

НАУЧНЫЕ СООБЩЕНИЯ

А.Н. Бабкин, О.С. Авсентьев

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ЖИВУЧЕСТИ РАДИОКАНАЛА

PROVIDING OF RADIO CHANNEL FUNCTIONAL SURVIVABILITY

Приводится методика обеспечения функциональной живучести радиоканала в сетях подвижной радиосвязи, основанная на использовании вероятностных характеристик функционирования.

The technique of maintenance of functional survivability of a radio channel in networks of the mobile radio communication, based on use of likelihood characteristics of functioning is resulted.

Радиоканал является основным элементом сетей подвижной радиосвязи (СПР).

Под радиоканалом понимается совокупность элементов сети: стационарных (СР), мобильных (МР), носимых (НР) радиостанций и среды распространения радиосигнала [1].

Под функциональной живучестью радиоканала понимается его способность обеспечить надежную и качественную связь между абонентами СПР в заданной зоне обслуживания при воздействии преднамеренных и непреднамеренных помех. Количественной мерой функциональной живучести радиоканала может служить вероятность P_{yc} установления связи между абонентами сети на направлениях связи:

$$AB_i \leftrightarrow AB_j,$$

где АБ — абонент, i и j — номера абонентов с различными типами радиостанций.

В СПР могут быть следующие направления связи:

$$СР \leftrightarrow СР, СР \leftrightarrow МР, СР \leftrightarrow НР, МР \leftrightarrow МР, МР \leftrightarrow НР, НР \leftrightarrow НР.$$

Соответственно P_{yc} будет определяться выражением:

$$P_{yc} = \begin{cases} 1, \text{при } СР_i \leftrightarrow СР_j \\ P_{ср-мр}, \text{при } СР_i \leftrightarrow МР_j \\ P_{ср-нр}, \text{при } СР_i \leftrightarrow НР_j \\ P_{мр-мр}, \text{при } МР_i \leftrightarrow МР_j \\ P_{мр-нр}, \text{при } МР_i \leftrightarrow НР_j \\ P_{нр-нр}, \text{при } НР_i \leftrightarrow НР_j. \end{cases}$$

Вероятность установления связи будет определяться отношением сигнал/шум на выходе радиоканала (приемного устройства) [2]:

$$P_{yc} = \begin{cases} 1, \text{при } \frac{P_c}{P_{ш}} \geq 20 \text{ дБ} \\ \geq 0,9, \text{при } 12 \leq \frac{P_c}{P_{ш}} < 20 \text{ дБ} \end{cases}. \quad (1)$$

Соответственно, построение СПР необходимо осуществлять таким образом, чтобы выполнялось (1).

В условиях плотной городской застройки обеспечить выполнение (1) для всех направлений связи не представляется возможным. Обеспечение связи между абонентами в СПР становится возможным при использовании разнесенного приема, при этом возникает необходимость определения минимального количества приемных устройств в заданной зоне обслуживания.

На рис. 1 представлена структурная схема радиоканала, образованного абонентскими радиостанциями $АБ_i$ и $АБ_j$.

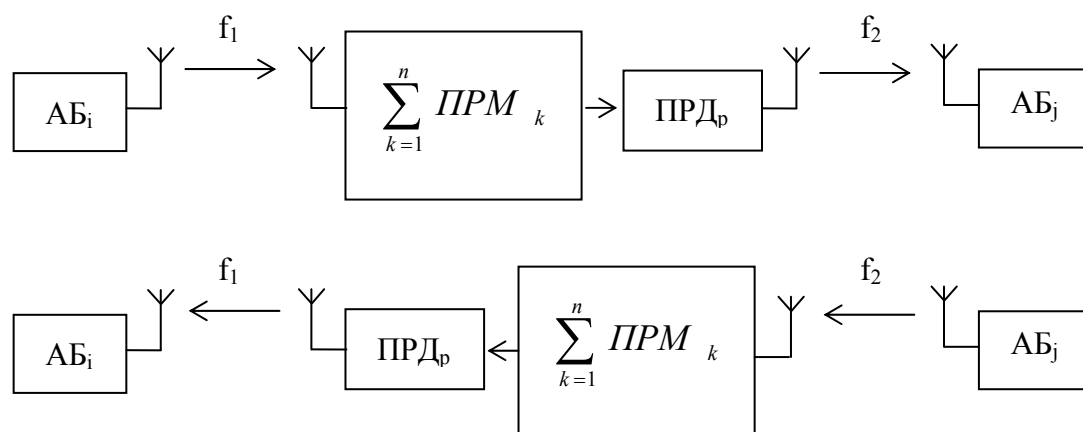


Рис. 1

На этом рисунке ПРМ — приемное устройство, $k=1,2,\dots,n$ — количество ПРМ, ПРД_р — передающее устройство ретранслятора, f_1 и f_2 — частоты работы радиоканала. Радиоканал работает по принципу двухчастотного симплекса.

Необходимо найти минимальное количество n приемных устройств, обеспечивающих выполнение (1).

Обозначим вероятности установления связи между радиостанцией $АБ_i$ и k -м приемным устройством (направлением связи) соответственно как $p_1, p_2, \dots, p_n$, тогда вероятности отказов в установлении связи — $q_1, q_2, \dots, q_n$.

Вероятность установления связи между радиостанцией $АБ_i$ и приемными устройствами P_{yc} будет определяться выражением [3]:

$$P_{yc} = 1 - q_1 \times q_2 \times \dots \times q_n \quad (2)$$

Допустим, что $p_1 = p_2 = \dots = p_n$, тогда выражение (2) примет вид:

$$P_{yc} = 1 - q^n$$

Учитывая (1), можно записать:

$$0,9 = 1 - q^n; n = \log_q 0,1. \quad (3)$$

Результаты расчета n для разных значений вероятностей установления связи с учетом (3) приведены в таблице.

p_i	q_i	n	P_{yc}
0,8	0,2	2	0,96
0,7	0,3	2 (3)	0,91 (0,973)
0,6	0,4	3	0,936
0,5	0,5	4	0,9375
0,4	0,6	5	0,92224
0,3	0,7	7	0,917645
0,2	0,8	11	0,91411
0,1	0,9	22	0,9015

Как видно из таблицы, практический интерес для обеспечения функциональной живучести радиоканала представляют направления связи, p_i которых находятся в пределах $0,5 \leq p_i \leq 0,8$.

На рис. 2 представлена схема организации сети разнесенного приема в СПР в заданной зоне обслуживания для $p_i=0,5$ ($n=4$).

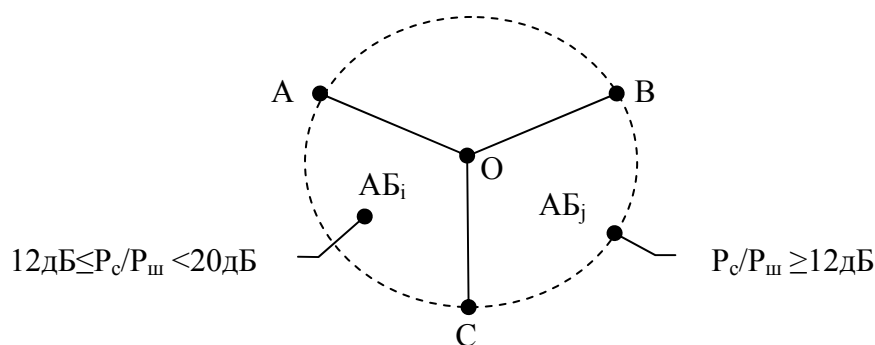


Рис. 2

На этом рисунке A, B, C — места расположения стационарных приемных устройств, O — место расположения дуплексного стационарного ретранслятора, АО, СО и ВО — проводные линии связи, соединяющие приемные устройства (низкочастотные выходы) с передающим устройством ретранслятора (входом подмодулятора).

В качестве приемных устройств можно использовать симплексные стационарные радиостанции.

Общее количество приемных устройств в сети равно 4 (с учетом приемного устройства ретранслятора). Сеть состоит из 3 секторов: АОС, СОВ и АОВ.

Количество n приемных устройств будет определяться требуемой зоной обслуживания абонентов, ограничениями на стоимость оборудования и организацией работ по построению сети разнесенного приема, проведением технического обслуживания СПР.

Применение рассмотренной методики для обеспечения функциональной живучести радиоканала, основанной на использовании вероятностных характеристик, позволяет проектировать СПР с требуемыми характеристиками по надежности и качеству связи между абонентами в заданной зоне обслуживания.

Для точной оценки зоны покрытия СПР в реальных условиях эксплуатации необходимо провести измерения напряженности поля сигнала на направлениях связи. Это позволит определить вероятности установления связи между абонентами, опреде-

лить количество и приемных устройств, провести мероприятия по обеспечению функциональной живучести радиоканала.

ЛИТЕРАТУРА

1. Основы построения систем и сетей передачи информации: учебное пособие для вузов / В.В. Ломовицкий [и др.]; под ред. В.М. Щекотихина. — М.: Горячая линия-Телеком, 2005. — 382 с.

2. Сети и системы радиосвязи ОВД и средства их информационной защиты: учебное пособие / О.И. Бокова [и др.]; под ред. Н.С. Хохлова. — Воронеж: Воронежский институт МВД России, 2012. — 228 с.

3. Купер Дж., Макгиллем К. Вероятностные методы анализа сигналов и систем: пер.с англ. — М.: Мир, 1989. — 376 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

Бабкин Александр Николаевич. Начальник кафедры информационной безопасности. Кандидат технических наук, доцент.

Воронежский институт МВД России.

E-mail: alex_babk@mail.ru, babkian@mail.vimvd.ru

Россия, 394065, г. Воронеж, проспект Патриотов, 53. Тел. (473) 262-33-76.

Авсентьев Олег Сергеевич. Профессор кафедры информационной безопасности. Доктор технических наук, профессор.

Воронежский институт МВД России.

E-mail: osaos@mail.ru

Россия, 394065, г. Воронеж, проспект Патриотов, 53. Тел. (473) 262-33-76.

Babkin Alexander Nicolayevich. The chief of Information Security chair.

Candidate of technical sciences, assistant professor

Voronezh Institute of the Ministry of the Interior of Russia.

Work address: Russia, 394065, Voronezh, Prospect Patriotov, 53. Tel. (473) 262-33-76.

Avsentjev Oleg Sergeevish. Professor of Information Security chair. Doctor of technical sciences, professor.

Voronezh Institute of the Ministry of the Interior of Russia.

Work address: Russia, 394065, Voronezh, Prospect Patriotov, 53. Tel. (473) 262-33-76.

Ключевые слова: радиосвязь; радиоканал; направление связи; вероятность; радиостанция; живучесть; сеть подвижной радиосвязи.

Key words: radio communication; radio channel; probability; radio station; survivability; communication direction; mobile wireless network.

УДК 621.396.9