

УДК 681.5(043)

Т.В. Митянкина<sup>1</sup>, В.Г. Рябцев<sup>2</sup><sup>1</sup>Черкасский государственный технологический университет, Черкассы<sup>2</sup>Европейский университет, Черкассы

## ОПТИМИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫМ ПОТОКОМ В СИСТЕМАХ УЧЕТА ПОТРЕБЛЕНИЯ РЕСУРСОВ

В статье решается задача оптимизации управления информационными потоками в автоматизированных системах учета потребления ресурсов в жилищно-коммунальном хозяйстве (ЖКХ). Рассматриваются две дисциплины доставки данных о расходе ресурса от потребителя в единый центр сбора данных. Первая из дисциплин предусматривает циклический характер обращения каждого из абонентских терминалов к среде передачи данных, другая дисциплина предусматривает случайный характер обращения каждого из абонентских терминалов к среде передачи. Показано, что преимущества по числу коллизий и стоимости системы имеет система случайного доступа к среде передачи данных.

**Ключевые слова:** автоматизированная система учета потребления ресурсов, генераторы случайных чисел, система доступа, сквозной тракт, электромагнитная совместимость, интенсивность коллизий.

### Введение

На фоне удорожания ресурсов, экономики всех стран мира приходят к необходимости внедрения автоматизированных систем учета потребления ресурсов (АСУПР) во всех отраслях народного хозяйства, в том числе и в системе жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ). Поэтому создание систем непредвзятого адресного учета потребления ресурсов в ЖКХ, мотивирующих предприятия и население к укреплению платежной дисциплины и внедрению берегающих технологий, является актуальной задачей.

**Постановка задачи.** Целью настоящей работы является определение оптимального метода управления информационным потоком в АСУПР. С этой целью в работе рассмотрены два принципиально разных подхода к организации управления информационными потоками в АСУПР – это применение системы управления информационными потоками с детерминированным доступом к транспортной среде и системы управления информационными потоками со случайным доступом к транспортной среде. Только на основе сравнительной оценки достоинств и недостатков каждой из этих систем можно определить степень оптимальности решения и произвести выбор.

### Основная часть

**Решение задачи.** Необходимо отметить, что система учета потребления ресурсов в ЖКХ – это распределенная система с множеством потребителей при незначительном потреблении ресурса каждым из них и одним пунктом (центром) сбора данных. Данные о величине расхода от каждого из потребителей необходимо переместить в одну точку, при этом время сбора этих сведений должно быть достаточно мало настолько, что бы считать, что получен-

ные данные представляют точечную выборку потребления ресурса каждым из потребителей в текущий момент времени. Для сбора информации о расходе ресурса необходимо иметь множество каналов, связывающих множество потребителей с одним приемником информации. Также эта система должна быть экономичной, чтобы ее содержание и обслуживание не накладывало дополнительной нагрузки на стоимость услуги. Очевидно, что такая система не может быть ведомственной и принадлежать лишь одному производителю, поэтому попытки создания системы учета отдельно по каждому виду ресурса обречены на неудачу. Даже в объединенной (интегрированной) АСУПР наиболее затратной частью системы является подсистема каналообразования. При этом будем учитывать, что здесь идет речь о создании транспортной сети для незначительного объема транспортируемой информации. Незначительная величина объема информации определяет большие затраты на транспортировку 1 бита информации. Учет этих обстоятельств необходим при выборе оптимального метода управления потоком информации в АСУПР.

При детерминированном доступе должна быть определена не только дисциплина обслуживания заявок на передачу данных о величине расхода ресурса в центр сбора данных, а и орган, выполняющий функцию управления информационным потоком, или порядок доступа потребителей к хранилищу данных. Очевидно, что эта функция должна быть возложена на центр сбора данных (ЦСД). Возможны два варианта построения системы доступа:

- системы с жестким разделением времени доставки;
- системы с диалоговым режимом определения момента переноса данных.

Для системы с жестким закреплением временных интервалов необходим источник единого времени, а в оконечных установках приемник единого времени. Реализация такого подхода существенно усложняет систему, поскольку приводит к усложнению оконечного оборудования, что сразу же сказывается на величине капитальных затрат. Диалоговые системы не требуют усложнения оконечного оборудования, не приводят к росту капитальных затрат, но требуют дополнительных затрат времени на установление диалогового режима между оконечным оборудованием и центром сбора информации. Данный подход является основным при создании автоматизированных систем коммерческого учета электроэнергии (АСКУЭ). Следует отметить, что мировой опыт создания и эксплуатации АСКУЭ продемонстрировал эффективность использования сети электропитания в качестве среды переноса информации на нижнем, наиболее затратном уровне иерархии АСУПР. Такое решение приводит к тому, что в сквозном тракте (источник данных – центр сбора данных) образуется 2 участка:

- в пределах трансформаторной подстанции (ТП);
- от ТП до центра сбора данных.

В пределах трансформаторной подстанции (ТП) для группы до 16000 потребителей образуется канал коллективного пользования, в котором абоненты поочередно доставляют свою информацию. На участке от ТП до ЦСД способ и среда переноса информации не играют существенной роли и не оказывают заметного влияния на стоимость транспортировки одного бита полезной информации. В целом, использование домашней сети электропитания в качестве среды транспортировки данных о расходе ресурсов имеет следующие особенности:

- сеть электропитания является средой с высокой интенсивностью индустриальных помех;
- домашние цепи электропитания являются антенной сигналов длинноволнового диапазона, что при использовании высокочастотных сигналов АСУПР порождает проблему электромагнитной совместимости (ЭМС).

Высокая интенсивность помех существенно замедляет скорость обмена данными, а проблема ЭМС не позволяет использовать высокую скорость передачи данных и высокочастотную несущую, поскольку с ростом скорости растет мощность излучения в открытое радиопространство. В целом, понижение скорости передачи данных приводит к увеличению времени установления диалогового режима, ограничению числа пользователей системы, снижению рентабельности системы. Таким образом, становится не целесообразным использование ни систем с жестким распределением времени между пользователями, ни диалоговых систем. Рассмотрим систему с регулярным доступом, в которой интерва-

лы между требованиями детерминированы и задаются каждым абонентским терминалом автономно. При автономном формировании потока требований на обслуживание неизбежны столкновения заявок (коллизии). Оценим интенсивность коллизий системы с детерминированным интервалом между доставками при использовании, в качестве датчика потока требований (ДПТ) в абонентском терминале (АТ) АСУПР генератора периодических импульсных сигналов. Определим частоту коллизий для произвольной пары АТ. Исходя из принятой цикличности доставки информации, например, равной 1 доставке в час. Тогда номинальное значение частоты следования импульсов ДПТ будет равна 1 импульс в час, а частота следования импульсов генератора

$$f = \frac{1}{3600} \text{ Hz} . \quad (1)$$

Учтем, что в силу конечного значения стабильности генератора, обусловленной температурной и временной стабильности окружающей среды, будут происходить медленные флуктуации частоты на величину  $\pm \Delta \omega$  (а, следовательно, и интервала между двумя смежными требованиями). Величина

$$\varepsilon = \frac{\Delta f}{f_H} \quad (2)$$

есть относительная нестабильность генератора, т.е. нестабильность, вычисленная относительно абсолютно стабильного генератора с номинальным значением частоты  $f_H$  Гц (абсолютная нестабильность). В данной ситуации абсолютная нестабильность не представляет интереса [1], интерес представляет взаимная нестабильность, т.е. взаимный дрейф одного генератора относительно такого же другого генератора. Так при дрейфе в одну сторону

$$\varepsilon_{вз} = \frac{\Delta f_1}{f_H} - \frac{\Delta f_2}{f_H} = \frac{\Delta f_p}{f_H} = \varepsilon_1 - \varepsilon_2 = \Delta \varepsilon ,$$

а при дрейфе в разные стороны  $\varepsilon_{вз} = \frac{\Delta f_1}{f_H} + \frac{\Delta f_2}{f_H} = 2\varepsilon$ . Очевидно,

что при дрейфе в одну и ту же сторону даже при значительной нестабильности генератора взаимное расхождение может быть весьма незначительным. Отметим также, что величина и направление взаимного дрейфа генераторов есть непрогнозируемая случайная величина, обусловленная множеством факторов, в том числе: стабильностью напряжения питания, температурой окружающей среды и временной стабильностью элементов схемы. Выполним расчет частоты столкновения требований (коллизий). Прежде всего, определим, что характеризует параметр «взаимная нестабильность» кроме прямого трактования этого термина. Для этого запишем (2) в виде:

$$\varepsilon = \frac{\Delta f}{f_H} = \frac{2\pi \Delta f}{2\pi f_H} ,$$

отсюда число

$$\beta = 1/\varepsilon \quad (3)$$

показывает, через сколько оборотов вектора  $f_H$  фазы векторов одного и другого генератора совпадут (т.е. пробегут  $2\pi$  радиан) и, следовательно, произойдет столкновение требований этих двух генераторов. Тогда величина относительной нестабильности определяет вероятность столкновения требований двух генераторов в текущий момент времени, т.е.  $\varepsilon = p_{\text{кол}}$ . Если в системе  $N$  терминалов, то каждый из них будет входить в коллизию с каждым другим. Вероятность коллизии в системе будет равна:

$$P_{\text{кол}} = (N-1)\varepsilon_{\text{вз}}, \quad (4)$$

здесь  $\varepsilon_{\text{вз}}$  – взаимная нестабильность одного генератора относительно всех остальных генераторов в группировке. Эта величина, в силу случайной величины и направления дрейфа, также будет случайной для каждой пары генераторов. Так для тысячной группировки абонентов вероятность того, что какая то из пар вошла в коллизию, будет определяться величиной взаимной нестабильности. Рассчитаем ее для двух случаев:

- дрейф в разные стороны;
- дрейф в одну сторону.

Пусть в АТ используется нетермостатированный кварцевый генератор с  $\varepsilon \leq 10^{-4}$ , дрейф частот идет в противоположные стороны, тогда  $\varepsilon_{\text{вз}} = 2\varepsilon$ , а

$$P_{\text{кол}} = 2(N-1)\varepsilon = 2 * 999 * 10^{-4} \approx 0,2.$$

Это значит, что: 80% терминалов доставят свои сообщения, а 20% терминалов нет.

Отметим, что чем выше абсолютная нестабильность генератора, тем меньше величина потерь из-за коллизий. Так, если использовать термокомпенсированный кварцевый генератор (кварцевый генератор со встроенными элементами компенсации температурного дрейфа) с  $\varepsilon \leq 10^{-5}$ , то величина потерь из-за коллизий снизится на порядок и в тысячной группировке не будет превосходить 2%, но необходимо учитывать, что стоимость термокомпенсированного кварцевого генератора в несколько раз выше стоимости нетермостатированного кварцевого генератора, в силу необходимости индивидуальной подгонки элементов термокомпенсации. Для тех терминалов, генераторы которых «плывут» в одну сторону при  $\varepsilon_{\text{вз}}=0$  и  $P_{\text{кол}}=0$ , коллизий вообще не будет. Таким образом, если предполагать, что часть генераторов в системе «плывут» в разные стороны, а часть в одну сторону, то потери из-за коллизий при использовании в АТ нетермостатированного кварцевого генератора с  $\varepsilon \leq 10^{-4}$  не превысят 20%, что является приемлемым показателем. Однако, правильнее исходить из того, что взаимная нестабильность может быть сколь угодно близкой, но не равной нулю. Это значит, что система не будет находиться в состоянии

статического равновесия и, следовательно, ее параметры (потери сообщений из-за коллизий) будут дрейфовать непрерывно. Предположим, что система в текущий момент находится в таком состоянии, когда потери из-за коллизий пренебрежимо малы, а основная часть генераторов дрейфует в одну сторону. Система из состояния отсутствия коллизий начнет двигаться в сторону состояния коллизий. Для произвольной пары это состояние будет достигнуто через  $t = 1/\varepsilon_{\text{вз}}$  часов. Синфазное состояние пары генераторов может продолжаться неопределенно долго, пока разбег фазы не достигнет некоторого порогового значения. Отсюда следует, что при дрейфе в разные стороны коллизии будут чаще, но число коллизий в пакете будет мало (чем меньше стабильность генераторов, тем чаще коллизии, но меньше длина пакета), при дрейфе в одну сторону частота коллизий практически не зависит от абсолютной стабильности генератора и меньше числа коллизий для генераторов дрейфующих в разные стороны, но растет число коллизий в пакете. Эта совокупность факторов делает поведение системы непрогнозируемым, а поток столкновений случайным, поэтому использование в АТ генератора периодических колебаний недопустимо.

Рассмотрим систему случайного доступа и случайным интервалом между доставками с учетом того, что с целью максимального снижения капитальных затрат на АСУПР обратный канал системы не предусмотрен. Это значит, что абонентский терминал системы самостоятельно определяет порядок доступа и выдает блок данных в среду передачи. И, следовательно, при совпадении во времени моментов выдачи в канал блока данных более чем одного терминала столкнувшиеся заявки будут гибнуть в силу их взаимного сбоя. Отсутствие обратного канала исключает возможность информирования абонентского терминала о факте гибели блока данных.

Как показано в [2], при такой организации доступа интервал между смежными моментами выдачи в канал блоков данных равен:

$$\Delta t((n-1), n) = \Delta t_n = t_n - t_{n-1} = T_n - S(n), \quad (5)$$

где  $T_n$  – назначенный интервал между требованиями (интервал между доставками блоков данных от потребителя к производителю);

$S(n)$  – случайное число, сформированное генератором случайных чисел (ГСЧ) АТ после выдачи предшествующего –  $(n-1)$ -го блока данных в канал при  $n = \overline{1, \infty}$  и  $S(n) = \overline{0, T_n}$ .

Обратим внимание на важное обстоятельство, следующее из (5):

- если последовательность чисел, формируемых ГСЧ случайна, то случаен и интервал между требованиями;
- если последовательность чисел, формируемых ГСЧ периодична, то периодичен и интервал между требованиями, а их периоды одинаковы.

Текущее время выдачи в канал n-го блока данных

$$t(n) = \sum_{i=1}^n \Delta t_i. \quad (6)$$

Если последовательность случайных чисел ГСЧ периодична, то средний интервал между требованиями

$$\overline{\Delta t_n} = \frac{t(n)}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [T_n - S(i)] = T_n - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [S(i)] \quad (7)$$

определяется значением суммы чисел ГСЧ в пределах периода.

Здесь возможны два варианта: ГСЧ формирует равновероятную последовательность чисел максимального периода; ГСЧ формирует не равновероятную последовательность чисел периода  $t$ .

Пусть в качестве ГСЧ в каждом из терминалов использован генератор случайной последовательности чисел, который выдает на своем выходе числа  $0, 1, 2, \dots, (M-1)$  в случайном порядке. Учтем, что если два и более терминала, в силу совокупности случайных причин типа колебания напряжения питания, нестабильности генератора тактом и т.п. начнут синхронно выдавать одну и ту же последовательность цифр, то эти каналы постоянно (на время синхронной работы генераторов) будут находиться в состоянии коллизий и данные о величине расхода не будут доставляться в ЦСД. Исходя из этого, конструкция ГСЧ должна исключать возможность длительного совпадения случайных чисел и предусматривать выдачу разных по порядку следования случайных чисел каждым из ГСЧ. Если последовательность включает конечное значение чисел натурального ряда, то сумма этих чисел будет разной для каждого из терминалов и средний интервал между требованиями так же будет разным. Допустить такую ситуацию в АСУПР нельзя. Поэтому другим важнейшим требованием к ГСЧ АСУПР является требование генерации каждым из ГСЧ равновероятно распределенной последовательности чисел интервала  $[0, T_n]$  и разным порядком

следования чисел в каждой из этих последовательностей. В этом случае сумма чисел на выходе ГСЧ в каждом из терминалов будет одинакова, периодичность опроса постоянна, а среднее значение между требованиями для любого АТ будут равны

$$\sum_{i=1}^M [S(i-1)] = 0,5(M-1)M,$$

$$\overline{\Delta t_n} = T_n - 0,5(M-1).$$

В этом случае все АТ группировки имеют постоянное, не зависящее от номера АТ значение среднего интервала между доставками, а система массового обслуживания является системой со стационарными параметрами. Таким образом, предложенная дисциплина случайного доступа к коллективному каналу данных и отсутствии обратного канала в системе является оптимальной для АСУПР.

### Выводы

В силу непрогнозируемого характера поведения системы и потока столкновений заявок использование в АТ генератора периодических колебаний недопустимо. Только система со случайным доступом обеспечивает стационарность параметров (время и периодичность доставки блока данных) АСУПР.

### Список литературы

1. Челноков О.А. Транзисторные генераторы синусоидальных колебаний / О.А. Челноков. – М.: Сов. радио, 1975. – 272 с.
2. Митянкина Т.В. Основные параметры и характеристики системы домашней телеметрии / Т.В. Митянкина, В.В. Швыдкий // Вестник Инженерной академии Украины. – 2008. – №3-4. – С. 241-246.

Поступила в редколлегию 1.03.2012

**Рецензент:** д-р тех. наук, проф. В.Н. Рудницкий, Черкасский государственный технологический университет, Черкассы.

### ОПТИМІЗАЦІЯ УПРАВЛІННЯ ІНФОРМАЦІЙНИМ ПОТОКОМ В СИСТЕМАХ ОБЛІКУ СПОЖИВАННЯ РЕСУРСІВ

Т.В. Мітянкіна, В.Г. Рябцев

У статті вирішується задача оптимізації управління інформаційними потоками в автоматизованих системах обліку споживання ресурсів в житловому комунальному господарстві країни (ЖКГ). Розглянуто дві дисципліни доставки даних про споживання ресурсу від споживача в єдиний центр збору даних. Перша з дисциплін передбачає циклічний характер звернення кожного з абонентських терміналів до середовища передачі даних, інша дисципліна передбачає випадковий характер звернення кожного з абонентських терміналів до середовища передачі. Показано, що переваги по числу колізій і вартості системи має система випадкового доступу до середовища передачі даних.

**Ключові слова:** автоматизована система обліку споживання ресурсів, генератори випадкових чисел, система доступу, кризний тракт, електромагнітна сумісність, інтенсивність колізій.

### OPTIMIZATION OF MANAGEMENT INFORMATIVE STREAM IN SYSTEMS OF RESOURCES CONSUMPTION ACCOUNT

T.V. Mityankina, V.G. Ryabtcev

The article concerns the optimization of management informative streams of account of consumption of resources in the housing communal economy of the country. Two disciplines of delivery of data about the resource expense from a consumer in the single center of data capture are examined. The first discipline provides the cyclic character of use of each subscriber terminals to the environment of data communication, the second discipline foresees casual character of appeal of each of subscriber terminals to the environment of transmission. It is shown that the system of access to the environment of data communication on the casual ground has preference on the number of collisions and cost of the system.

**Keywords:** the Automated System of the Account of Consumption of resources in the Housing and Communal Services, random generators of numbers, system of access, through highway, electromagnetic compatibility, intensity of collisions.