

## РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R ВТ.1832\*

**Сценарии развертывания и соображения относительно планирования наземной системы обратного канала, организованного на основе стандарта цифрового телевизионного радиовещания (DVB-RCT)**

(Вопрос МСЭ-R 16/6)

(2007)

**Сфера применения**

В настоящей Рекомендации описываются некоторые сценарии развертывания и приводятся соображения в помощь регуляторным органам, которые должны будут выполнять распределение спектра для интерактивных обратных трактов с использованием наземной системы обратного канала, организованного на основе стандарта цифрового телевизионного радиовещания (DVB-RCT).

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

*учитывая,*

- a) что DVB-RCT является системой электросвязи, предназначенной для работы совместно с цифровой наземной телевизионной системой радиовещания, DVB-T, с целью обеспечить для нее обратный тракт и возможности интерактивного применения;
- b) что в Рекомендациях МСЭ-R ВТ.1306-1 и МСЭ-R ВТ.1667, наряду с перекрестной ссылкой на Документ ЕТСИ EN 301 958 V.1.1.1 (2002/03), уже определены потенциальные системные характеристики для обратного тракта;
- c) что обратный тракт может быть факультативно развернут так, как описано в Приложении 1, для обеспечения высокой эффективности спектра и повторного использования спектра;
- d) что технология множественного доступа с ортогональным частотным разделением (OFDMA) для обратного тракта системы DVB-RCT обладает внутренней гибкостью и масштабируемостью, поскольку она обеспечивает компромисс между пропускной способностью (в расчете на пользователя), емкостью (числом поддерживаемых пользователей), доступными каналами и размером ячейки. Эти свойства достигаются при помощи адаптивной модуляции и кодирования, наряду с концентрацией мощности в присвоениях субтрактов, обуславливающих усиление системы за счет станций пользователей;
- e) что качество системы DVB-RCT успешно протестировано в условиях эксплуатации на нескольких экспериментальных системах в ряде стран. Эти системы включали различные интерактивные применения, развернутые с целью проверки совместного использования обратного тракта большим числом пользователей;
- f) что система DVB-RCT способна обеспечить высокую эффективность и большую емкость системы. Она может стать оптимальным решением для развертывания в крупных ячейках в обслуживаемых в недостаточной степени и сельских районах, способствующим таким образом преодолению цифрового разрыва<sup>1</sup>,

*рекомендует,*

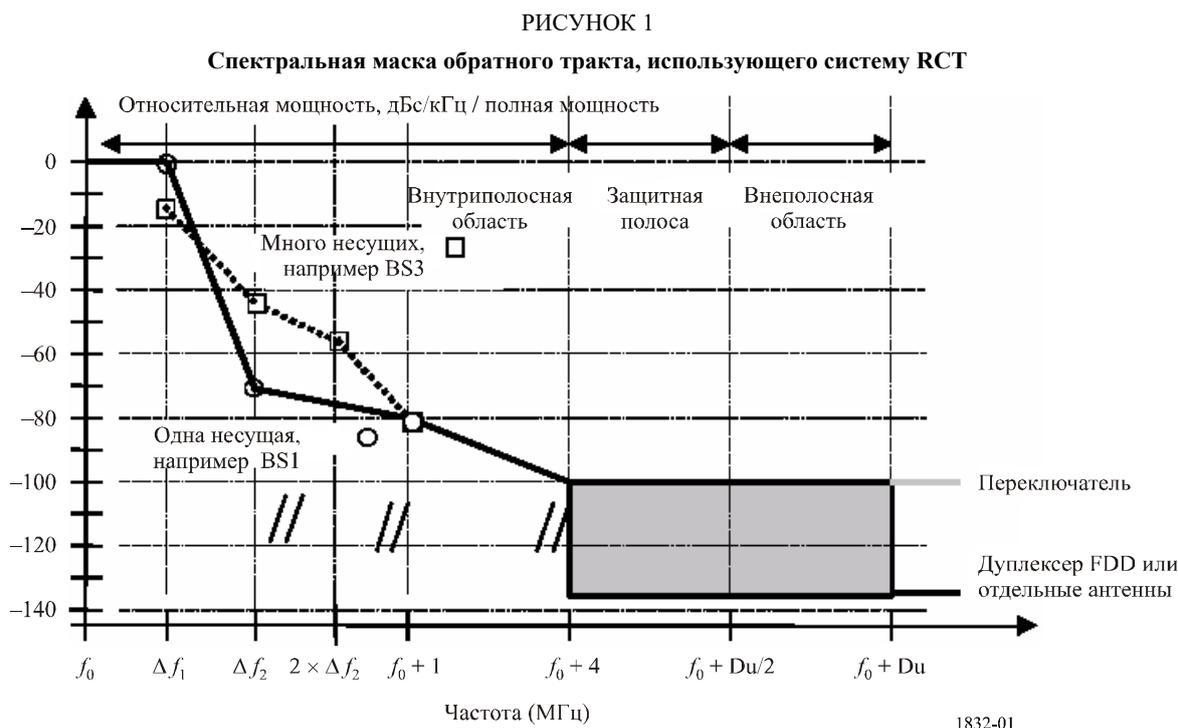
**1** чтобы при планировании развертывания системы DVB-RCT учитывались соображения относительно планирования, описанные в Приложении 1;

---

\* В марте 2017 года 6-я Исследовательская комиссия по радиосвязи внесла поправки редакционного характера в настоящую Рекомендацию в соответствии с Резолюцией МСЭ-R 1.

<sup>1</sup> Термин "цифровой разрыв" определяется как "неравенство условий для групп населения, имеющих повсеместный, беспрепятственный и приемлемый в ценовом отношении доступ к услугам цифрового радиовещания, и групп населения, имеющих затрудненный доступ или не имеющих доступа".





На рисунке 1  $f_0$  обозначает центральную частоту,  $\Delta f_1 = 0,375/T_s$  и  $\Delta f_2 = 1,2515/T_s$ , где  $\Delta f = f - f_0$ , а  $Du$  — дуплексное разнесение, зависящее от выбранного критерия отсутствия помехи и способа фильтрации.

В дальнейшем анализе предполагается, что при более широком частотном дуплексном разнесении мощность может быть уменьшена согласно таблице 1 (исходя из данных измерений, выполненных на блоке коммерческого пользователя):

ТАБЛИЦА 1

Уменьшение спектральной плотности мощности в зависимости от частотного разнесения

$\Delta f$	16 МГц	24 МГц	32 МГц	40 МГц	48 МГц	56 МГц
Ослабление	17 дБ	27 дБ	37 дБ	47 дБ	57 дБ	62 дБ

Таким образом, в таблице 2 приводится зависимость общей относительной спектральной плотности помехи, создаваемой системой RCT, от частотного разнесения.

ТАБЛИЦА 2

Спектральная плотность помехи, создаваемой системой RCT,  $A_f$  (дБс/кГц)

$\Delta f$	< 4 МГц	8 МГц	16 МГц	24 МГц	32 МГц	40 МГц	48 МГц	56 МГц
Переключатель	0	-100	-117	-127	-137	-147	-157	-167
Дуплексер FDD	0	-137	-154	-164	-174	-184	-194	-204

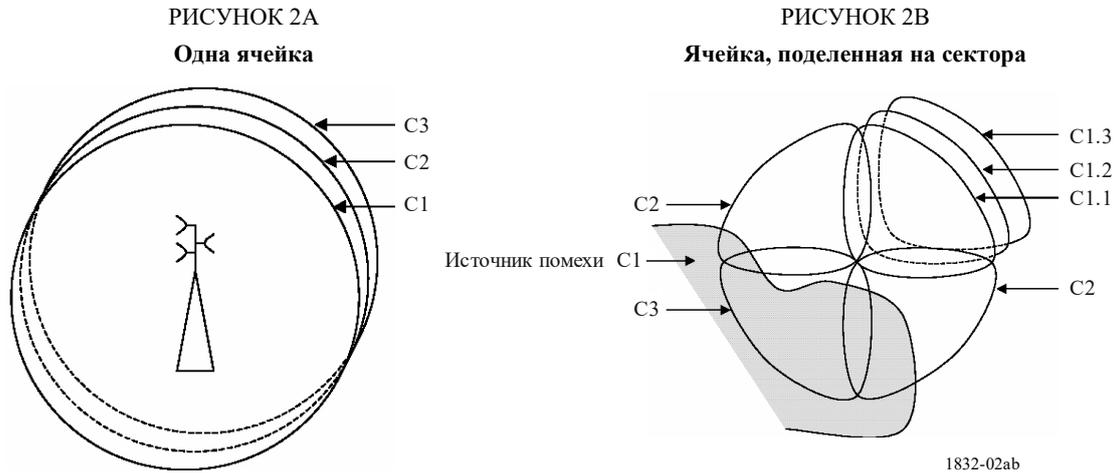
Следует отметить, что спектральная маска тракта RCT была разработана с целью не допустить помех со стороны передачи системы RCT приему системы DVB-T или приему аналогового телевидения (которые могут осуществляться в соседних трактах, не создавая никаких помех в тракте). Имеющиеся серийные дуплексеры обеспечивают развязку порядка 25–30 дБ, таким образом дуплексное разнесение в 24 МГц является приемлемой величиной для телеприставки DVB-T/RCT. В случае если присвоение осуществлено в соседнем тракте, требуется обеспечить дополнительную развязку, которая в основном достигается за счет использования отдельных антенн или путем внешней установки, как описано в п. 2.2.

## 2 Сценарии развертывания

### 2.1 Конфигурация ячейки

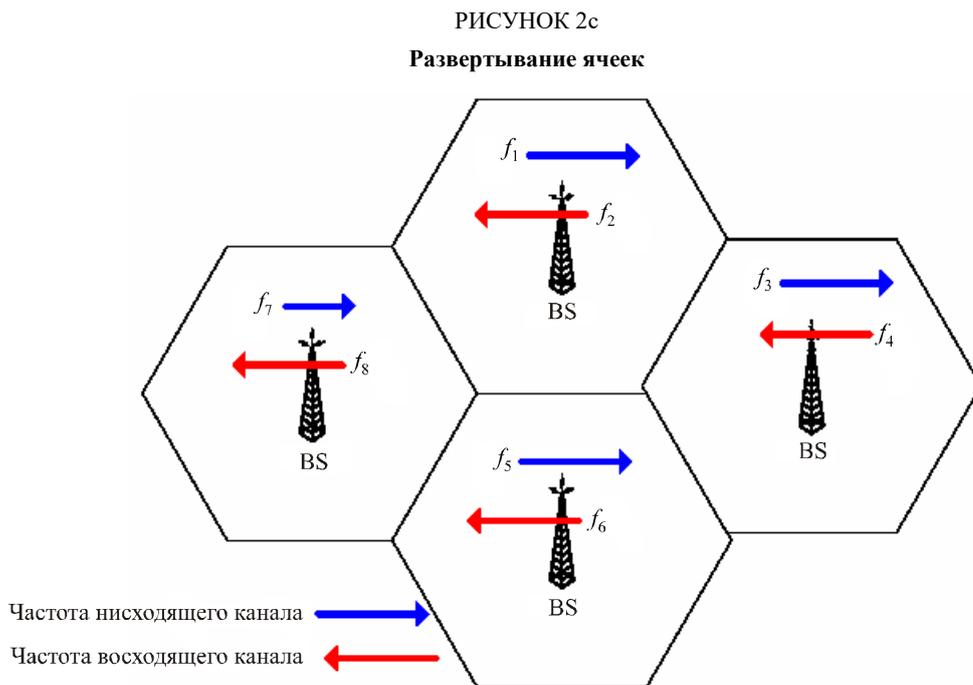
В стандарте DVB-RCT описываются две конфигурации ячеек, которые изображены на рисунке 2, ниже:

- один или более восходящих каналов в одной ячейке (рисунок 2a);
- ячейка, поделенная на сектора (рисунок 2b).



### 2.2 Развертывание ячеек

Помимо вышеуказанных сценариев в районах с интенсивным трафиком может быть обеспечено покрытие за счет развертывания ячеек, как показано на рисунке 2с, на котором изображена сходная архитектура с развертыванием ячеек многочастотной сети (МЧС) DVB-T с восходящими каналами RCT и нисходящими каналами. В данном случае передатчики DVB-T не являются мощными передатчиками, которые обычно используются для радиовещания в стандарте DVB-T.



Система RCT на основе физического уровня технологии OFDMA обладает внутренней гибкостью и масштабируемостью, поскольку в ней достигается компромисс между пропускной способностью (в расчете на пользователя), емкостью (числом поддерживаемых пользователей), доступными трактами и размером ячейки. Эти свойства достигаются при помощи адаптивной модуляции и кодирования, присвоения субтрактов и концентрации мощности на стороне пользователя.

В таблице 3 изображен компромисс между присвоением РЧ тракта и отношением сигнала несущей к помехе ( $C/I$ ) в ячейках системы RCT. В таблице показана зависимость распределения величины  $C/I$  от числа частотных трактов, присвоенных системе. Эта зависимость представляет собой результат моделирования с использованием восьми шестиугольных ячеек с типовыми антеннами, размещенными в шести секторах на ячейку. В первом столбце указано число трактов, присвоенных системе; во втором столбце приведены различные диапазоны ожидаемых значений  $C/I$ , а в третьем показана процентная доля площади ячейки с данным значением  $C/I$  для ячеек радиусом 2 км и 6 км. На схемах в крайнем столбце изображены типовые распределения  $C/I$  в данном районе. Различные уровни  $C/I$  по площади ячейки показаны цветом (красным – для низких уровней, лиловым – для высоких уровней). В центре каждой ячейки можно увидеть цветную секторную диаграмму, которая представляет сектора и обозначена цветом в зависимости от частоты, присвоенной каждой антенне в секторе.

Мин.	–	–2 дБ	
–2 дБ	–	2 дБ	
2 дБ	–	6 дБ	
6 дБ	–	10 дБ	
10 дБ	–	13 дБ	
13 дБ	–	18 дБ	
18 дБ	–	22 дБ	
22 дБ	–	24 дБ	
24 дБ	–	29 дБ	
29 дБ	–	Макс.	

Путем присвоения достаточного числа субтрактов и с помощью выбора модуляции и уровня кодирования обеспечивается возможность работы системы RCT в широком диапазоне значений  $C/I$ . Высокий уровень  $C/I$  позволяет работать с большой пропускной способностью (при использовании модуляции 64-QAM). При низком уровне  $C/I$  за счет выбора низкоскоростной модуляции (QPSK) и соответствующего кодирования, а также сокращения числа субтрактов, присвоенных каждому пользователю, система RCT может работать с пониженной скоростью передачи данных.

ТАБЛИЦА 3

**Зависимость распределения  $C/I$  от числа прямых частотных трактов и способности подавления помех от соседних трактов**

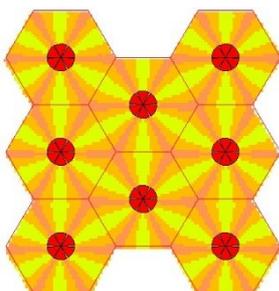
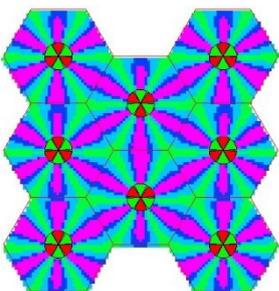
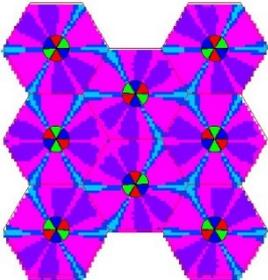
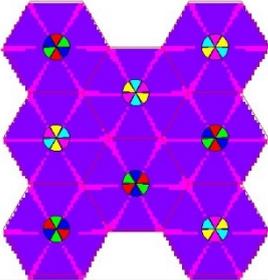
Число частотных трактов	$C/I$ (дБ)	Распределение $C/I$		Типовая схема
		2 км	6 км	
1	–2 – 2 2 – 6 6 – 10	–	–	
2	24 – 29 22 – 24 18 – 22 13 – 18	29% 18% 30% 24%	27% 19% 30% 24,5%	

ТАБЛИЦА 3 (окончание)

Число частотных трактов	C/I (дБ)	Распределение C/I		Типовая схема
		2 км	6 км	
3	>29 дБ	30,7%	37,7%	
	24–29	51%	46,6%	
	22–24	12%	13,6%	
	18–22	6%	2%	
6	>29 дБ	72,3%	48,53%	
	24–29	26,3%	43,9%	
	22–24	1,3%	6,8%	
	18–22	0%	0,68%	

### 2.2.1 Расчет емкости

Среднюю емкость, обеспечиваемую системой с одной несущей частотой (SC), использующей адаптивную модуляцию, можно рассчитать в зависимости от долей площади, указанных в таблице 3, исходя из предположения о равномерном распределении пользователей в пределах этой площади.

Благодаря разделению тракта и возможности концентрации мощности расчет для технологии OFDMA более детальный. Технология OFDMA может использоваться даже в присутствии большой помехи или низкой напряженности поля принимаемого сигнала.

В таблице 4 приводятся краткие данные о средней емкости и эффективности РЧ спектра, выраженные в суммарной емкости в расчете на сектор ячейки, об эффективности спектра в бит/с/Гц и об эффективности системы, выраженные в бит/с/Гц/ячейку.

В качестве образца использована типовая/теоретическая система SC. Для случая с одним частотным трактом эта система не может использоваться, поскольку для нее требуется минимальный уровень C/I, не доступный для данного сценария.

И наоборот, в системе OFDMA происходит разделение ширины полосы, и, таким образом, помеха не допускается. В данном случае, несмотря на то что не может быть обеспечена полная пропускная способность, часть трафика все равно будет передаваться.

ТАБЛИЦА 4

## Емкость в расчете на сектор и эффективность систем SC и OFDMA

Число прямых частотных трактов			Размер ячейки	
			2 км	6 км
1	Мбит/с/сектор	SC	0	0
		<b>OFDMA</b>	<b>2,35</b>	<b>2,35</b>
	Бит/с/Гц	SC	0	0
		<b>OFDMA</b>	<b>0,39</b>	<b>0,39</b>
	Бит/с/Гц/ячейка	SC	0	0
		<b>OFDMA</b>	<b>2,35</b>	<b>2,35</b>
2	Мбит/с/сектор	SC	7,4	7,3
		<b>OFDMA</b>	<b>8,96</b>	<b>8,92</b>
	Бит/с/Гц	SC	0,62	0,61
		<b>OFDMA</b>	<b>0,75</b>	<b>0,74</b>
	Бит/с/Гц/ячейка	SC	3,70	3,65
		<b>OFDMA</b>	<b>4,48</b>	<b>4,46</b>
3	Мбит/с/сектор	SC	11,2	11,8
		<b>OFDMA</b>	<b>13,3</b>	<b>13,44</b>
	Бит/с/Гц	SC	0,62	0,66
		<b>OFDMA</b>	<b>0,74</b>	<b>0,75</b>
	Бит/с/Гц/ячейка	SC	3,73	3,93
		<b>OFDMA</b>	<b>4,43</b>	<b>4,48</b>
6	Мбит/с/сектор	SC	13,6	12,4
		<b>OFDMA</b>	<b>15</b>	<b>15</b>
	Бит/с/Гц	SC	0,38	0,34
		<b>OFDMA</b>	<b>0,42</b>	<b>0,42</b>
	Бит/с/Гц/ячейка	SC	2,27	2,07
		<b>OFDMA</b>	<b>2,50</b>	<b>2,50</b>

Из таблицы 4 видно явное преимущество системы OFDMA, эффективность которой выше от 5 до 25%.

### 2.3 Развертывание антенны

В стандарте RCT предусматривается два сценария развертывания антенны: внутреннее и внешнее. Антенна RCT может совместно использовать нисходящий канал антенны DVB-T (которая также может быть внешней или внутренней антенной), используя либо переключатель, либо дуплексер. И наоборот, обе эти антенны могут быть отдельными. Такие возможности предусматриваются в стандарте, и они показаны на рисунке 3, ниже. Отметим, что ВІМ – это сокращение для радиовещательного интерфейсного модуля (системы DVB-T), а ПІМ означает интерактивный интерфейсный модуль (системы RCT). Дх означает дуплексер. Следует отметить, что варианты с переключением не позволяют одновременно осуществлять телевизионный прием и вести передачи DVB-RCT. В связи с этим ожидается, что в большинстве развертываний они не будут использоваться.

РИСУНОК 3

## Развертывание антенны

