

УДК 620.9:.658.27

К. А. Радкевич¹, В. А. Вишняков²

¹ k.radkevich@bsac.by

Белорусская государственная академия связи, Минск, Беларусь

² vish2002@mail.ru

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Минск, Беларусь

ОПТИМИЗАЦИЯ ВЫБОРА СТРУКТУРЫ УЧЕБНОЙ СЕТИ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ

В докладе проанализированы характеристики трех структур сети Интернета вещей (ИВ) «Умный Дом» с учетом показателей скорости передачи, дальности, широты пропускания канала. Проведена оптимизация выбора структуры методом анализа иерархий. На основе проведенных расчетов предложена централизованная структура сети «Умный дом».

Ключевые слова: структуры сети IoT «Умный дом», метод анализа иерархии, оптимизация.

Ksenja A. Radkevich¹, Uladzimir A. Vishniakou²

¹k.radkevich@bsac.by

Belarusian State Academy of Communications, Minsk, Belarus

² vish2002@mail.ru

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Belarus

OPTIMIZATION OF THE STRUCTURE CHOICE OF THE IOT EDUCATIONAL NETWORK

The report analyzes the characteristics of three structures of the Internet of Things (IoT) “Smart Home” network, taking into account the indicators of transmission speed, range, channel bandwidth. Optimization of the choice of structure by the method of hierarchy analysis is carried out. Based on the calculations carried out, a centralized structure of the Smart Home network is proposed.

Keywords: IoT smart home network structures, hierarchy analysis method, optimization.

Введение

Постоянное развитие теле- и инфокоммуникационных систем и внедрение их в образовательную среду неуклонно меняет не только способы коммуникаций в процессе образовательной деятельности, но и также глобально меняет методики и саму сущность навыков и знаний, что особенно заметно в технических учебных заведениях, которые должны определять вектор развития современных технологий, повышать уровень обучаемости

учащихся и студентов и своевременно реагировать на потребности работодателей.

В работе [1] рассматривается построение учебной сети Интернет вещей (ИВ), основанной на архитектуре «Умный дом» (УД). Образовательная направленность разрабатываемой сети позволит учащимся и студентам на практике получить навыки построения и функционирования сетей и систем архитектуры Интернета вещей, а также в дальнейшем развивать образовательную деятельность, применять новые методики обучения, а внедрение современных ИТ обучения будет способствовать развитию новых возможностей образования и преодолению проблемы устаревания знаний.

Варианты структур сети ИВ УД

При разработке и построении учебной сети ИВ УД рассматривают три вида структур, каждая из которых обладает своими особенностями, данные виды основываются на общих моделях, комбинированы и являются специализированными решениями. Виды решений построения сети ИВ УД: централизованная архитектура (ЦА); децентрализованная архитектура (ДА); гибридная архитектура (ГА).

Сеть ИВ подразумевает под собой глубокую коммуникацию устройств и датчиков, обмена ими данными с учетом адаптивности самих устройств с целью решения какой-либо задачи, заложенной при разработке системы, в связи с этим при выборе проектных вариантов возникают требования строгого учета совокупности противоречивых показателей качества. Это определяет необходимость применения методов многокритериальной оптимизации при выборе оптимальных проектных решений из множества допустимых вариантов [2]. При проектировании и разработке сети ИВ возникает необходимость выбора предпочтительной структуры построения сети, и в таких случаях для сравнительного анализа вариантов следует применять методы многокритериальной оптимизации, одним из которых является метод анализа иерархий.

Суть метода анализа иерархий

Метод анализа иерархий (МАИ) включает декомпозицию [2] проблемы выбора решения. Применительно к выбору структуры сети ИВ «Умный дом» (ИВ УД) составляем экспертные оценки вариантов в виде матрицы предпочтений и выбираем составляющие части для получения суждений экспертов способом парных сравнений показателей элементов вариантов структур сети.

При применении МАИ предусматривается структурирование проблемы выбора в виде иерархии уравнений, что и будет первым шагом решения задачи [3]. Рассматривая особенности применения МАИ для выбора оптимальной структуры сети ИВ УД с учетом совокупности показателей качества, представим иерархию уровней декомпозиции задачи выбора. На 1 уровне находим глобальные приоритеты показателей вариантов структур сети, на 2 уровне – локальные приоритеты характеристик структур, на 3 уровне – выбор лучшего варианта структуры сети.

На основании МАИ, используя декомпозицию задачи выбора, проводятся парные сравнения важности критериев (уровень 2) и альтернативных вариантов систем (уровень 3), используя матричную форму

$$A = \| a_{ij} \|,$$

где $a_{ij} = w_i/w_j$ – оценки парных сравнений элементов, диагональ данной матрицы заполняется значениями «1», а элементы матрицы, которые ниже диагонали, заполнены обратными значениями, что является вторым шагом в процессе решения задачи.

Компоненты главного собственного вектора P_j (локальных векторов Q_{ij}) матрицы парных сравнений показателей качества вычисляются как корень n -й степени из среднего геометрического значения в строке матрицы парных сравнений V_j , деленные на сумму средних S и вектора приоритетов показателей качества P_j по формулам:

$$V_i = \sqrt[n]{\prod_{k=1}^n \frac{w_i}{w_k}}, \quad P_i = \frac{V_i}{S}, \quad S = \sum_{i=1}^n V_i. \quad (1)$$

Оценки парных сравнений элементов выбора находятся с помощью субъективных суждений экспертов, численно определяемых по шкале относительной важности элементов [2; 3].

Аналогично находятся оценки матриц парных сравнений для вариантов системы на уровне 3 в отдельности по отношению к каждому показателю качества системы. На основе этих матриц вычисляются компоненты соответствующих локальных собственных векторов приоритетов показателей качества Q_{ij} по отношению к отдельным показателям качества систем.

Третьим шагом решения задачи является обработка сформированных матриц парных сравнений элементов иерархий путём вычисления главного собственного вектора, который соответствует максимальному собственному значению матрицы, согласно формулам (1). В процессе обработки данной матрицы в результате выводим компоненты собственного вектора V_j через компоненты глобального вектора приоритетов P_j , где $j = 1, n$ (n – количество сравниваемых параметров структур сети ИВ).

Выбор варианта структуры сети ИВ УД

Для сравнительного анализа были выбраны централизованная, децентрализованная и гибридная архитектуры построения сетей ИВ УД и исходные показатели качества – критерии оптимальной структуры – максимальная скорость передачи данных (K_1), дальность связи (K_2) и ширина пропускания канала (K_3) [4]. Экспертным образом сформирована матрица 1 парных сравнений показателей качества структур УД ИВ и вычисленные оценки компонент вектора.

Таблица 1

**Матрица парных сравнений показателей качества структур
ИБ УД и вычисленные оценки компонент вектора**

	K_1	K_2	K_3	V_j	P_j
K_1	1	3	5	2,46	0,62
K_2	1/3	1	4	1,10	0,28
K_3	1/5	1/4	1	0,36	0,09

В таблицах 2–4 представлены экспертные результаты парных сравнений на 3 уровне в виде относительной важности альтернативных вариантов по отношению к каждому показателю качества, а также вычислены собственные векторы и векторы приоритетов.

Таблица 2

**Матрица парных сравнений структур ИБ УД
по отношению к максимальной скорости передачи данных**

	ЦА	ДА	ГА	V_{i1}	Q_{i1}
ЦА	1	6	3	2,62	0,66
ДА	1/6	1	4	0,87	0,22
ГА	1/3	1/4	1	0,43	0,10

Таблица 3

**Матрица парных сравнений структур ИБ УД
по отношению к дальности связи**

	ЦА	ДА	ГА	V_{i2}	Q_{i2}
ЦА	1	3	6	2,62	0,66
ДА	1/3	1	2	0,87	0,22
ГА	1/6	1/2	1	0,43	0,10

Таблица 4

**Матрица парных сравнений структур ИБ УД по отношению к широте
пропускания канала**

	ЦА	ДА	ГА	V_{i3}	Q_{i3}
ЦА	1	5	1/3	1,18	0,30
ДА	1/5	1	1/4	0,36	0,09
ГА	3	4	1	2,28	0,59

Далее представлены сведенные в результирующую таблицу результаты вычислений оценки компонент вектора приоритетов параметров, а также векторов приоритетов альтернативных вариантов структур ИБ УД по отношению к максимальной скорости передачи данных, дальности связи, широте пропускания канала.

В соответствии с максимальным значением компонент вектора глобальных приоритетов определяется соответствующий оптимальный

вариант системы. Используя вычисленные данные, находим значения компонентов вектора глобальных приоритетов системы согласно формуле:

$$C_i = \sum_{j=1}^n P_j Q_{ij}, \quad i = \overline{1, N}, \quad (2)$$

где n – число сравниваемых параметров структур сети ИВ; N – число сравниваемых альтернативных вариантов систем.

Таблица 5

Результаты вычисления значений компонент глобального вектора приоритетов C_i

№	Структуры ИВ УД	Q_{i1}	Q_{i2}	Q_{i3}	C_i
1	ЦА	0,66	0,66	0,30	0,621
2	ДА	0,22	0,22	0,09	0,2061
3	ГА	0,10	0,10	0,59	0,1431
	P_j	0,62	0,28	0,09	

В соответствии с вычисленными значениями компонент вектора глобальных приоритетов с учетом введенных показателей качества наиболее оптимальной и предпочтительной структурой ИВ УД является централизованная.

Заключение

Для анализа были выбраны централизованная, децентрализованная и гибридная структуры построения сетей ИВ УД, для которых сравнение производилось с учетом показателей качества: максимальная скорость передачи данных, дальность связи и ширина пропускания канала. Используя метод анализа иерархии наиболее оптимальной и предпочтительной структурой ИВ УД является централизованная структура.

Список литературы

1. Вишняков В. А., Радкевич К. А. Модель множественного доступа к учебной сети Интернета вещей // Проблемы инфокоммуникаций. 2021. № 1(13). С. 22–27.
2. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. М.: Радио и связь, 1993. 278 с.
3. Безрук В. М., Чеботарёва Д. В., Скорик Ю. В. Многокритериальный анализ и выбор средств телекоммуникаций : монография. Харьков: компания СМИТ, 2017. 268 с.
4. Росляков А. В., Ваняшин С. В., Гребешков А. Ю. Интернет вещей: учеб. пособие. Самара, ПГУТИИ, 2015. 115 с.