

УДК 358.111.6

В.А. Игнатов, О.А. Тарасов, Ж.Ж. Пенда

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ АВИАЦИОННЫХ СИСТЕМ СВЯЗИ С ДИАГНОСТИРОВАНИЕМ РАДИОКАНАЛОВ

Приведена оригинальная методика сравнительного анализа эффективности авиационных систем связи с диагностированием радиоканалов. Для получения количественных оценок эффективности исследуемых систем применена имитационная модель, построенная на базе современной телекоммуникационной техники. В качестве критерия оптимизации алгоритмов диагностирования предложена достоверность передачи информации в сети.

Радиосвязь является основным видом электросвязи в авиации. На территории авиапредприятий все шире используются мобильные радиотелефонные системы, построенные на базе как транкинговой, так и сотовой топологий. Особенно незаменимым является использование радио для решения задач по управлению воздушным движением. На базе каналов диапазонов декаметровых и сантиметровых волн построен и находится в разработке ряд навигационных систем.

Особенностью же радиоэфира является нестабильность характеристик распространения сигналов, что выражается в дрейфе параметров затухания и в уровне шумов в процессе движения мобильного абонента при переходе с одного частотного канала на другой, а также в зависимости от направления распространения радиоизлучения.

Поэтому в последнее время исследуется возможность построения систем радиосвязи, использующих адаптивные алгоритмы подбора и определения частотного диапазона. Современные сотовые системы радиотелефонной связи при ухудшении параметров принимаемого радиосигнала используют алгоритмы «эстафетной передачи» для перевода мобильного абонента в зону обслуживания с лучшими условиями распространения сигнала. Для дальнейшего развития и совершенствования механизмов удержания приемлемого качества связи в условиях неоднородности прохождения сигнала актуальным является использование оперативных алгоритмов диагностирования каналов связи [1], позволяющих определять параметры канала одновременно с передачей полезной информации.

Дальнейшее развитие систем передачи с диагностированием каналов связи во многом зависит от разработки методов оценки эффективности алгоритмов диагностирования применительно к протоколам передачи, работающим на верхних уровнях моделей OSI.

Рассмотрим простейшую систему передачи, структурная схема которой показана на рис. 1. В коммутатор Sw включена модемная линия связи, имеющая импульсную характеристику $h(t, \tau)$ и на которую воздействуют помехи $n(t)$.

На удаленном модеме выполнена физическая петля Loop, назначением которой является обеспечение возможности для передачи назад сигнала, передаваемого коммутатором Sw . Если при такой схеме подключения с коммутатора подать в линию последовательность двоичных сигналов, то данная последовательность будет принята назад. При сравнении переданной и принятой последовательностей можно получить оценку качества передачи на канальном уровне модели OSI. Подобная схема тестирования линий связи широко применя-

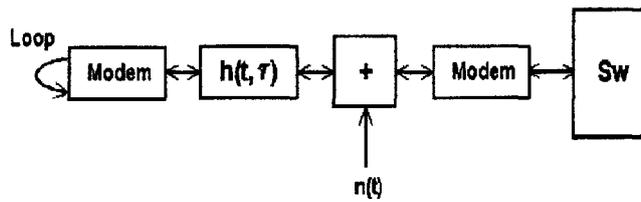


Рис. 1. Модель узкополосного канала связи

дачи гармоническими, широкополосными и согласованными сигналами [2]. Рассмотрим более подробно математический аппарат оценивания качества передачи данных для канального уровня.

Представим псевдослучайную тестовую последовательность $f(t)$ в виде совокупности единичного прямоугольного импульса конечной длительности τ_0 и кодовой последовательности $\{a_1, a_2, \dots, a_N\}$:

$$f(t) = \sum_{n=1}^N a_n F_0[t - (n-1)\tau_0], \quad (1)$$

где $F_0(t) = 1$ при $0 \leq t \leq \tau_0$; $F_0(t) = 0$ вне $[0, \tau_0]$.

Если предположить, что условия среды распространения канала нормальные, то операторный коэффициент передачи канала

$$K_{ch} = \frac{\sum_{n=1}^N a'_n F_0[t - (n-1)\tau_0]}{\sum_{n=1}^N a_n F_0[t - (n-1)\tau_0]} = \frac{\sum_{n=1}^N a'_n}{\sum_{n=1}^N a_n} = 1, \quad (2)$$

где a'_n – принятая последовательность; a_n – переданная последовательность. Любое отклонение действующей величины K_{ch} от единицы есть следствие действия помех и ухудшения среды распространения сигнала в канале связи. Для количественной оценки степени помех, вносимых в систему передачи каналом связи, воспользуемся вероятностным значением ошибочного приема бита тестовой последовательности (1):

$$P_{er}^{0,1} = \frac{\sum_{n=1}^N N_{Er}^{0,1}}{N_{All}^{0,1}}, \quad (3)$$

где $P_{er}^{0,1}$ – вероятность ошибочного приема бита сообщения; $N_{Er}^{0,1}$ – количество неправильно принятых (или потерявшихся) бит; $N_{All}^{0,1}$ – общее количество бит двоичной тестовой последовательности.

Для получения статистически устойчивой оценки вероятности ошибочного приема необходимо выполнить множество экспериментов по прохождению через канал тестовых последовательностей определенной длины. Тогда оценкой качества передачи будет являться математическое ожидание

$$m\{P_{er}^{0,1}\} = \lim_{l \rightarrow \infty} \frac{\sum_{k=1}^l P_{erk}^{0,1}}{l}, \quad (4)$$

где l – количество пачек тестовой последовательности.

ется и основным ее недостатком является необходимость закрывать канал на время тестирования для передачи полезной информации. Однако показатели тестирования на канальном уровне можно использовать в качестве критерия при изучении эффективности алгоритмов диагностирования физического состояния среды пере-

Рассмотрим работу экспериментальной системы связи без диагностирования каналов (рис. 2). Данная система состоит из множества частотных каналов, характеризующихся импульсной характеристикой $h(t, \tau)$. Ключи $K1$ и $K2$ подключают один из каналов к экспериментальной установке, в состав которой входят: коммутатор Sw , два модема с физической петлей на одном из них, синтезатор помех, решающее устройство (РУ), устройство управления (УУ) ключами.

Коммутатор передает в модемную линию последовательность (1), которая возвращается назад через петлю, программно выставленную на удаленном модеме. Одновременно по случайному алгоритму на вход экспериментальных каналов подается узкополосная помеха. Приняв переданную тестовую последовательность данных назад, коммутатор производит оценку вероятности ошибочного приема бита информации по выражению (3) и выдает результат в РУ. Решающее правило при этом выглядит так:

$$\begin{cases} P_{er}^{0,1} \geq P_{Thr}^{0,1} & - \text{канал негоден;} \\ P_{er}^{0,1} < P_{Thr}^{0,1} & - \text{канал годен,} \end{cases}$$

где $P_{Thr}^{0,1}$ – пороговое значение вероятности ошибочного приема, которое выбирается исходя из требований, предъявляемых к системе передачи.

Если канал по результатам тестирования признается негодным, то УУ с помощью ключей $K1$ и $K2$ подключает системе свободный канал, имитируя таким образом «алгоритм эстафетной передачи». Алгоритм переключения каналов определяется спецификой выполняемого эксперимента. Определить эффективность работы системы передачи (рис. 2) можно с помощью выражения (4).

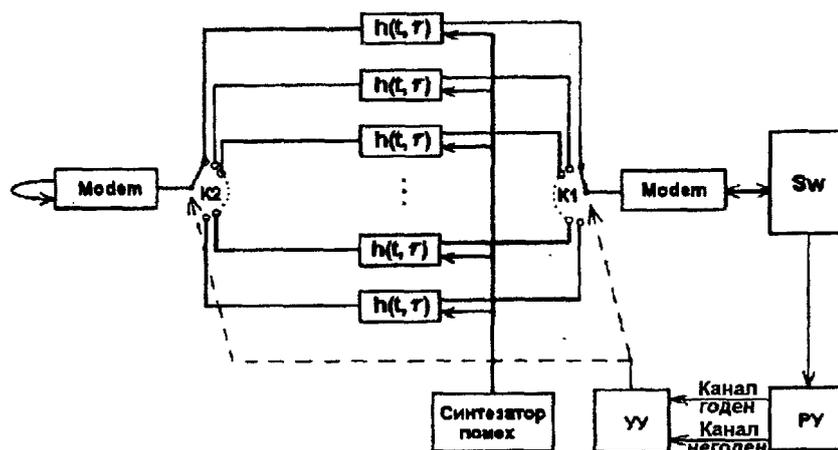


Рис. 2. Модель системы передачи без диагностирования каналов связи

Рассмотрим работу экспериментальной системы связи с диагностированием каналов, структурная схема которой показана на рис. 3. Коммутатор Sw передает и принимает по подключенному каналу от удаленного модема с завернутой петлей серии двоичных тестовых последовательностей, имитируя таким образом режим непрерывного функционирования реальной системы связи. Одновременно на вход всех каналов подаются случайные последовательности узкополосных помех $n(t)$ и тестовые согласованные сигналы $u(t)$ [3]. При этом сигналы $u(t)$ подаются в строго определенные короткие временные интервалы, обеспечивая таким образом использование каналов для передачи полезной информации (здесь – двоичной тестовой последовательности канального уровня (1)).

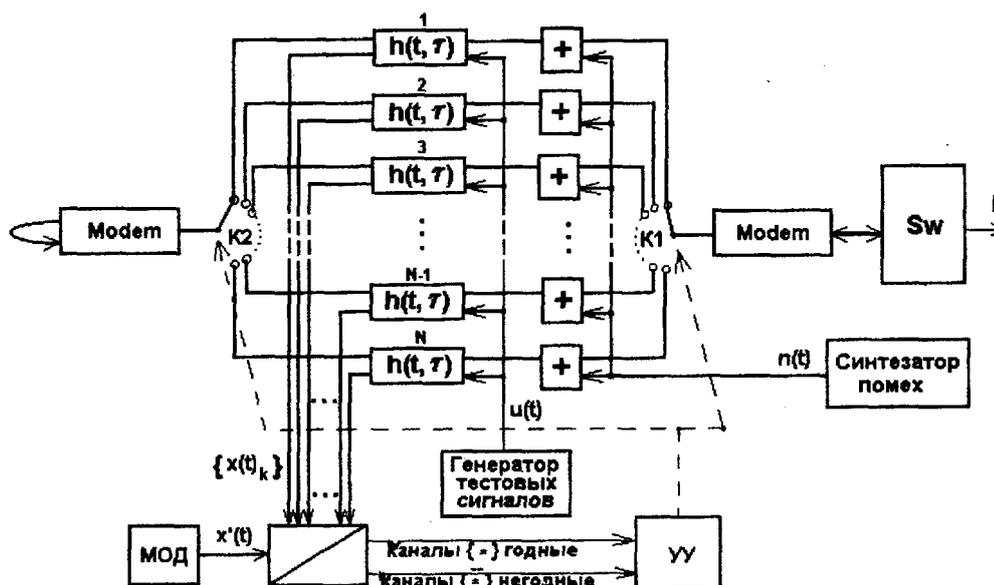


Рис. 3. Модель системы передачи с диагностированием каналов связи

Множество откликов каналов на тестовые воздействия $\{x(t)_k\}$ поступают на схему сравнения, на другой вход которой подается эталонная величина $x'(t)$ с модели объекта диагностирования (МОД). В данном случае решающее правило имеет вид:

$$\begin{cases} \{[(t)_k] \neq x'(t) - k\text{-й канал негоден;} \\ \{[(t)_k] = x'(t) - k\text{-й канал годен.} \end{cases} \quad (5)$$

Таким образом, на входе РУ постоянно формируются два множества: годных каналов $\{*\}$; негодных каналов $\{*\text{-}\}$. Если подключенный к экспериментальной системе канал связи в соответствие с правилом (5) перейдет в множество $\{*\text{-}\}$, то УУ осуществит переключение с помощью ключей $K1$ и $K2$ на незанятый канал, принадлежащий множеству $\{*\}$.

Коммутатор Sw формирует оценки вероятности ошибочного приема в соответствие с выражениями (3) и (4). Сравнивая полученные значения для систем без диагностирования и с диагностированием каналов, можно рассчитать абсолютные и относительные показатели эффективности одних систем передачи над другими, а также выполнить сравнительный анализ систем, использующих различные методы и алгоритмы диагностирования [2].

Список литературы

1. Игнатов В.А., Тарасов О.А., Новиков М.В., Клоков С.Ю. Построение системы технического диагностирования каналов сети связи с подвижными объектами с использованием граф-моделей / Киевс. междунар. ун-т гражд. авиации. – К.: – 1997. – 33 с. – Деп. в ГНТБ Украины 21.04.97. – № 294-Ук 97.

2. Игнатов В.А., Новиков М.В., Тарасов О.А. Анализ методов, алгоритмов и средств диагностирования сетей связи с подвижными объектами / Киевс. междунар. ун-т гражд. авиации. – К.: – 1996. – 32 с. – Деп. в ГНТБ Украины 04.11.96. – № 2153-Ук 96.

3. Игнатов В.А., Тарасов О.А., Клоков С.Ю., Рожников А.В. Экспериментальная методика определения собственных согласованных сигналов для диагностируемых каналов сетей связи с подвижными объектами // Проблемы авионики. Сб. науч. тр. – К.: КМУГА, – 1996. – С. 13-25.