

УДК 004.72

Р.А. Хайрединів, С.Е. Шевченко

Національний аерокосмічний університет ім. Н.Е. Жуковського «ХАІ», Харків

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ЛОКАЛЬНОЙ СЕТИ ЖИЛОГО ДОМА

В данной работе рассматривается одно из наиболее перспективных направлений автоматизации – автоматизация быта. Проводится исследование информационных потоков в локальной сети, объединяющей исполнительные механизмы, датчики и мультимедийное оборудование в рамках «умного дома».

**Ключевые слова:** «умный дом», локальная сеть, смешанная топология, мультимедиа, информационный поток, автоматизация.

### Введение

**Локальные сети в «умном доме».** В настоящее время автоматизация и диспетчеризация жилых домов не являются чем-то недостижимым и сверхтехнологичным. Сегодня современные технологии позволяют автоматизировать освещение, поддерживать температуру и влажность помещений с минимальным участием пользователя, а также внедрять охранно-пожарные системы, системы видеонаблюдения, конференц связи, IP-телефонии в жилищно-бытовой сектор. Научно-техническое развитие в области автоматизации зданий является перспективной ввиду своей востребованности и роста доступности электронных устройств, позволяющих за сравнительно небольшие капитальные вложения обеспечить эффективную реализацию запросов потребителя.

В рамках данной статьи термин «интеллектуального здания» определяется как совокупность информационных потоков отдельных устройств, объединенных в единую сеть. По принципиальному построению сети делятся на следующие структуры, также называемые в электротехнике топологиями: звездообразная, кольцевая, шинная и древовидная. Основными критериями выбора топологии при построении локальной сети в «умном доме» являются критерии: надежной передачи данных, пропускной способности канала, возможности централизованного управления, простоты построения и ценовые показатели.

**Постановка задачи.** Сегодня все больший интерес для разработчиков представляют локальные сети со смешанной топологией. В данной работе ставится задача разработки обобщенной модели сети верхнего уровня жилого дома с шинно-звездообразной топологией, в основе которой лежит топология «общая шина». Основными преимуществами данного подхода к построению локальных сетей являются: возможность организации централизованного управления, устойчивость сети к неисправностям в отдельных сегментах. Разрабатываемая модель сети делится на три сегмента, которые последовательно обмениваются информацией с сервером (рис. 1).

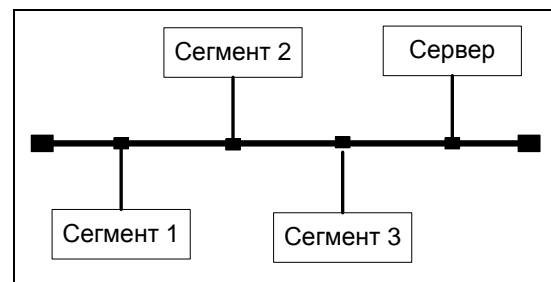


Рис. 1. Модель сети

### Основной раздел

В случае совместной работы 3-х сегментов при одной магистрали обмена командной и числовой информацией между С1 С2 С3 и сервером будут, естественно, возникать конфликты, когда два и более сегментов нуждаются в проведении обмена (ввод или вывод информации). Если разрешение возникшей конфликтной ситуации производится в пользу сегмента, первого обратившегося к магистрали, то второй и третий будут находиться в состоянии ожидания его освобождения. Очевидно, что чем больше длительность фазы автономной работы сегмента по сравнению с длительностью обмена в магистрали, тем меньше сказываются простои сегмента на производительность сети в целом. Цель работы: исследовать пропускную способность магистрали локальной сети жилого дома со структурой «общая шина» на основе аппарата непрерывных марковских цепей.

Сеть реализована на основе промышленной шины LON (рис. 2), основным преимуществом которой является поддержка больших расстояний между узлами [3]. Протокол шины LON (LonTalk) является интеллектуальной собственностью Echelon. Использование данного протокола на практике основано на применении разработчиком всего пакета интеллектуальной собственности этой компании, включающего как средства аппаратной поддержки, так и программный инструментарий (например, кросс-трансляторы языка Neuron-C) [5]. В качестве сетевого оборудования используется оборудование фирмы D-Link [7].

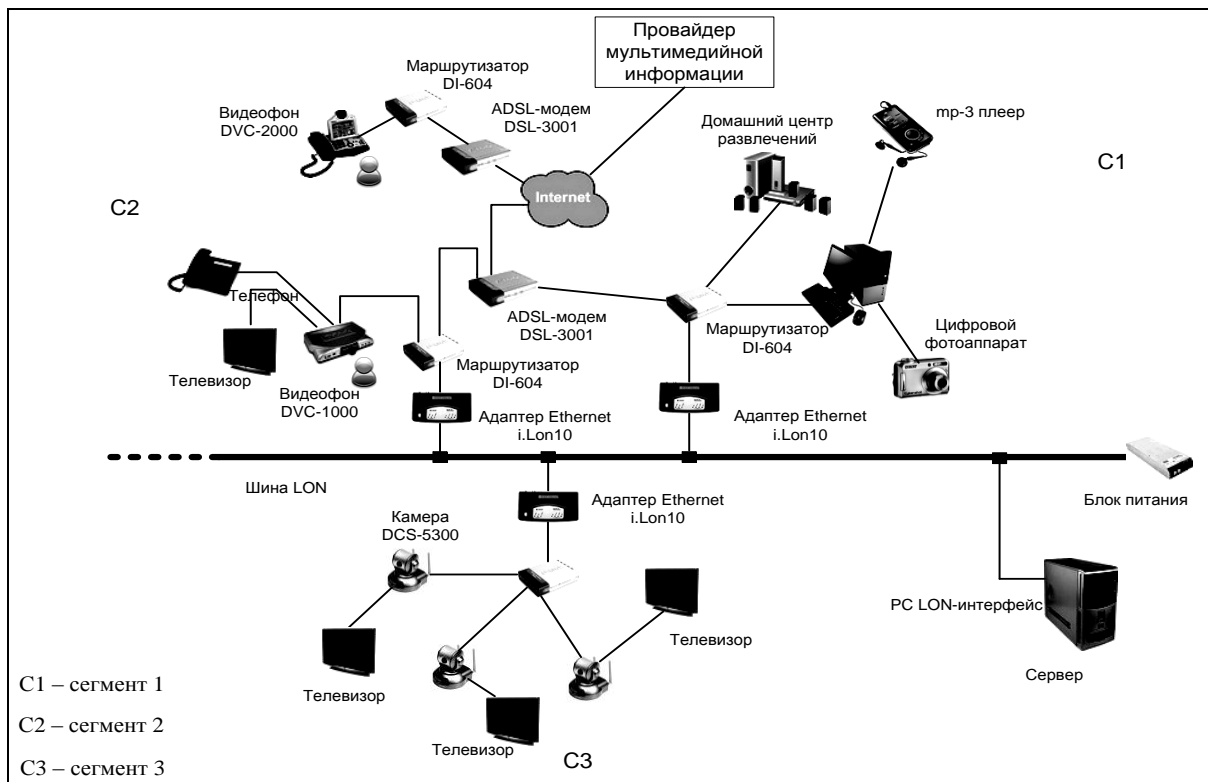


Рис. 2. Структура локальної мережі жилого дому

**Исследование пропускной способности магистральной локальной сети жилого дома на основе аппарата непрерывных марковских цепей**

Класс марковских случайных процессов является простейшим и наиболее исследованным в теории случайных процессов. В настоящее время он широко используется при анализе характеристик систем управления для описания их поведения при наличии случайных факторов [1].

В результате исследования было сделано допущение о том, что интенсивность автономной работы сегментов ( $\mu$ ) и интенсивность обмена данными ( $\lambda$ ) распределены по показательному закону с параметрами  $\lambda_i$ ;  $\mu_i$  ( $i = 1; 2$ ).

Очевидно, что динамика системы может быть отражена изменением состояний сегментов и, поскольку длительность автономной работы и длительность фазы обмена данными распределены по показательному закону, можно принять допущение о том, что процесс изменения состояний сети является марковским [2].

Следует заметить, что интенсивность обмена рабочих станций с сервером зависит от следующей группы факторов: пропускной способности канала и размера информационных пакетов [4] (табл. 1).

Рассмотрим систему локальной сети для случая работы 2-х сегментов при одной магистрали обмена командной и числовой информацией. Каждый из сегментов может находиться в одном из трёх состояний: 1 – режим основного функционирования; 2 – обмен данными; 3 – ожидание обмена.

Таблица 1

Состояния системы

| Состояние | Режим работы     |               |                 |
|-----------|------------------|---------------|-----------------|
|           | локальная работа | обмен данными | ожидание обмена |
| $S_1$     | C1, C2           |               |                 |
| $S_2$     | C2               | C1            |                 |
| $S_3$     | C1               | C2            |                 |
| $S_4$     |                  | C1            | C2              |
| $S_5$     |                  | C2            | C1              |

Тогда совокупность состояний системы имеет вид (табл. 1):  $S_1$  – оба сегмента автономно (локально) функционируют, выполняя программу;  $S_2$  – C1 в состоянии обмена, а C2 в состоянии выполнения программы;  $S_3$  – C1 в состоянии выполнения программы, а C2 – в состоянии обмена;  $S_4$  – C1 в состоянии обмена, а C2 – в состоянии ожидания обмена;  $S_5$  – C1 в состоянии ожидания обмена, а C2 – в состоянии обмена. Граф состояний, отражающий динамику системы, представлен на рис. 3.

Как видно из графа состояний системы, марковский процесс, описывающий её поведение, является эргодическим, т.е. таким, что из какого бы состояния процесс ни исходил, после некоторого числа шагов он может оказаться в любом

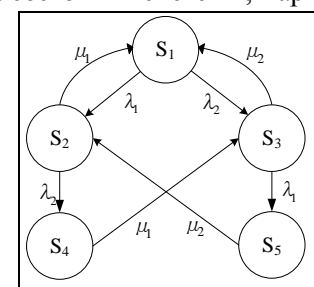


Рис. 3. Граф состояний

состоянии, попадая в них с разной частотой, зависящей от переходных вероятностей (или интенсивностей переходов). Данное обстоятельство указывает на существование стационарного режима, а, значит, могут быть определены предельные вероятности состояний системы из решения однородной системы линейных алгебраических уравнений. При этом для получения единственного решения однородной системы линейных алгебраических уравнений, необходимо её дополнить условием нормировки (сумма вероятностей всех состояний равна единице).

Очевидно, что вероятность  $P_1$  (вероятность пребывания обоих сегментов в режиме выполнения программ) состояния  $S_1$  характеризует степень незагруженности магистрали, поэтому  $\eta = 1 - P_1$ , где  $\eta$  – вероятность загрузки магистрали.

Коэффициент простоя  $i$ -го сегмента:

$$\rho_i = \frac{t}{t(1 - P_{\Sigma i})} = \frac{1}{1 - P_{\Sigma i}}$$

Коэффициент простоя каждого ( $i$ -го) сегмента  $\rho_i$  – величина, характеризующая отношение времени, затрачиваемого сегментом на обработку заданий при условии постоянного свободного доступа к магистрали (простои сегмента отсутствуют), ко времени, затрачиваемого рабочей станцией на обработку заданий с учётом её простоя, вызванного ожиданием освобождения магистрали. В соответствии с графом состояний, отражающим динамику системы (рис. 2), запишем систему уравнений:

$$\begin{cases} -(\lambda_1 + \lambda_2)P_1 + \mu_1P_2 + \mu_2P_3 = 0; \\ \lambda_1P_1 - (\mu_1 + \lambda_2)P_2 + \mu_2P_5 = 0; \\ \lambda_2P_1 - (\lambda_1 + \mu_2)P_3 + \mu_1P_4 = 0; \\ \lambda_2P_2 - \mu_1P_4 = 0; \\ \lambda_1P_3 - \mu_2P_5 = 0; \\ P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 = 1. \end{cases}$$

Следует заметить, что интенсивность обмена рабочих станций с сервером данных в канале LonTalk-протокола зависит от следующей группы факторов: скорости передачи данных и размера информационных пакетов (табл. 2).

Таблица 2

Скорость передачи данных в канале LonTalk-протокола (размер пакета 64 байт)

| Скорость (кбит/с) | Пиковое (1/с) | Регулярное (1/с) |
|-------------------|---------------|------------------|
| 625,0             | 500           | 470              |
| 1250,0            | 700           | 560              |

В результате определенных расчетов для величин  $\lambda_i$   $\mu_i$  со значениями:  $\lambda_1 = 470$  1/с  $\lambda_2 = 560$  1/с и соответственно  $\mu_1 = 1969$   $\mu_2 = 1875$  1/с получим сле-

дующие результаты для вероятности загрузки магистрали ( $\eta$ ) и для коэффициентов простоя каждого из сегментов ( $\rho_i$ ):

$$\eta = 0.4048 \quad \rho_1 = 1.0463 \quad \rho_2 = 1.0425.$$

Увеличивая интенсивность обмена с регулярного значения до пикового, получим зависимость вероятности загрузки канала от интенсивности обмена (рис. 4)

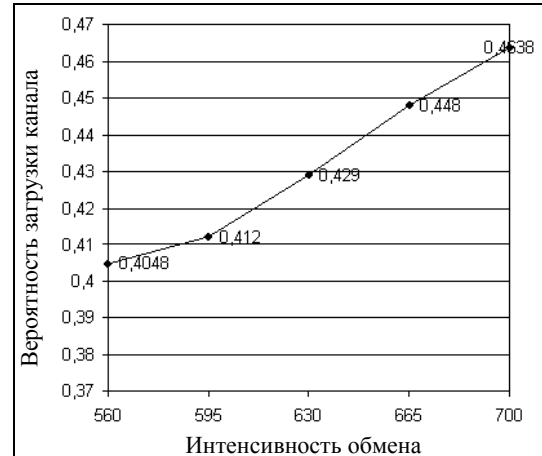


Рис. 4. Зависимость вероятности загрузки канала от интенсивности обмена для С1

Для системы локальной сети с работой 3-х сегментов при одной магистрали обмена командной и числовой информацией со значениями:  $\lambda_3 = 560$  1/с и  $\mu_3 = 1875$  1/с для третьего сегмента результаты вероятности загрузки магистрали ( $\eta$ ) и коэффициентов простоя каждого из сегментов ( $\rho_i$ ) равны:

$$\eta = 0,6382 \quad \rho_1 = 1,1293 \quad \rho_2 = 1,1543 \quad \rho_3 = 1,1679.$$

Величиной относительного проигрыша в загрузке магистрали по показателю  $\eta$ :

$$\delta\eta = (\eta^{(3)} - \eta^{(2)})/\eta^{(3)} = 0,3657.$$

### Вывод

В результате исследования была установлена зависимость вероятности загрузки канала от изменения интенсивности обмена сегментов как приближенную к линейной. Следовательно, изменением интенсивности обмена рабочих станций с сервером от регулярного до пикового значения можно пренебречь. Разработанная модель сети «умного дома» может быть рассмотрена в качестве фрагмента сети для  $n$ -этажного здания с учетом величины относительного проигрыша  $\delta\eta$ .

### Список литературы

1. Денисов А.А. Теория больших систем управления: учеб. пособ. для вузов / А.А. Денисов, Д.Н. Колесников. – Л.: Энергоиздат, Ленингр. отд-ние, 1982. – 288 с.
2. Харченко В.С. Методы исследования компьютерных систем: сб. практ. заданий / В.С. Харченко, И.В. Лысенко. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2010. – 26 с.

3. Харке В. Объединение в сеть бытовой техники и систем коммуникации в жилищном строительстве: учеб. пособие / В. Харке. – Техносфера, 2006. – 287 с.

4. LonTalk Protocol Specification. Version 3.0. Echelon Corporation.

5. LonTalk Protocol. LonWorks Engineering Bulletin. April 1993.

6. PLCOpen Bulletin. April 1997.

7. Сайт фирмы Dlink [Електрон. ресурс]. – Режим доступа к сайту: <http://www.dlink.ru>.

Поступила в редколлегию 1.12.2009

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. В.С. Харченко, Национальный аэрокосмический университет "ХАИ", Харьков.

#### ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОПУСКНОЇ СПРОМОЖНОСТІ ЛОКАЛЬНОЇ МЕРЕЖІ ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ

Р.А. Хайредінов, С.Е. Шевченко

У даній роботі розглядається один з найбільш перспективних напрямів автоматизації – автоматизація побуту. Проводиться дослідження інформаційних потоків в локальній мережі, об'єднуючій виконавчі механізми, датчики і мультимедійне устаткування в рамках «розумного будинку».

**Ключові слова:** «розумний будинок», локальна мережа, змішана топологія, мультимедіа, інформаційний потік, автоматизація.

#### RESEARCH OF CARRYING CAPACITY OF LOCAL NETWORK OF DWELLING-HOUSE

R.A. Khairetdinov, S.Ye. Shevchenko

This work brings you the review of one of the most perspective areas in automatisation - automatisation of everyday life. It brings a study of information flows in local networks of actuators, sensors and multimedia equipment in the "intelligent building".

**Keywords:** «clever house», local network, mixed topology, multimedia, informative stream, automation.