть одного пацієнта може займати великі обсяги, особливо якщо проводяться складні обстеження (тривимірні зображення, часові послідовності і т.п.), що потребують опису з урахуванням різних супутніх факторів та особливостей. Так, первинна інформація стандартного обстеження на КТ може займати кілька мегабайтів, а на МРТ - до півгігабайта. Обсяги такої інформації щорічно зростають. Медична інформація потребує також комп'ютерної обробки, масштабування та створення структурованих архівів. На сьогодні знімки, як частина історії хвороби, не прямують за пацієнтом в процесі обстеження або лікування з клініки в клініку, медичні дані розсіяні по місцях проведення обстежень. При лікуванні, як правило, немає можливості одержати повну медичну інформацію про пацієнта в історичному розрізі. Після затвердження стандартів зберігання медичної інформації та впровадження електронних карток пацієнтів виникне можливість перейти від паперової до цифрової історії хвороби, яку можна буде легко передавати з клініки в клініку слідом за пацієнтом. Правові аспекти архівування медичних даних міняються від країни до країни, але в середньому термін зберігання медичної інформації становить 20 років для будь-яких даних та 70 років для спеціальних даних. Доступ до цієї інформації повинен бути обмежений, дані повинні бути закодовані для гарантії їхньої безпеки, але форма стандартизованих протоколів хвороби повинна бути зрозуміла для лікарів незалежно від місця та країни перебування пацієнта. Створення цифрових архівів обстежень пацієнтів з тривалим часом зберігання інформації ре-

ально спостерігається в європейських та американських клініках.

Актуальність широкого впровадження інформаційних систем та систем PACS стає очевидною, особливо з огляду на перехід вітчизняної медицини в перспективі до 2013 року на стандарти страхової медицини. Впровадження страхової медицини разом із загостренням в галузі конкуренції приведе до введення інституту незалежної експертизи лікування, необхідності надання експертам в суперечливих випадках всієї первинної медичної інформації про перебіг хвороби. Як приклад можна навести подібну ситуацію в Україні, що склалася протягом 2006-2007 років при введенні обов'язкового страхування автотранспортних засобів. Як наслідок швидко сформувався ринок страхових послуг та прийняв цивілізовані форми, оформилися професійні гільдії аварійних комісарів, експертів і зараз лише екстремали виїжджають в дорогу без оформленої страховки.

Впровадження грід-технологій дасть змогу вирішувати наступні медичні проблеми:

- проводити аналіз медичних обстежень та досліджень із значними обсягами відцифрованої інформації; збирати, структурувати, обробляти та передавати медичні дані, результати обстежень та досліджень;
- здійснювати комутацію різних PACS;
- проводити телеконсилиуми та консультації для постановки діагнозу, обговорення наукових результатів;
- надавати медичним установам інформаційні ресурси у вигляді обчислювальних потужностей, програм, телекомунікацій;
- забезпечувати інформаційний менеджмент охорони здоров'я.

Побудова інформаційної системи відбуватиметься таким чином, щоб стала технологічно можливою модернізація, зміна, доповнення та вилучення апаратних ресурсів або застарілого обладнання без втрати цілісності даних та порушень працездатності системи. Такий підхід особливо актуальний для охорони здоров'я, оскільки медичні дані необхідно зберігати десятиліттями, набагато довше від самих носіїв зберігання інформації. Відсутність жорсткої прив'язки баз даних до носіїв зберігання інформації та обладнання, яке швидко старіє, а також диференційований інтелектуальний режим доступу до даних радикально знижуватимуть сукупну вартість

підтримки інформаційних ресурсів. Інтелектуальна схема управління даними та архітектура програмного забезпечення потребують забезпечення захисту та підтримки безперебійного режиму роботи системи за рахунок вбудованих засобів безперебійного функціонування. Такий інтегрований підхід до забезпечення безперебійної роботи системи та збереження інформації має переваги перед традиційним резервним копіюванням та відновленням баз даних. Такий підхід не приводитиме до довгих перерв в роботі під час відновлення працездатності системи, хоч обсяги медичної інформації досягають сотень терабайт.

На завершення наведемо кілька прикладів, які характеризують потенційні можливості грід-технологій в медицині. Перший проект, реалізований за допомогою мережі World Community Grid, був пов'язаний із вивченням просторової структури білків людини (Human Proteome Folding Project). Вважається, що на виконання цього проекту на базі обчислювальних ресурсів інституту без використання ресурсів мережі World Community Grid необхідно було б 100 років комп'ютерного часу. Значення даного проекту важко переоцінити. База даних структури білків дасть змогу перейти до вивчення хвороб на молекулярно - генетичному рівні і в кінцевому рахунку відшукати ліки від раку, малярії та інших хвороб. До результатів досліджень проекту Human Proteome Folding Project відкрито вільний доступ.

Пріоритетні дослідження в мережі World Community Grid планується виконувати в наступних галузях:

- медицина — вивчення генома, епідеміологія, вивчення біологічних систем;
- екологія — кліматологія, забруднення та захист оточуючого середовища;
- базові дослідження з питань соціального забезпечення.

Ще одна розробка стосується впровадження в більше ніж тисячі лікарень у всьому світі системи "мобільного помічника медичного працівника" (mobile clinical assistant, MCA), яка надає змогу лікарям та медсестрам отримувати всі дані з історії хвороби пацієнта безпосередньо біля ліжка хворого (див. www.motioncomputing.com/solutions/healthcare.asp або www.intel.com/healthcare/ps/mca/). Така система суттєво покращує якість надання медичних послуг та зменшує ступінь медичних помилок персоналу.

В системі, що має назву Grid Medical Archive Solution (GMAS), лікарні отримали можливість через свої PACS-системи звертатися до розподілених баз зберігання медичних зображень та радіологічної інформації, використовувати технології масштабування даних, зберігати їх цілісність та виділяти незмінні частини. За рахунок використання грид-технологій GMAS фактично відділяє PACS-системи від інфраструктури зберігання даних. Лікарні можуть спільно використовувати ресурси зберігання даних, оптимізувати рівень завантаження обладнання, підвищити швидкість та надійність доставки медичних зображень, спростувати схеми управління та зменшувати сукупні витрати на зберігання інформації. Наслідком впровадження GMAS-системи є якісно новий рівень діагностики та лікування пацієнтів. Тим самим фактично створюються основи інформаційної медицини.

Черговим поступальним кроком у розвитку медицини є створення віртуальних госпіталів. В проекті віртуального Європейсько-Середземноморського госпіталю (Virtual Euro-Mediterranean Hospital, www.emispher.org)[9] пропонується об'єднати клініки 5 європейських міст (Палермо, Афіни, Клермонт, Берлін, Париж) та 5 середземноморських міст (Касабланка, Алжир, Туніс, Каїр та Нікосія) каналами швидкісного оптоволоконного зв'язку для реалізації телемедичних конференцій, діагностики, консультацій, дистанційного навчання. При цьому пропонується разом із передачею відеосигналу передавати в режимі реального часу результати медичних діагностичних обстежень та їх проведення.

В українській системі охорони здоров'я грид-технології в першу чергу доцільно впроваджувати в медичних діагностичних цен-

трах та медичних науково-дослідних інститутах, оснащених сучасним діагностичним обладнанням. Ці роботи варто розпочати на базі медичних установ Києва та провідних регіональних медичних центрів з одночасним їх інтегруванням до вже існуючої інфраструктури в НАН України. На наступному етапі необхідно створити регіональні медичні грид – центри з розбудовою спеціалізованих кластерів, охопленням всіх обласних центрів та з підключенням до мережі потенційно значимих медичних установ. Регіональні центри повинні бути об'єднані за єдиною грид – мережею, інтегрованою до національної грид-мережі. Для підтримання працездатності медичної грид-інфраструктури доцільно створити в галузі базовий координаційний медичний операційний центр.

Ефективність використання сучасних інформаційних технологій в галузі, ефект від впровадження та реальні переваги використання в лікувальних закладах прямим чином залежить від готовності керівництва та персоналу освоювати нові технології у повсякденній роботі. Це певний процес, результати якого можна буде відчувати лише через деякий час, можливо, через півроку, можливо, через рік, можливо, довше. Але для досягнення результату в будь-якому випадку потрібна координація зусиль та взаємна співпраця медиків в освоєнні нових технологій та стандартів інформаційної культури та інженерів у здатності зрозуміти потреби конкретних фахівців та лікувальних закладів і адекватним чином їх навчити. Дуже важлива при цьому роль керівництва як галузі в цілому так і окремих лікувальних закладів в підтримці і розумінні необхідності використання нових технологій.

Література і веббібліографія

1. Foster I., Kesselman C., Tuecke S. The Anatomy of the Grid: Enabling Scalable Virtual Organizations// International Journal of High Performance Computing Applications, 15 (3). 200-222. 2001. <http://www.globus.org/research/papers/anatomy.pdf>.
2. Foster I., Kesselman C., Tsudik G., Tuecke S. A Security Architecture for Computational Grids // Proc. 5th ACM Conference on Computer and Communications Security Conference, pg. 83-92, 1998. - <ftp://ftp.globus.org/pub/globus/papers/security.pdf1>
3. Загородній А.Г., Зинов'єв Г.М., Мартинов С.С., Шадура В.М. ГРІД – нова обчислювальна

технологія для науки// Вісник НАН України, № 6, 2005 рік, стр. 17-19.

4. Матеріали візного спільного засідання Комітету и Верховної ради України з питань науки і освіти та Консультативної ради з питань інформатизації при верховній раді України, 208 с., Софтпрес, Київ.

5. Warren R., Solominides A. E., del Frate C., Warsi I., Ding J., Odeh M., McClatchey R., Tromans C., Brady M., Highnam R., Cordell M., Estrella F., Bazzocchi M., Amendolia S. R. MammGrid – a prototype distributed msmmographic database for Europe// Clin. Radiol. -2007, -62(11),p.1044-10516.

6. *Hasting S., Oster S., Langella S., Kurs T., Pan T., Catalyurek U.V., Saltz J.H.* A grid based image archival and analysis system// *Am. Med. Inform. Assoc.* – 2005 -12N3, p.286-295.
7. *Ходжибаев А.М, Адьлова Ф.Т.* Новейшие информационные ГРИД-технологии в электронной медицине // *Укр.ж.телемед.мед.телемат.*-2005.-Т.3,№1.-с.23-24.
8. *Erberich S. C., Silverstein J. C., Chervenak A., Schuler R., Nelson M.D., Kesselman C.* Globus Medicus – Federation of DICOM Medical Imaging Devices into Helthcare Grid // *Stud. Health Technol. Inform.* -2007;-126, p.269-278.
9. *Graschew G., Roelofs T.A., Rakowsky S., Schlag P.M, Kaiser S., Albayrak S.* VEMH - Virtual Euro-Mediterranean Hospital for Global Health-care// *Stud. Health Technol. Inform.* -2005, №114.- p.39-45.

Надійшла до редакції: 05.10.2009.

© В.Авраменко, І.Романенко

Кореспонденція: Авраменко В.,
пр-т Правди, 10-а/125, 04108, Київ, Україна
E-mail: awia57@mail.ru