

Кривошея Денис Олегович

Krivosheya Denis Olegovich

Академия Федеральной Службы Охраны Российской Федерации, г. Орел
The Academy of Federal Security Guard Service of the Russian Federation, Orel

Сотрудник / Officer

E-Mail: Denis.Krivosheya@gmail.com

05.13.06 «Автоматизация и управление технологическими
процессами и производствами (по отраслям)»

Исследование функциональной живучести модели системы видеоконференцсвязи, развернутой на беспроводной ячеистой сети

Research of functional viability assessment model of video conferencing system based
on a wireless mesh network

Аннотация: В статье рассматривается математическая модель для описания функционального уровня различных систем реального времени, в том числе систем видеоконференцсвязи (ВКС). При использовании математической модели в среде NetLogo построена и имитационная модель, на основе которой сделаны выводы об уязвимости систем ВКС с точки зрения ее работы как иерархической системы в беспроводной ячеистой сети.

The Abstract: In this paper we consider a mathematical model to describe the functional level of the various real-time systems, including video conferencing systems. On the basis of mathematical models in the NetLogo environment is built and the simulation model on which to base conclusions about the vulnerability of videoconferencing systems from the point of view of her work as a hierarchical system in wireless mesh networks.

Ключевые слова: Видеоконференцсвязь, ячеистая сеть, функциональная живучесть, имитационная модель, иерархическая система.

Keywords. Videoconferencing, mesh network, functional viability, simulation model, hierarchical system.

Введение

Стремительный рост распределенных систем, который начался еще в 80-х годах прошлого века, был обусловлен повышенной надежностью и живучестью таких систем. Принципы организации успешно были перенесены на информационные системы. Наибольший интерес представляет случай, когда на распределенной системе разворачивается распределенная или децентрализованная информационная система.[1] В работе рассматривается система *видеоконференцсвязи (ВКС)* на базе ячеистой сети в силу востребованности и перспективности данных технологий, а так же в силу высоких требований, предъявляемых к каналам связи и оборудованию, задержкам в сети. Основой ячеистой топологии является избыточная связность, за счет чего повышается пропускная способность сети, а так же структурная живучесть. В то же время поиск алгоритмов, позволяющих реализовать эту живучесть для системы реального времени (СРВ) с иерархической структурой остаются малоизученными.

Математическая модель (физический уровень)

Под вычислительной системой (ВС) понимается совокупность элементарных машин (ЭМ), объединенных сетью линий связи и описывается простым неориентированным графом:

$$G = (V, E)$$

где V – вершины графа, представляющие собой узлы беспроводной ячеистой сети, E – множество ребер графа, описывающих каналы связи между узлами. Данный граф описывает структурную часть сети и определяет использованную ячеистую топологию. Предполагается, что в сети могут организовываться новые каналы связи (КС), а так же удаляться старые. В беспроводной ячеистой сети маршрутизация организована и работает исправно. КС разведены по частотам так, что оказывают воздействия друг на друга.

Каждый элемент сети определяется следующим кортежем:

$$V = (l, N_{max}, R, t_{оборуд}) \quad (1)$$

- l - уровень иерархии, определяющий набор функций узла, который он может выполнять;
- N_{max} - количество КС, которое может образовать элемент;
- R - объемом вычислительных ресурсов. Так как для выполнения функции предоставления услуг ВКС основным критерием является вычислительная мощность (для обработки и объединения аудио и видео потоков), то во внимание берется всего один показатель;
- $t_{оборуд}$ – параметр, обозначающий наличие терминального оборудования (средств ввода видео, аудио и текстовой информации), тем самым определяя, способен ли узел взаимодействовать с потребителем услуг.

Каждая связь E , определяющая беспроводный КС. У каждого КС зависимость пропускной способности от расстояния определяется по формуле:

$$v = \begin{cases} v_{max}, & \text{если } l \leq l_{min} \\ v_{max} \left(1 - \frac{l - l_{min}}{l_{max} - l_{min}} \right), & \text{если } l_{min} < l < l_{max} \\ 0, & \text{если } l \geq l_{max} \end{cases} \quad (2)$$

где v_{max} – максимальная пропускная способность для КС, l – расстояние между узлами связи, l_{min} - минимальное расстояние, на котором не происходит падения пропускной способности, l_{max} – максимальное расстояние, на котором пропускная способность отлична от 0, при этом l_{min} и l_{max} уже учитывают параметры среды распространения, погодные условия и другие параметры, влияющие на качество канала. На рисунке 1 приведен пример использования данной зависимости.

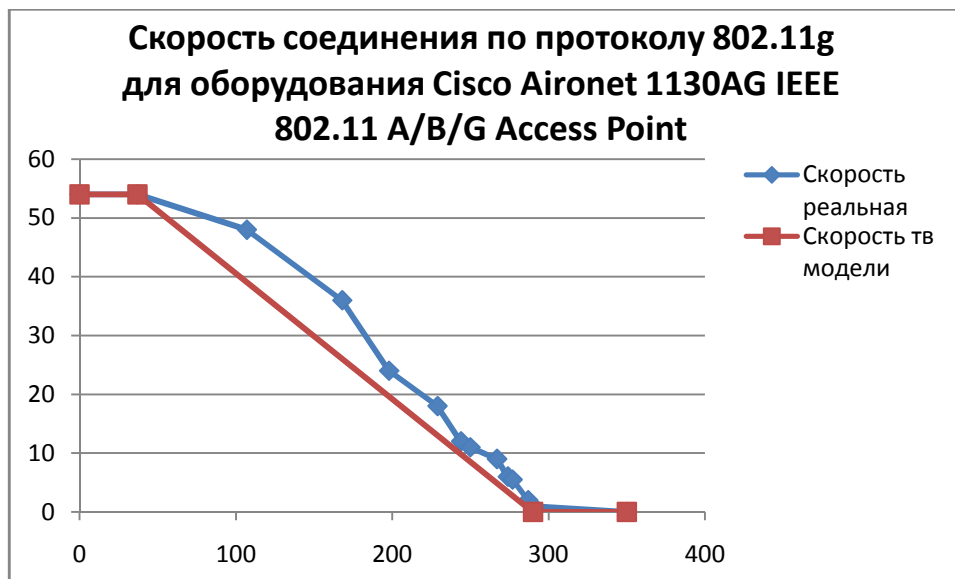


Рис. 1. Пример реальной пропускной способности и используемой в модели для оборудования Cisco Aironet 1130AG IEEE 802.11 A/B/G Access Point при использовании протокола 802.11g

В рамках исследуемой модели предполагается, что среда распространения радиоволн однородна, препятствия отсутствуют.

Математическая модель (функциональный уровень)

На физическую сеть накладывается выполнение определенного ряда задач (функций) по предоставлению комплекса услуг ВКС, которые в свою очередь образуют функциональный уровень и могут быть представлены в общем виде следующим образом [2]:

$$F = \bigcup_{i \in I} F_i = \{f_1, f_2, \dots, f_n\} \quad (3)$$

где n - общее количество функций, выполняемых системой.

Под функциональной компонентой Φ_{ij} будем понимать i -ую ветвь дерева G_f , выполняющая j -ую функцию системы. В таком случае функциональная компонента будет представлять собой часть подсистемы, выполняющей соответствующую функцию.

где G_f представляет собой простой неориентированный граф:

$$G_f = (V_f, E_f) \quad (4)$$

V_f - множество функциональных узлов системы. Предполагается, что каждый из узлов V_f может включать в себя один или несколько узлов V . Множество E_f определяет функциональные связи между V_f при наличии пути в графе G для физических узлов, на которых расположены вершины этих связей.

Функциональная компонента Φ_k потенциально может выполнять множество функций $\varphi_n: \{1, 2, \dots, n\} \rightarrow P(F)$, где $P(F)$ – множество всех подмножеств F . При этом если

$$\varphi_n(k) = \{f_{k_1}, f_{k_2}, \dots, f_{k_j}\}, 1 \leq k \leq n$$

то функциональная компонента Φ_k может выполнять функции $f_{k_1}, f_{k_2}, \dots, f_{k_j}$.

В работах[2, 4]для оценки функциональной живучести используется следующее выражение

$$\varphi_2\{P(t/S)\} = \sum_{i=1}^{i_0} P_i(t/S) \quad (5)$$

где i_0 – максимально допустимое число работоспособных ветвей.

В то же время возможно использовать следующие показатели [4]:

- *среднее количество работоспособных ветвей*

$$C(P(t/S)) = \sum_{i=1}^{N_0} P_i(t/S)c_i(N_0 - i) \quad (6)$$

c_i - эффективность выполнения ветвью своих функций.

Под эффективностью применительно к системе ВКС будем подразумевать тот уровень выполнения функций, на котором она выполняет свою цель в условиях работы в системе реального времени.

В работе [1] определяется, что у большинства услуг есть приемлемый уровень качества, при котором считается, что функция выполняется. Применительно к аудио и видео информации основным критерием является разборчивость. В исследуемой модели данный параметр представляет собой отношение необходимой пропускной способности КС для критического уровня качества к максимальному (эталонному):

$$c_i = \frac{\eta}{\eta_{max}} \quad (7)$$

Имитационная модель

Имитационная модель системы построена в среде NetLogo 5.0.4. Выбор данного программного продукта обусловлен следующими факторами:

- оптимизированность и высокая скорость работы среды при моделирование многоагентных систем;
- простота и высокая функциональность встроенного языка программирования;
- наличие большого количества встроенных моделей в библиотеке моделей;
- наличие удобных средств визуализации результатов моделирования;
- кроссплатформенность.

Разработанная модель представлена на Рисунке 2

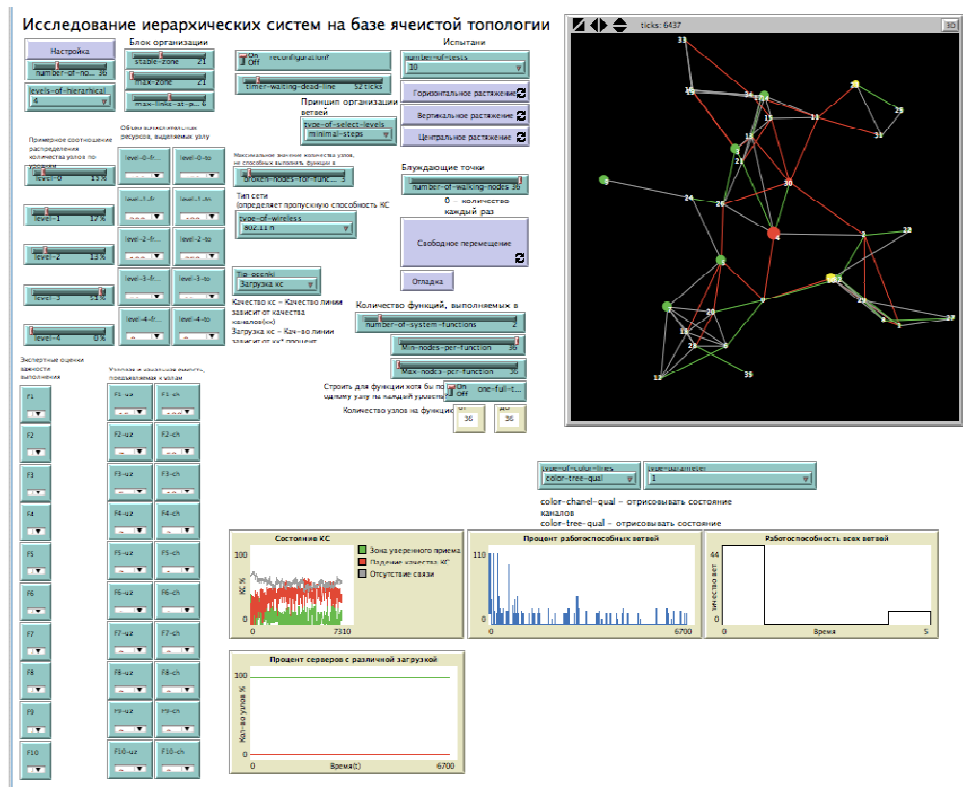


Рис. 2. Общий вид среды исследования модели

В ходе разработки модели были введены дополнительные ограничения и дополнения:

- $p_{отк}$ - вероятность того, что узел не умеет выполнять i -ую функцию j -го уровня иерархии и определяется по формуле:

$$p_{отк} = \frac{k}{n_V} \quad (8)$$

где n_V – количество узлов в сети, k – количество отказов. В модели существует проверка, чтобы на каждом уровне иерархии было минимум по одному узлу для i -ой функции;

- $[n_{minf}, n_{maxf}]$, где n_{minf} – минимальное количество узлов для выполнения функции, n_{maxf} – максимальное, при этом концы отрезка не превышают текущее количество узлов графа G ;
- предполагается, что на каждом узле связи для организации КС используется отдельный модуль и пропускная способность у каждого КС своя.

Так как сеть основана на беспроводной технологии, то подразумевается, что узлы этой сети мобильны, поэтому в рамках модели рассматриваются изменения состояния системы. В среде моделирования за это отвечает функция $tick$, которую можно вызывать в определенные промежутки времени, а можно по окончании изменений и измерений предыдущего состояний.

В ходе динамических изменений графа G расстояние между узлами может меняться, а следовательно узлы должны уметь образовывать новые связи и обрывать старые. Создание новой связи происходит при выполнении следующих условий для узла V_j :

$$\begin{cases} l \leq l_{min} \\ N_i < N_{max} \end{cases} \quad (9)$$

где N_i – количество КС, образованных V_i .

Разрыв КС происходит, если $l \geq l_{max}$ в течении $t_{уд}$ тиков (шагов), которое определяется пользователем.

Пример изменения состояния КС представлен на рисунке 3.

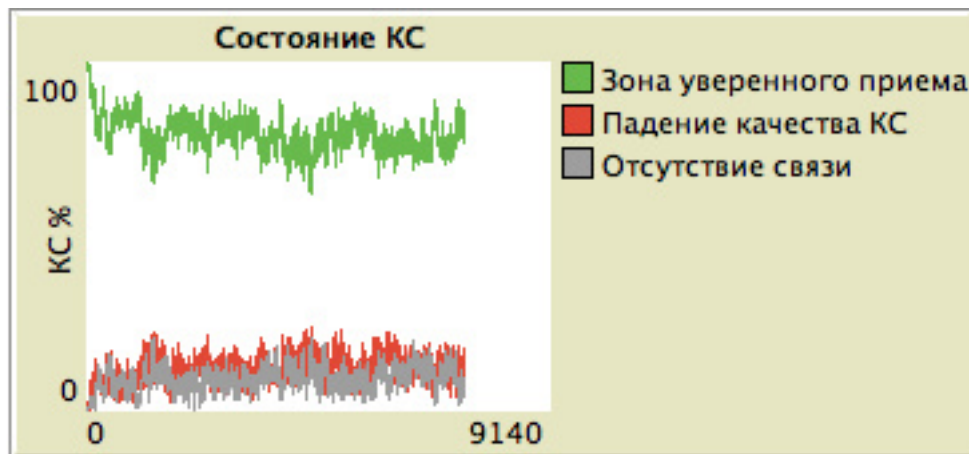


Рис. 3. Состояние КС

В условиях замкнутого объема процент КС с $l \leq l_{min}$ будет достаточно велико, а следовательно и живучесть физического уровня позволит обеспечить должную пропускную способность сети на должном уровне.

В то же время живучесть такой сети у функционального уровня будет значительно меньше и представлена на Рисунке 4

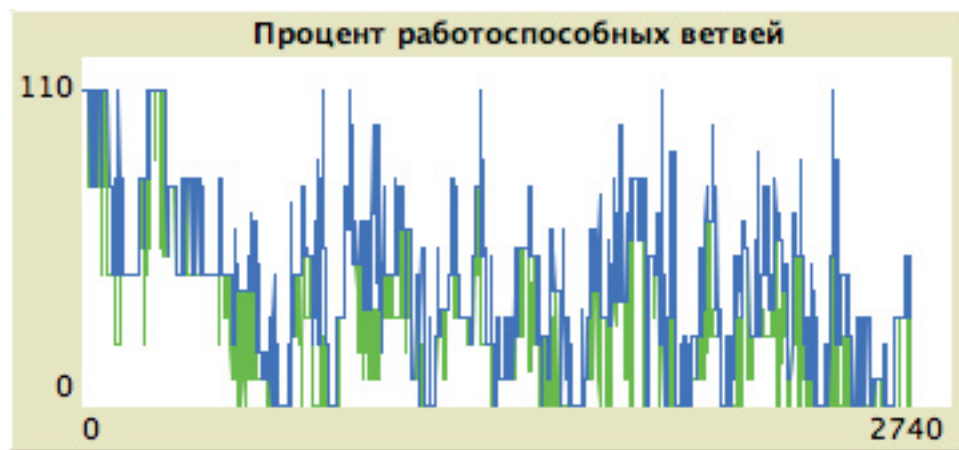


Рис. 4. Процент работоспособных ветвей без учета загрузки, только качество линий связи

Зеленым на рисунках отмечено отношение работоспособных функциональных ветвей к общему количеству функциональных ветвей. Синим на графиках обозначено отношение количества функциональных ветвей, проходящих по линиям связи с уверенным приемом. В данном случае не учитывается нехватка пропускной способности и предполагается, что не происходит падения скорости передаваемого трафика в соответствующей функциональной компоненте.

Если же учесть, что падение качества функции пропорциональна нехватке пропускной способности, то график будет иметь следующий вид:



Рис. 5. Процент работоспособных ветвей с учетом загрузки канала связи

Работоспособной (функционирующей) считается ветвь, у которой есть связь от узла нижнего уровня иерархии до узла самого верхнего уровня со скоростью обмена информации больше нуля. Зеленым на рисунках отмечено отношение работоспособных функциональных ветвей к общему количеству функциональных ветвей. Синим на графиках обозначено отношение количества функциональных ветвей, проходящих по линиям связи с уверенным приемом.

Таким образом, несмотря на то, что качество связи в сети достаточно высокое, функционирование целых ветвей иерархических ветвей значительно ниже и может опускаться до 0.

Использование более оптимизированных и современных протоколов маршрутизации приводит к более оптимальному и рациональному использованию канального ресурса системы, который за счет избыточных связей достаточно велик.

Использование методов повышения функциональной живучести на примере [1] приводит к тому, что система запрашивает дополнительные незадействованные ресурсы узлов, при этом применительно к системам ВКС необходимо учитывать потребляемый канальный ресурс.

Заключение

Не смотря на высокую структурную живучесть ячеистых сетей, при разработке, проектировании и эксплуатации систем реального времени на беспроводных ячеистых сетях следует обратить внимание на функциональный уровень, который нуждается в дополнительном управлении с целью повышения функциональной живучести системы. Применение основных принципов обеспечения живучести [4] к функциональному уровню может показать пути решения данной проблемы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воронин А.А. Модели и алгоритмы повышения производительности распределения систем обработки информации АСУП: Диссертация канд. техн. наук; 05.13.06, Владимир, 2005.-154 с.
2. Додонова А.Г., Ландэ Д.В. Живучесть информационных систем. – К.: Наук. Думка, 2011. – 256 с.
3. Лебеденко Е.В., Кривошея Д.О. Исследование подходов к оценке функциональной живучести систем и их применимость к системам видеоконференцсвязи на базе беспроводных сетей с ячеистой архитектурой. – Информационные технологии моделирования и управления №2(80),2013. – С. 166-172.
4. Стрекольников Ю.И. Живучесть систем. – С.-П.: Политехника, 2002. – 155 с.
5. Черкесов Г.Н. Методы и модели оценки живучести сложных систем. Конспект лекций -М: Знание, 1987.-55 с.

Рецензент: Волков В.Н., к.т.н., доцент, зам. директора АНО «Центр «Интернет-образования».