

УДК 621.382

## АНАЛИЗ ЗОН СИСТЕМНОГО БЛОКИРАТОРА СТАНДАРТА GSM

В.А. АКСЁНОВ, А.Г. ГАЛКИН

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
П. Бровка, 6, Минск, 220013, Беларусь*

*Поступила в редакцию 14 марта 2007*

Приведен обзор общих принципов работы системного блокиратора абонентских станций в сетях GSM. Выполнен качественный анализ формируемых блокиратором зон блокирования и зон неопределенности. На основе модели Уолфиш–Икегами сделан расчет возможных размеров этих зон.

*Ключевые слова:* системный блокиратор, сотовая связь, GSM, модель Уолфиш–Икегами.

### Особенности работы системного блокиратора

Подавление работы абонентских станций (АС) сотовой связи может быть выполнено несколькими способами. Например [1], джаммеры выставляют постоянную прицельную помеху в полосах соответствующих радиоканалов. Мощность этой помехи должна заметно превышать мощность сигналов базовых станций (БС) в зоне подавления.

Работа системного блокиратора [2] основана на формировании сигналов, которые можно назвать имитационными системными помехами. Первоначально блокиратор измеряет на территории развертывания параметры используемых в сети GSM несущих частот. На всех обнаруженных частотах блокиратор посылает всем АС системную инструкцию с требованием переключиться на новую фиктивную частоту, которой нет в сети операторов GSM, и которую генерирует сам блокиратор. На данной стадии мощность сигналов блокиратора должна превышать мощность сигналов БС на некоторый порог. Для системы GSM это может быть стандартизованное значение отношения сигнал/соканальная помеха, равное 9 дБ.

Наличие порога вызовет формирование в пространстве двух зон, как это показано на рис. 1. Первая — зона блокировки, где уровень сигналов блокиратора превышает порог и все АС переключаются на фиктивную несущую, вторая — зона неопределенности, где сигналы блокиратора и сигналы БС не превышают друг друга более чем на значение порога. В этой зоне переключаются лишь некоторые АС.

После переключения (парковки) АС на фиктивную частоту, блокиратор начинает играть роль фиктивной БС, имитирующей весь комплекс системного обмена, принятого в GSM. В частности, всем АС в зоне блокировки передается "пустой" список соседних частот, чем предотвращается их уход на другие каналы. Важно, что на стадии блокировки системный обмен может выполняться при снижении уровня фиктивной несущей до значения в  $-100$  дБм. Подобное недостижимо для обычного джаммера.

При попытке исходящего вызова АС будет получать от блокиратора запрограммированную реакцию (отказ в обслуживании, сигнал "занято", перегрузка сети). Входящий вызов невозможен, так как заблокированные АС не принимают сигналы на каналах сети GSM. Блокирование обеспечивается гарантированно, так как предотвращается сама возможность установления соединения.

Для эффективного использования блокиратора необходимо знать размеры формируемых зон блокировки и неопределенности в их зависимости от мощности блокиратора и мощности сигнала БС на территории разворачивания устройства.

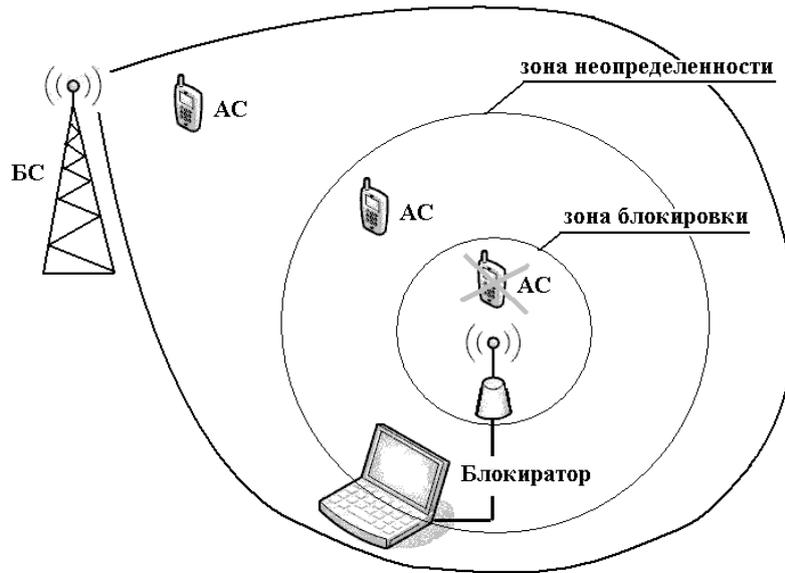


Рис. 1. Формирования зон при работе системного блокиратора

### Расчет размеров зон

Специфику и определенный элемент новизны в расчет размеров зон блокиратора вносят те ограничения, в рамках которых решается указанная задача. Большинство принятых в сотовой связи методик оценки характера распространения радиоволн между БС и АС [3–5] предусматривают высоту подъема антенны БС не менее 30 м и расстояние до АС не менее нескольких сотен метров. В данной задаче эти цифры равны, соответственно, 3–4 м и несколько десятков метров.

По этой причине представляет интерес модель Уолфиш–Икегами [4, 6], допускающая расчет для городских условий при высоте подъема антенны БС не менее 4 м и взаимном расстоянии от 20 м. В рамках этой модели возможно определение потерь при распространении для двух противоположных случаев: при наличии прямой видимости между антенной передатчика и антенной приемника (в частности, при распространении вдоль "уличного каньона"), и при отсутствии прямой видимости.

При наличии прямой видимости в модели Уолфиш–Икегами затухание  $L_{LOS}$  медианной мощности сигнала определяется выражением

$$L_{LOS} = 42,64 + 20 \lg(f) + 26 \lg(d), \quad (1)$$

где  $f$  — частота, МГц;  $d$  — расстояние от точки излучения до точки приема, км.

В этой модели полагается, что медианное значение мощности сигнала (в дБм), принимаемого АС, убывает по линейному закону от логарифма расстояния между АС и БС. В результате для рассматриваемого случая может быть справедлив вариант распределения мощностей БС и блокиратора, показанный на рис. 2.

Пусть блокиратор расположен в точке Хбл по оси логарифмического расстояния и мощность в точке излучения составляет  $P_i$ . В результате образуются следующие зоны с разным соотношением уровней мощности сигналов БС и блокиратора:

а) от точки Х2 до точки Х3 будет находиться зона гарантированного блокирования, где мощность принимаемого сигнала блокиратора превышает мощность сигнала БС на заданный порог  $\Pi$ ;

б) от точки Х1 до точки Х2 и от Х3 до Х4 будут находиться две зоны неопределенности, где ни один из сигналов не превышает другой более чем на значение порога  $\Pi$ ;

в) от точки 0 до X1 и от X4 до границы соты будет преобладать сигнал БС. В этих зонах обслуживание МС будет проходить в обычном режиме.

С точки зрения тактики применения блокиратора следует стремиться к минимальной протяженности (площади) зон неопределенности. Графики рис. 2 показывают, что этого можно добиться двумя способами.

Во-первых, зоны неопределенности уменьшаются при уменьшении порога П. В качестве значения порога П может быть принято значение, как минимум равное отношению сигнал/соканальная помеха, характерному данной системе связи (более точно — виду модуляции и способу обработки).

Во-вторых, на размеры зон влияет крутизна спада сигнала блокиратора. Ее можно искусственно повысить, применив антенну с подходящей сложной диаграммой направленности.

Для простоты анализа можно принять постоянным значение мощности сигнала БС в зонах работы блокиратора. Фактически, это соответствует ступенчатой аппроксимации прямой 1 на рис. 2. Подобное допущение справедливо при небольшом значении требуемого размера зоны блокирования (десятки метров) в соте с радиусом сотни — тысячи метров.

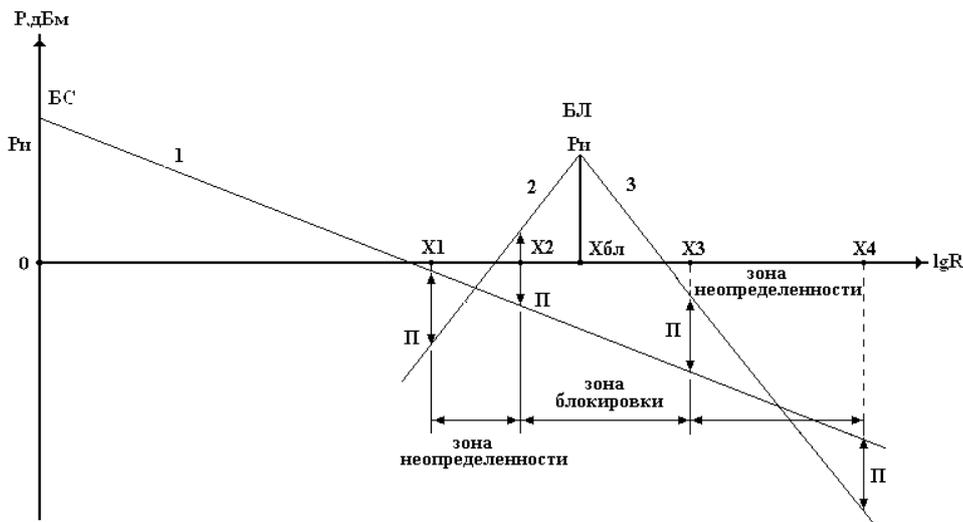


Рис. 2. Общий случай распределения мощности сигналов блокиратора и БС от расстояния (логарифмическая ось): 1 — функция изменения уровня сигнала БС от логарифма расстояния, в дБм; 2 и 3 — функции изменения уровня сигнала блокиратора от логарифма расстояния, в дБм

Ситуацию иллюстрирует рис. 3. При сделанном допущении зона блокирования будет иметь форму круга с радиусом  $r_{зб}$  (расстояние между точками Xбл и X2), а зона неопределенности — форму кольца с шириной  $w_{зн}$  (расстояние между X1 и X2).

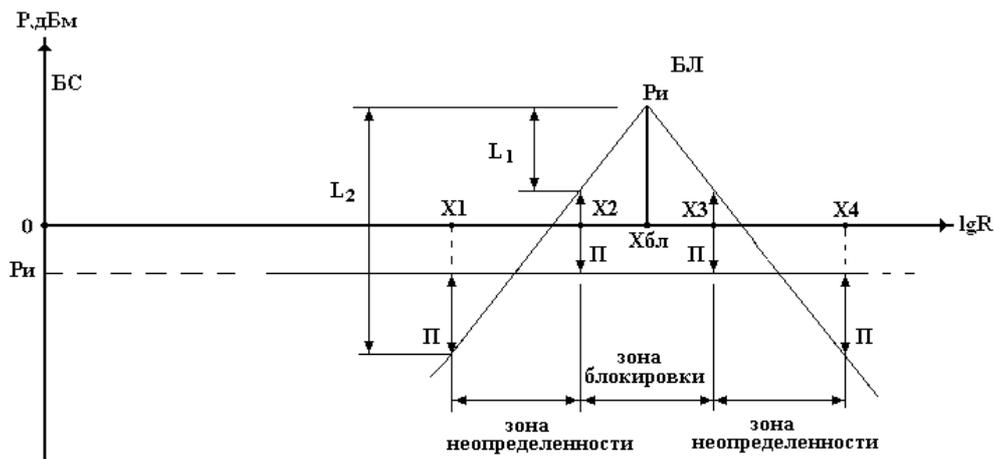


Рис. 3. Вариант формирования зон блокиратора при постоянном значении мощности БС в этих зонах

Тогда, на основе (1) и графика рис. 3, можно записать:

$$P_{\text{БЛ}}-(\Pi+P_{\text{БС}})=L_1=42,64+20 \lg(f)+26 \lg(r_{36}), \quad (2)$$

$$P_{\text{БЛ}}=10 \lg P'_{\text{БЛ}}+30 \text{ (дБ)}, \quad (3)$$

$$\Pi>0, P_{\text{БС}}<0,$$

где  $P'_{\text{БЛ}}$  — излучаемая мощность блокиратора в Вт;  $r_{36}$  — радиус зоны блокирования в км.

Для оценки размера зоны неопределенности следует вычислить радиус  $r_{\text{зн}}$  (расстояние между точками Xбл и X1), на котором сигнал блокиратора опустится ниже  $P_{\text{БС}}$  на значение  $\Pi$ , и затем вычесть из него значение  $r_{36}$  (рис. 3). Математические выражения будут иметь вид:

$$P_{\text{БЛ}}-(P_{\text{БС}}-\Pi)=L_2=42,64+20 \lg(f)+26 \lg(r_{\text{зн}}), \quad (4)$$

$$w_{\text{зн}}=r_{\text{зн}}-r_{36}, \quad (5)$$

где  $r_{\text{зн}}$  — внешний радиус зоны неопределенности, в км;  $w_{\text{зн}}$  — ширина зоны неопределенности, км.

При отсутствии прямой видимости в модели Уолфиша–Икегами используется следующее выражение [4, 6]:

$$L_{\text{NLOS}}=L_0+L_{\text{rts}}+L_{\text{msd}}, \quad (6)$$

где  $L_0$  — затухание сигнала при распространении в свободном пространстве;  $L_{\text{rts}}$  — затухание сигнала при дифракции над крышами зданий;  $L_{\text{msd}}$  — затухание сигнала при дифракции и множественном отражении от стен зданий.

Для расчетов зоны блокирования и неопределенности при отсутствии прямой видимости по (6) были использованы следующие параметры, входящие в модель: высота антенны блокиратора 4 м, высота антенны АС 1,5 м, высота зданий 20 м, ширина улиц 30 м, разнос зданий 50 м, угол визирования  $90^\circ$ , расстояние до 500 м. При указанных параметрах (6) может быть преобразовано, по аналогии с (1), к следующему виду:

$$L_{\text{NLOS}}=64,83+26 \lg(f)+25,6 \cdot R+50 \lg(R), \quad (7)$$

где  $f$  — частота, МГц;  $R$  — расстояние от точки излучения до точки анализа при отсутствии прямой видимости, км. Если рассчитывается зона блокирования, то  $R=r_{36}$ . Если зона неопределенности, то  $R=r_{\text{зн}}$ .

Соответственно, по аналогии с (5), ширина зоны неопределенности при отсутствии прямой видимости будет рассчитываться по формуле:

$$\Delta_{\text{зн}}=r_{\text{зн}}-r_{36}, \quad (8)$$

Как видно, в (7) уже нет линейной зависимости затухания от логарифма расстояния. Кроме того, большие значения коэффициентов при логарифмах частоты и расстояния указывают на быстрый рост значения  $L_{\text{NLOS}}$  по дистанции.

Расчеты по (2–8) для частот 900 МГц и 1800 МГц сведены в таблицу. В качестве  $P_{\text{БС}}$  выбраны значения  $-40$  дБм,  $-47$  дБм и  $-60$  дБм. Использовано значение порога  $\Pi$ , равное 9 дБ. Мощность блокиратора выбиралась не более 8 Вт (разрешенная мощность АС согласно [5]).

### Анализ результатов

Как следует из полученных данных, в условиях прямой видимости возможно образование достаточно широкой зоны неопределенности, в несколько раз превышающей зону блокирования. С ростом мощности блокиратора размер зоны неопределенности увеличивается заметно быстрее размера зоны блокирования. Это может создать помехи в установлении соединения для большого количества абонентов, задача по блокированию которых не ставится.

При отсутствии прямой видимости модель Уолфиш–Икегами дает небольшие значения размеров зон, пропорционально и слабо увеличивающиеся с ростом мощности блокиратора.

### Результаты расчетов параметров зон блокирования и неопределенности

P <sub>БЛ</sub> , Вт	P <sub>БЛ</sub> , дБм	P <sub>БС</sub> , дБм	900 МГц				1800 МГц			
			r <sub>зб</sub> , м	w <sub>зн</sub> , м	R <sub>зб</sub> , м	Δ <sub>зн</sub> <sup>*</sup> , м	r <sub>зб</sub> , м	w <sub>зн</sub> , м	R <sub>зб</sub> , м	Δ <sub>зн</sub> <sup>*</sup> , м
1	30	-40	27	108	24*	26	16	62	16*	21
		-47	51	200	32	39	29	116	23*	21
		-60	161	633	57	65	93	366	41	47
2	33	-40	36	140	27*	30	21	81	19*	21
		-47	67	261	37	44	38	151	26*	27
		-60	21	826	65	72	122	477	47	53
4	36	-40	47	183	31	37	27	106	22*	21
		-47	87	341	42	49	50	197	30	35
		-60	274	1077	74	80	158	622	53	60
5	37	-40	51	200	32	39	29	116	23*	21
		-47	95	372	44	51	55	215	31	37
		-60	300	1177	77	83	173	679	55	63
8	39	-40	61	239	35	42	35	138	25*	25
		-47	113	444	48	55	65	257	34	40
		-60	358	1405	74	99	207	811	60	67

\* согласно принятой ширине улиц (30 м), при радиусе блокирования менее 30 м для расчета Δ<sub>зн</sub> вместо значения r<sub>зн</sub> используется значение r<sub>зб</sub>. При превышении r<sub>зб</sub> значения 30 м (значении r<sub>зн</sub> менее 30 м), для расчета Δ<sub>зн</sub> значение r<sub>зн</sub> приравнивается к 30 м.

Можно утверждать, что при мощности блокиратора до 8 Вт, с учетом распространения сигналов в условиях городской застройки, возможно создание зоны гарантированного обеспечения блокирования АС с радиусом от нескольких десятков до нескольких сотен метров. При этом зона блокирования будет охватывать главным образом участки прямой видимости вдоль улиц и площадей.

## THE ANALYSIS OF ZONES WHICH FORMS THE SYSTEM BLOCK DEVICE IN NETWORKS GSM

V.A. AKSYONOV, A.G. GALKIN

### Abstract

The review of general principles of work of the system block device of mobile stations in networks GSM is given. The qualitative analysis of zones of blocking and zones of uncertainty is executed. On the basis of Walfisch-Ikegami model the account of the probable sizes of these zones is made.

### Литература

1. Хореев А.А. // Специальная техника. 2006. № 5. С. 23–25.
2. Галкин А.Г. // Изв. Белорусской инж. акад. 2005. № 2. С. 34–36
3. Веселовский К. Системы подвижной радиосвязи / Пер. с польск. И.Д. Рудинского; под ред. А.И. Ледовского. М., 2006. 536 с.
4. Walfisch-Ikegami loss model for Cellular System Planning. Источник: aa.1asphost.com/tonyart/tonyt/Applets/Walfisch/SmallCell.html
5. GSM 05.05 (ETS 300 910): Digital cellular telecommunications system (Phase 2+); Radio transmission and reception.
6. MN 1790: GSM radio network planning and optimization. TECHCOM Consulting GmbH.