

## МОДЕЛИ ГОТОВНОСТИ БЕСПРОВОДНЫХ ЛОКАЛЬНЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ СО СТАЦИОНАРНЫМИ И МОБИЛЬНЫМИ ТОЧКАМИ ДОСТУПА

Яновский М. Э, Харченко В. С.

*Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского "ХАИ" (г. Харьков)*

*Представлены и проанализированы модели готовности беспроводных локальных компьютерных сетей со стационарными и мобильными точками доступа на основании критерия качества обслуживания.*

**Постановка проблемы.** Беспроводные локальных компьютерные сети (БЛКС) играют ключевую роль в задачах подключения конечного абонентского оборудования к домашним и корпоративным сетям. С появлением новых стандартов, таких как IEEE 802.11ac, БЛКС стали соизмеримы по номинальной пропускной способности каналов связи с такими кабельными технологиями, как Fast Ethernet и Gigabit Ethernet. Однако поведение таких сетей принципиально отличается от проводных, т.к. БЛКС динамична по своей природе: в качестве среды передачи данных используется пространство, наиболее подверженное помехам. Важное значение имеет не только местоположение абонентского оборудования, но и способность его перемещения. В зависимости от ситуации, сложившейся в определенный момент времени совокупность всех факторов может привести к уменьшению фактической пропускной способности от 20% до 90%. В свою очередь, это влияет на надежность БЛКС, ключевым показателем которой является коэффициент готовности. Поэтому задача разработки моделей готовности для БЛКС является одной из ключевых, с помощью которой можно проанализировать характеристики системы по истечению определенного интервала времени.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Анализ источников [1-3] показывает, что на сегодняшний день не существует унифицированного стандарта, позволяющего единым образом определить QoS в беспроводных компьютерных сетях. Всемирная организация Internet Engineering Task Force (IETF) провела ряд исследований, направленных на разработку различных архитектур, технологий и механизмов оценки QoS [1]. Согласно требованиям QoS, предложенным организацией International Telecommunications Union (ITU-T), в качестве основного параметра, определяющего уровень обслуживания, используется SLA (Service Level Agreement) – соглашение между клиентом и провайдером услуг связи [2].

**Цель статьи.** Предлагаются модели готовности на основании критерия качества обслуживания для БЛКС со стационарными и мобильными ТД.

**Основные материалы исследования. Выбор критериев и параметров.** Для построения модели готовности БЛКС на основании критерия QoS необходимо описать структуру и поведение системы, а также определить совокупность параметров, влияющих на критерий качества обслуживания абонентов.

БЛКС включает в себя множество точек доступа

и абонентских станций, которые к ним подключаются. В условиях полной работоспособности точки доступа покрывают всех существующих абонентов, причем выбор ТД из множества доступных для подключения осуществляется на основании критерия максимального соотношения уровня сигнал/шум (SNR).

Опираясь на рекомендации по оценке качества обслуживания, опубликованные в [1-3], в БЛКС могут быть выделены следующие критерии:

– **достижимая скорость передачи данных.** Этот показатель зависит от мощности (уровня) принимаемого сигнала и соотношения сигнал/шум (SNR), т.е. физических характеристик беспроводного сигнала. Чем больше значение этих характеристик, тем большая скорость передачи данных может быть достигнута. В свою очередь, физические свойства сигнала обусловлены множеством факторов: расстоянием от точки доступа до абонента (согласно закону обратных квадратов, уровень сигнала убывает пропорционально квадрату расстояния), наличием препятствий и помех на пути распространения сигнала, и т.д.;

– **степень удовлетворенности абонентов уровнем оказания услуг.** Данный критерий является комплексным показателем, однако, в первую очередь, он будет определяться полнотой покрытия. Очевидно, что абоненты, находящиеся вне зоны обслуживания какой-либо из точек доступа, попадут под категорию недовольных пользователей, т.к. не смогут получить доступ ни к одному ресурсу БЛКС. Кроме того, степень удовлетворенности уровнем оказания услуг зависит также от вида сетевой активности каждого конкретного абонента. Например, полоса пропускания, выделяемая пользователю, который проверяет электронную почту, может быть недостаточна для пользователя, который осуществляет видео-звонок. Следовательно, последний будет испытывать неудобства во время участия в видеоконференции, тогда как первый будет полностью удовлетворен уровнем доступа к нужным ресурсам.

На основании результатов исследований компании Wireless-Nets [3], общая рекомендация минимального значения SNR – около 20 дБ для каждого подключения. Существуют отдельные рекомендации для осуществления аудио-, видео-звонков и работы протокола VoIP через сеть WLAN: 25 дБ. В процессе разработки модели готовности БЛКС предлагается учитывать показатели SNR и полноту покрытия абонентов в качестве критериев QoS.

**Принимаемые допущения.** Причинами отказов

ТД в БЛКС являются дефекты аппаратных средств и встроенного программного обеспечения (прошивки). Устойчивые отказы вызваны, в основном, дефектами аппаратных средств (АС) ТД. Проявление этих дефектов обусловлено ненадежностью электронных компонент, составляющих аппаратную структуру ТД. Для восстановления ТД после отказа АС требуется полноценный ремонт либо замена отказавшего элемента. Сбои, как правило, проявляются в виде «зависания» встроенного ПО ТД и могут происходить по нескольким причинам: нестабильность работы сетевых протоколов, переполнение буферов сетевых интерфейсов, избыточный ширококвещательный или торрент трафик в сети, атаки типа «отказ в обслуживании» и др. В большинстве случаев для восстановления ТД после сбоя достаточно ее перезагрузки, однако в других случаях требуются дополнительные действия по диагностированию ТД, выбору и загрузке новой версии встроенного ПО.

БЛКС является динамической средой, состоящей из множества точек доступа и абонентских станций. Для построения модели готовности БЛКС на основании критерия QoS необходимо принять ряд допущений.

1. Отказы и сбои ТД в БЛКС – независимые события: для всех видов отказов и сбоев в системе наступление одного из них не изменяет вероятность наступления другого.

2. Два и более отказов и/или сбоев не могут произойти одновременно: отказы и сбои в системе происходят последовательно, в один и тот же момент времени  $t$  может произойти только одно событие.

3. Процедура восстановления точки доступа в результате отказа АС и сбоя ПС занимает в среднем одинаковое количество времени: время восстановления ТД после отказа АС либо сбоя ПС может варьироваться от нескольких минут до нескольких часов в зависимости от специфики отказа или сбоя и сложности ремонта, таким образом, среднее время восстановления ТД будет примерно одинаковым в обоих случаях.

4. Средства контроля и диагностирования идеальны: система мониторинга позволяет обнаружить отказ или сбой ТД в момент наступления события с вероятностью  $P_{обн} = 1$ .

5. Сетевые устройства абонентов выполняют свои функции идеально: беспроводные абонентские станции работают безотказно в течение всего времени моделирования работы системы.

**Разработка моделей.** В системе используются однотипные ТД: БЛКС построена на базе точек доступа одного производителя определенной модели с одинаковыми характеристиками.

С учетом того, что каждое состояние БЛКС в очередной момент времени  $t + d$  зависит только от текущего состояния в момент времени  $t$ , а все времена являются детерминированными, модели БЛКС можно интерпретировать как марковский процесс с непрерывным временем и дискретными состояниями.

Модель готовности БЛКС с  $N$  стационарными

точками доступа на основании критерия QoS представлена на следующем рисунке:

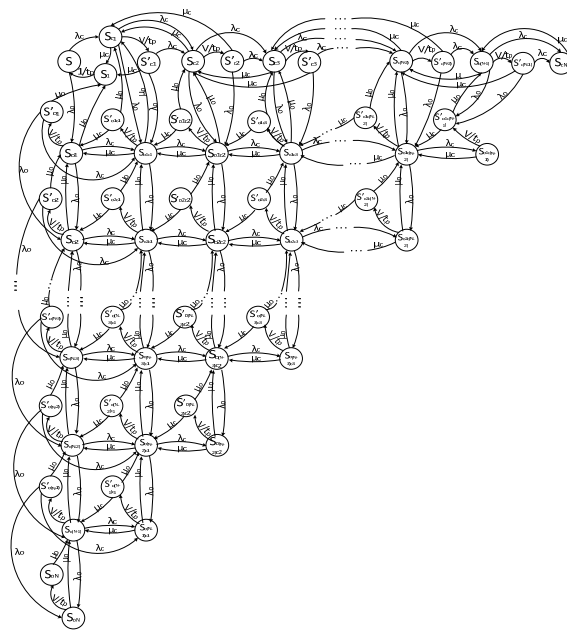


Рисунок 1 – Модель готовности БЛКС с  $N$  стационарными точками доступа на основании критерия QoS

Входными параметрами модели являются:

$\lambda_s$  – интенсивность сбоев ПС ТД (в том числе связанных с нестабильностью работы сетевых протоколов, активностями и типами поведения абонентов);

$\lambda_a$  – интенсивность отказов АС ТД;

$\lambda$  – общая интенсивность отказов точки доступа равно сумме интенсивности отказов аппаратной части и интенсивности сбоев ПС (в том числе связанных с нестабильностью работы сетевых протоколов, активностями и типами поведения абонентов);

$\mu$  – интенсивность восстановления точки доступа;

$V$  – вероятность того, что абоненты могут быть покрыты работоспособными точками доступа с достаточным уровнем соотношения сигнал шум ( $\geq 20\text{dB}$ );

$tp$  – время подключения абонента к точке доступа.

На представленном графе в направлении слева направо расположены состояния системы, описывающие последовательные сбои ПС, в направлении сверху вниз – состояния, отвечающие последовательным отказам АС. В случае отказа или сбоя одной из точек доступа возможно переключением непокрытых абонентов к оставшимся работоспособным с некоторой вероятностью  $V$ . При этом, с учетом критерия QoS, система сохранит работоспособное состояние в том случае, если качество обслуживания будет удовлетворять требованиям, описанным выше: все абоненты покрыты работоспособными точками доступа с SNR не менее 20 дБ.

На рис. 2 представлена модель готовности БЛКС с  $N$  мобильными точками доступа, из которых  $M$  пассивные, на основании критерия QoS.

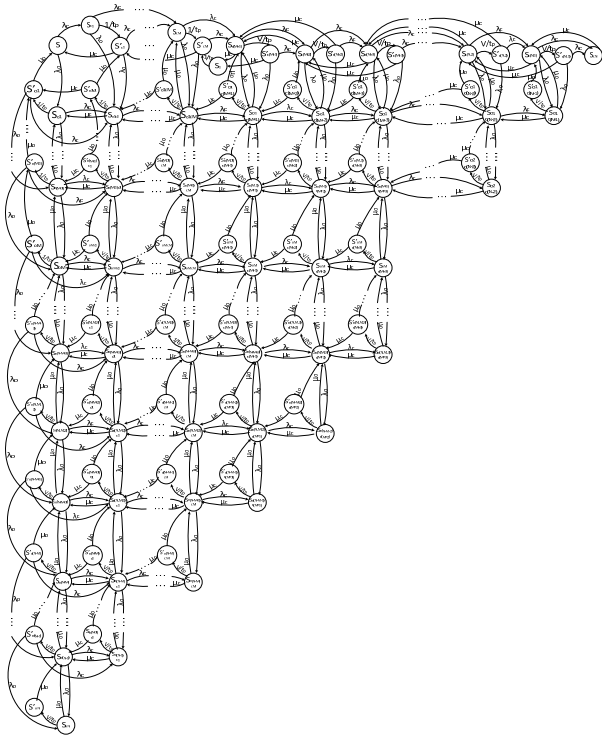


Рисунок 2 – Модель готовности БЛКС с N мобильными точками доступа, из которых M пассивные

**Результаты моделирования.** Для проведения процедуры восстановления ТД системному администратору в среднем достаточно периода времени 0.5 часа, что соответствует интенсивности восстановления  $\mu = 2 \text{ ч}^{-1}$ . Процесс подключения абонентской станции к ТД, как правило, требует времени около 20 с. Вероятность переключения непокрытых абонентов  $V$  в результате выхода из строя ТД к работоспособной ТД с достаточным уровнем соотношения сигнал/шум изменяется в пределах от 0 до 1 и зависит от множества факторов (плотность размещения ТД, площадь перекрытий зон обслуживания, и др.). Результаты моделирования системы с 10 ТД для интервала времени от 0 до 1577 часов представлены на графике:

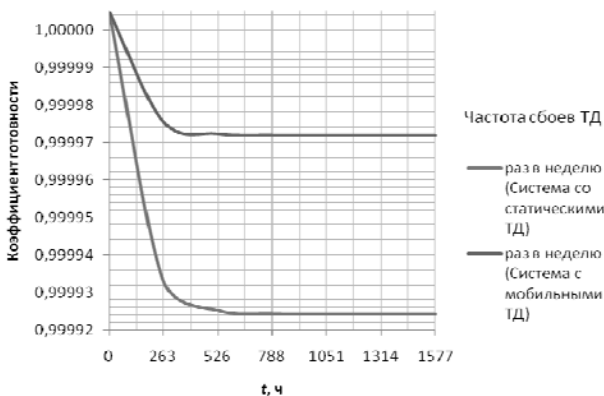


Рисунок 3 – График функции готовности БЛКС со стационарными и мобильными ТД с частотой сбоев – раз в неделю

В системе с мобильными ТД, при отсутствии пассивных ТД в пуле, вероятность переключения абонентов, оказавшихся вне зоны обслуживания, к работоспособным ТД выше за счет возможности ТД изменить свое местоположение и/или зону обслуживания с целью покрытия этих абонентов. Данный фактор дает основание для выбора параметра  $V$  в системе со стационарными ТД 0.4 и 0.5 в системе с мобильными ТД.

**Выводы.** Анализ результатов исследований позволяет сделать заключение об увеличении коэффициента готовности БЛКС в случае использования мобильных точек доступа.

#### Список использованных источников

1. Шыхалиев Р. Г. О методах управления и мониторинга QoS компьютерных сетей / Р. Г. Шыхалиев. // *Informasiya texnologiyalari problemleri*. – 2013. – №7. – С. 15–23.
2. Monfort J. Y. Basic requirements to quality of services (IP centric) [Электронный ресурс] / Jean-Yves Monfort // International Telecommunication Union (ITU). – 2003. – Режим доступа до ресурсу: <https://www.itu.int/itudoc/itu-t/workshop/e-health/s8-03.pdf>.
3. Geier J. How to: Define Minimum SNR Values for Signal Coverage [Электронный ресурс] / Jim Geier // Wireless-Nets Independent Consulting. – 2013. – Режим доступа до ресурсу: [http://www.wireless-nets.com/resources/tutorials/define\\_SNR\\_values.html](http://www.wireless-nets.com/resources/tutorials/define_SNR_values.html).

#### Анотація

### МОДЕЛІ ГОТОВНОСТІ БЕЗДРОТОВИХ ЛОКАЛЬНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖ ЗІ СТАЦІОНАРНИМИ ТА МОБІЛЬНИМИ ТОЧКАМИ ДОСТУПУ

Яновський М. Е., Харченко В. С.

*Запропоновані та проаналізовані моделі готовності бездротових локальних комп'ютерних мереж зі стаціонарними та мобільними точками доступу на основі критерію якості обслуговування.*

#### Abstract

### AVAILABILITY MODELS OF WIRELESS LOCAL AREA NETWORKS WITH STATIONARY AND MOBILE ACCESS POINTS

M. Yanovsky, V. Kharchenko

*The article presents availability models of Wireless Local Area Networks with stationary and mobile access points, that are based on Quality of Service criteria.*