

УДК 658.012

Ю.В. Сосновский, аспирант*Севастопольский национальный технический университет**ул. Университетская 33, г. Севастополь, Украина, 99053**E-mail: juris@crimeainfo.com***ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОФИЛЕЙ ЗАГРУЗКИ ПРОЦЕССОРОВ ЦЕНТРАЛЬНЫХ МОНИТОРНЫХ СТАНЦИЙ**

Анализируется нагрузка на информационную систему объекта критического применения с учетом активности обслуживающего персонала. Выделяются характерные профили нагрузки.

В настоящее время активно разрабатывается концепция выделения информационного обслуживания так называемых объектов критического применения. Примером таких объектов могут служить производственно-технологические установки в металлургии, химии, ядерной энергетике. Такие объекты несут, во-первых, повышенную опасность для окружающей среды в случае их выхода из строя, во-вторых, их отказ, как правило, приводит к тяжелым экономическим потерям и представляют угрозу для персонала и пользователей. Безусловно, к числу таких объектов относятся и лечебные учреждения, которые в полной мере обладают отмеченными особенностями.

Комплексная автоматизация и информатизация медицинских учреждений началась с наиболее сложных функциональных подсистем медицинских учреждений, таких как отделения хирургии и реанимации. В этих подсистемах ведение электронной карты болезни оказалось недостаточным [1]. Основное современное направление развития информационных технологий в области автоматизированных систем управления лечебными учреждениями и системами – комплексное использование современных медико-технических средств. Большинство современной аппаратуры допускает работу в едином информационном пространстве, тем самым способствуя концепции управления не только информацией, но и вычислительными ресурсами системы, каналами передачи данных и самими медицинскими приборами.

Обеспечение безотказности и повышение робастности автоматизированной информационной системы управления лечебным учреждением (АИСУ ЛУ) неразрывно связано с проведением анализа информации, циркулирующей в АИСУ, построением моделей информационных систем, позволяющих анализировать особенности функционирования АИСУ ЛУ в условиях нестационарности и больших нагрузок на устройства обработки данных [2]. Целью данной статьи является выделение характерных профилей загрузки центральных мониторинговых станций (ЦМС) лечебного учреждения с целью использования технологии перераспределения вычислительных ресурсов, тем самым повышению качества функционирования информационной системы лечебного учреждения в целом.

Специализированное информационное оборудование. Одним из простых приборов нижнего уровня является оксиметр пульсовой ОП-31.1 «Тритон». Пульсоксиметр может применяться как в стационарах, так и в санитарном транспорте при перевозке больных. На рисунке 1 изображена блок-схема прибора.

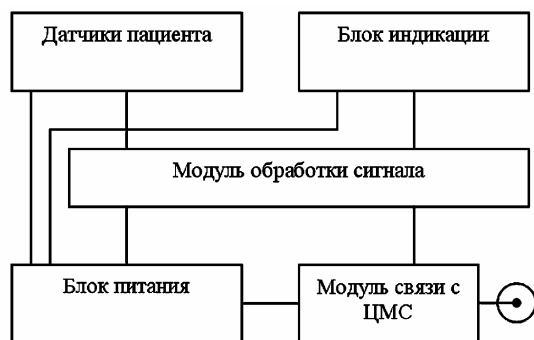


Рисунок 1 – Блок-схема оксиметра пульсового ОП-31.1 «Тритон»

Прибор имеет модуль связи с центральной мониторинговой станцией. Основное предназначение прибора – функционирование в едином информационном пространстве лечебного учреждения.

Современные достижения в области медицинского приборостроения отражает многопараметрический прибор пациента РС-9000. Прикроватный модуль прибора одновременно регистрирует 6 контролируемых параметров пациента, путем кабельного или беспроводного подключения к локальной сети LAN обеспечивает передачу информации на центральную мониторинговую станцию. На рисунке 2 изображена блок-схема прибора РС-9000.

Мониторы состояния пациента в условиях стационара отделений хирургии, реанимации используются в совокупности с центральными станциями, позволяющими с одного рабочего места контролировать различные параметры, характеризующие состояние многих больных, находящихся на лечении.

Центральная мониторинговая станция ЦМС01 позволяет подключать одновременно от 2 до 8 мониторов пациентов. Фактически, ограничение по количеству одновременно подключаемых мониторов определяется из расчета нагрузки, создаваемой на процессор ЦМС обслуживаемыми мониторами пациента. ЦМС осуществляет вывод на экран всех параметров и физиологических функций.

Как показали предварительные замеры, для функционирования АИСУ ЛУ требуются различные вычислительные мощности информационных систем в различное время суток. Таким образом, повысить точность создаваемых моделей АИСУ ЛУ представляется возможным за счет выделения различных временных промежутков на протяжении суток, которые различаются различным объемом требуемых вычислительных мощностей информационной системы. Для анализа активности медперсонала в течение суток собиралась статистика по количеству проведенных врачебных манипуляций. На основе анализа литературных источников [3, 4] и наблюдения за деятельностью медперсонала, в рассматриваемых лечебных отделениях врачебные манипуляции разделяются на две основных категории – инъекции (в них входят внутривенные инъекции, капельницы и внутримышечные инъекции) и процедуры (например, рентгенографическое, ультразвуковое исследование, анализы и т.п.). Однако основная масса инъекций приходится на строго определенное время (с 8.00 до 9.00, некоторая часть в обеденное время и с 18.00 до 19.00). Средняя относительная частота инъекций существенно возрастает лишь в определенное время, и это характерно для всех отделений. Остальные врачебные манипуляции характеризуются большим разбросом времени, необходимого на их проведение, и индивидуальностью, в зависимости от состояния, диагноза и типа лечения больного. При этом следует отметить, что в целом проведение врачебных манипуляций занимает практически все рабочее время медицинского персонала рассматриваемых отделений. В связи с этим, разделение врачебных манипуляций на несколько групп, и рассмотрение их независимо не целесообразно.

Эмпирические данные, собранные за месяц наблюдений усреднялись, и подсчитывалась усредненная относительная частота врачебных манипуляций, которая является отношением текущего среднего количества врачебных манипуляций к общему среднему числу манипуляций. Усреднением за месяц удалось существенно подавить случайную составляющую для лечебного процесса. Наблюдения проводились в весенний период, когда на количество и тяжесть больных не оказывают влияния такие факторы, как очень низкая или высокая температура воздуха, скользкие дороги и улицы (повышенный травматизм) и пр. На рисунке 3 показан график $\bar{f}_{отн}$ врачебных манипуляций в отделениях.

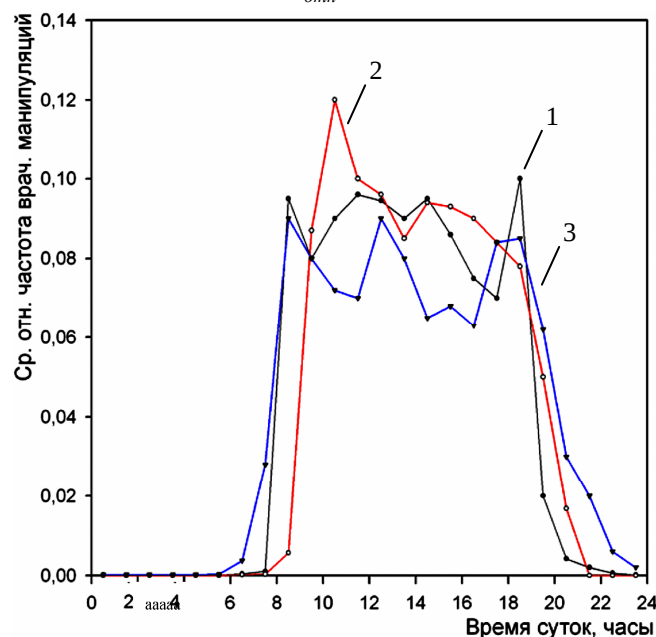


Рисунок 3 – Средняя относительная частота врачебных манипуляций в отделениях:
1 – хирургическое отделение; 2 – операционный блок; 3 – реанимация

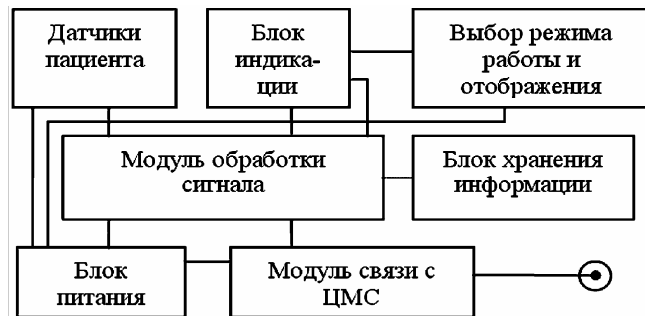


Рисунок 2 – Блок-схема многопараметрический прибор пациента РС-9000

Анализируя график, приведенный на рисунке 3, целесообразно выделить три временных промежутка. Они различаются характерной нагрузкой на вычислительную систему лечебного учреждения и активностью медперсонала. Различие имеется и в объемах информации, циркулирующей в информационных системах. Временные фрагменты выделены на основании анализа активности медицинского персонала в течение суток. Принимая во внимание изменение требуемых мощностей процессоров ЦМС, а также активность медицинского персонала в лечебных отделениях, выделяются временные фрагменты.

Временной промежуток «ночь», с 19.00 до 08.00 характеризуется существенным снижением требуемых вычислительных ресурсов ЦМС во многих отделениях, наблюдается некоторое снижение активности медицинского персонала только в отделении реанимации, в остальных отделениях активность снижается существенно.

Временной промежуток «I половина дня» с 8.00 до 13.00 характеризуется существенным увеличением требуемой вычислительной мощности ЦМС, что связано с дополнительной нагрузкой на компьютеры вследствие активной работы медперсонала, обработки данных исследований и анализов. В этот временной интервал активность медперсонала во всех отделениях максимальна, что объясняется обходами врачами пациентов, осуществления новых назначений и корректировки курсов лечения, проведением анализов и пр.

Временной промежуток «II половина дня» с 13.00 до 19.00 характеризуется уменьшением требуемых вычислительных ресурсов процессоров ЦМС. После 15...16 часов происходит спад нагрузки на процессоры ЦМС отделений ввиду уменьшения дополнительной нагрузки, создаваемой медперсоналом по обработке анализов, исследований и т.п. Вычислительная система в хирургическом отделении и операционном блоке переходит на другой уровень функционирования, при котором нагрузка в основном определяется автоматическими системами, контролирующими состояние пациентов. Присутствует некоторое уменьшение активности медперсонала, однако операционный блок выделяется на общем фоне лишь незначительным снижением активности персонала.

Таким образом, сбор информации целесообразно проводить в рамках указанных временных промежутков с тем, чтобы проанализировать наличие нестационарностей в потоках данных в различное время суток. На рисунке 4 изображена лепестковая диаграмма с выделением трех временных фрагментов, рассматриваемых независимо.

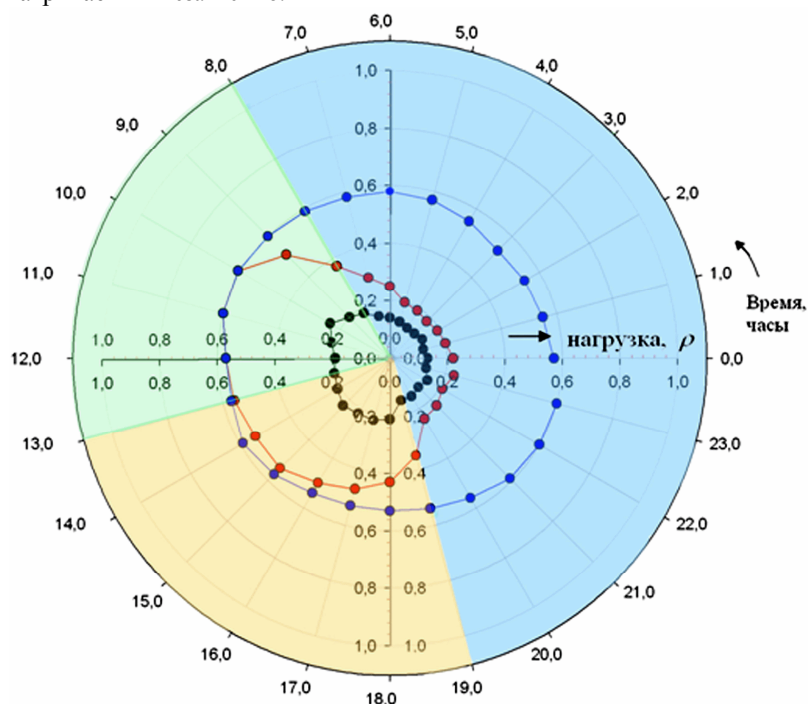


Рисунок 4 – Результирующая диаграмма почасовой загрузки процессоров ЦМС для 3 отделений с выделением временных интервалов

Диаграмма, изображенная на рисунке 4 получена расчетом средней загрузки процессоров ЦМС отделений для каждого часа, и наложением на полярную систему координат.

Анализ диаграммы, (рисунок 4), показывает сильную неоднородность загрузки процессоров ЦМС хирургического и операционного блоков в течение суток. Усредненная нагрузка на ЦМС только в блоке реанимации практически не зависит от времени суток, что объясняется характером отделения, жизненно высокой важностью информации, снимаемой с прикроватных мониторов пациента, и тяжестью больных,

помещенных в отделение. Характер изменения нагрузки на ЦМС хирургического отделения и операционного блока совпадает с активностью медперсонала в отделениях, и в хирургическом отделении существенно меньше, чем в остальных. Кроме того, в операционном блоке имеет место тенденция к уменьшению нагрузки на ЦМС во временной интервал «после обеда».

С целью изучения влияния перераспределения вычислительных ресурсов на параметры функционирования АИСУ ЛУ составлена имитационная модель, с учетом основных особенностей моделируемой системы [4]. Качество функционирования АИСУ ЛУ определим через функционал, представляющий собой суммарную вероятность потерь медицинских информационных пакетов (МИП) в системе

$$\Phi(\rho_1, \rho_2, \rho_3) = \sum_{i=1}^3 \Phi_i(\rho_i),$$

где ρ_i – коэффициент загрузки процессора ЦМС i -го ЛО.

Построенный функционал является целевой функцией в соответствующей оптимизационной задаче, которая решена стандартными методами нелинейного сепарабельного программирования при определенных ограничениях.

Результаты сравнительного имитационного моделирования АИСУ ЛУ без перераспределения и с использованием взаимопомощи ЦМС хирургического отделения в объеме $k_{31} = 0,5$ ЦМС реанимации представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты имитационного моделирования

Тип модели	$\Phi(\rho_1, \rho_2, \rho_3)$	95 % дов. интервал
Без перераспределения	$2,9 \cdot 10^{-2}$	$(2,43 \cdot 10^{-2}; 3,37 \cdot 10^{-2})$
Перераспределение $k_{31} = 0,5$	$2 \cdot 10^{-3}$	$(1,77 \cdot 10^{-3}; 2,25 \cdot 10^{-3})$

Полученные данные подтверждают предположение о существенном снижении вероятности потерь медицинских пакетов в информационной системе лечебного учреждения при использовании технологии перераспределения вычислительных ресурсов. Таким образом, повышается качество работы АИСУ ЛУ в целом, увеличивается ее робастность.

Проведенное исследование выявило наличие трех характерных профилей загрузки процессоров ЦМС, при которых происходят существенные изменения коэффициента их загрузки. Ввиду этого обосновано использование технологии перераспределения вычислительных ресурсов между ЦМС лечебных отделений. Использование указанной технологии позволяет оптимизировать загрузку процессоров ЦМС в течение суток и повышает эффективность использования оборудования. Использование имитационного моделирования подтверждает выдвинутые предположения и указывает на существенное снижение вероятности потерь МИП при использовании технологии перераспределения вычислительных ресурсов ЦМС ЛУ.

В качестве задач дальнейших исследований следует указать в первую очередь на перспективность развития предложенной имитационной модели за счет использования в ней нестационарного трафика, переменного числа канала обработки данных и правил принятия решений по структурной вариации системы обработки.

Библиографический список

1. Зарубина Т.В. Информационные технологии в интенсивной терапии / Т.В. Зарубина // Информационные технологии в здравоохранении. — 2001. — № 10–12. — С. 6–7.
2. Насыров Р.В. Исследование динамики лечебного процесса для оперативного управления потоками больных в рамках АСУ ЛПУ / Р.В. Насыров, Е.А. Тайгина, Р.М. Фарукшин // Межвуз. научный сборник. — Уфа, 1999. — С. 15–21.
3. Справочник по клинической хирургии; под ред. В.И. Стручкова. — М.: Медицина, 1970. — 614 с.
4. Справочник медицинской сестры по уходу; под ред. Н.Р. Палеева. — М.: Медицина, 1981. — 336 с.

Поступила в редакцию 8.06.2007 г.