

ON THE FEASIBILITY OF A ONE-ANTENNA REPEATER DESIGN WITH GAIN FACTOR MORE ONE

Khuako R.A.

A feasibility of one-antenna repeater design with gain factor more than one is considered. The repeater operates without frequency conversion and time division between reception and transmission. Received and transmitted signals are selected depending on the direction of their propagation in a common antenna-feeding path.

Keywords: antenna, deception repeater, circulator, directional coupler, isolation, gain.

Хуако Руслан Асланович, инженер Калужского научно-исследовательского радиотехнического института. Тел. 8-903-636-1051. E-mail: bjd49@mail.ru

УДК 621.391.15

ТРЕБОВАНИЯ К СИСТЕМЕ ЦИКЛОВОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ ЦИФРОВЫХ РАДИОВЕЩАТЕЛЬНЫХ СИГНАЛОВ

Стефанов А.М., Стефанова И.А.

Формулируются требования, которым должна удовлетворять система цикловой синхронизации в системе цифрового радиовещания (ЦРВ).

Ключевые слова: цифровое радиовещание, цикловая синхронизация, групповая синхронизация.

Постановка задачи

Любая система синхронизации должна быть достаточно надежной, то есть удовлетворять определенным требованиям. Относительно систем цикловой синхронизации в цифровых системах связи такие требования сформулированы в общем виде [1-2]. Таким образом, в каждом отдельном случае их необходимо конкретизировать, исходя при этом из специфики данной системы. В настоящее время эта задача актуальна и применительно к системе ЦРВ.

Решение поставленной задачи

Необходимые ограничения сформулируем на основе обсуждения общих требований к цифровым системам цикловой синхронизации при учете специфики системы ЦРВ.

1. Простота технической реализации. Любая бытовая радиоаппаратура должна быть как можно более дешевой, простой в настройке и надежной. Следовательно, устройство цикловой синхронизации цифрового радиоприемника также должно быть надежным и не требующим наладки при производстве.

2. Время установления синхронизма как при первоначальном включении аппаратуры, так и после нарушения синхронизма должно быть достаточно малым.

При проектировании систем передачи данных обычно стремятся минимизировать время уста-

новления синхронизма, не считаясь с затратами. В системе ЦРВ, учитывая ее бытовую направленность, затраты для достижения этой цели должны быть минимальны. Это условие будет выполнено, если стремиться не к строгой минимизации времени установления синхронизма, а к тому, чтобы оно не превышало некоторого допустимого значения T_y .

При первоначальном включении аппаратуры максимальное время поиска синхронизма в системе ЦРВ должно быть таким, чтобы слушатель не смог заметить задержки включения. Этому условию вполне удовлетворяет нижняя граница интервала инерционности слуха равная 100 мс [3]. Однако если система находится в режиме поддержания синхронизма, требование к значению T_y должно быть более жестким.

Пусть в результате действия помех система цикловой синхронизации перешла из состояния синхронизма в режим его поиска. Находясь в этом режиме, система может войти в состояние ложного синхронизма, что всегда сопровождается щелчком. После обнаружения этого факта система снова перейдет в режим поиска, вновь может установиться ложный синхронизм, и так далее вплоть до установления правильного синхронизма. Таким образом, вполне может возникнуть серия щелчков, хотя при определенном условии она будет восприниматься на слух как один щелчок.

Известно [4], что из двух равногромких пространственно-разнесенных источников одинаковых звуков, включаемых со сдвигом во времени на несколько секунд, локализуется источник, включаемый первым. При этом оба сигнала воспринимаются слитно, если промежуток между их включением не превышает 20 ... 50 мс,

а разность уровней – 10 дБ. Поскольку 50 мС меньше интервала инерционности слуха, условие незаметности поиска синхронизма при первоначальном включении аппаратуры явно будет выполняться. На этом основании можно принять $T_y = 50$ мС.

3. Система синхронизации должна с большой вероятностью и при малой затрате времени отличать нарушение синхронизма от потоков ошибок, возникающих вследствие воздействия помех.

Как известно [5], за счет достаточно глубокого перемежения символов цифрового потока, входящих в одно кодовое слово, группирование ошибок в системе ЦРВ отсутствует. Исключение составляет сдвигивание ошибок, характерное для фазоразностной модуляции. Кроме того, помехоустойчивое кодирование снижает до допустимых пределов и влияние промышленных помех: средний интервал времени между щелчками, вызванными ошибочным декодированием $\bar{T}_{щд}$, составляет не менее 0,9 часа [6]. Следовательно, основной причиной появления потока ошибок в этой системе могут быть любые кратковременные ухудшения помеховой обстановки, например кратковременные замирания.

Очевидно, что если кратковременный (в дальнейшем для краткости опускается) поток ошибок не идентифицирован, то возникает щелчок. В связи с этим интерес представляет допустимая средняя частота пропуска потока ошибок.

Рассмотрим интервал времени $\bar{T}_{щд}$. За это время будет передано $\bar{T}_{щд} / T_{ц}$ циклов длительностью $T_{ц}$ и в среднем, с вероятностью $P_{пп}$ пропуска потока ошибок, произойдет $P_{пп} \cdot \bar{T}_{щд} / T_{ц}$ щелчков. Потребуем, чтобы в течение $\bar{T}_{щд}$ не было ни одного пропуска потока ошибок, иначе результирующее значение среднего интервала времени между щелчками $\bar{T}_{щ}$ будет недопустимо мало. Поскольку события появления потока ошибок независимы [7], распределение их вероятностей хорошо аппроксимируется распределением Пуассона. Тогда вероятность того, что за время $\bar{T}_{щд}$ не произойдет ни одного пропуска потока ошибок, равна $e^{-\lambda}$, где $\lambda = P_{пп} \cdot \bar{T}_{щд} / T_{ц}$. Вероятность того, что за время $\bar{T}_{щд}$ произошел хотя бы один пропуск потока ошибок, равная $(1 - e^{-\lambda})$, не должна превышать допустимую величину $\bar{T}_{щд} / \bar{T}_{пп}$, где $\bar{T}_{пп}$ – допустимый средний интервал времени между событиями пропуска потока ошибок. Отсюда

$$P_{пп} \leq \frac{T_{ц}}{\bar{T}_{щд}} \cdot \ln \frac{\bar{T}_{пп}}{\bar{T}_{пп} - \bar{T}_{щд}} .$$

Значение $\bar{T}_{пп}$ установим исходя из следующих соображений. Средняя частота щелчков $\bar{f}_{щ}$ определяется двумя факторами: частотой ошибочного декодирования $\bar{f}_{щд}$ и частотой пропусков потока ошибок $\bar{f}_{пп}$. То есть $\bar{f}_{щ} = \bar{f}_{щд} + \bar{f}_{пп}$ или, переходя к соответствующим временным интервалам,

$$\bar{T}_{щ} = \frac{\bar{T}_{щд} \cdot \bar{T}_{пп}}{\bar{T}_{щд} + \bar{T}_{пп}} .$$

Пусть $\bar{T}_{пп} = 24$ часа. При этом $\bar{T}_{щ}$ составит 0,87 часа, или 52 мин. Такое отклонение от нормированного значения (1 час [8]) можно считать несущественным. Таким образом, при $\bar{T}_{пп} = 24$ часа и $T_{ц} = 8$ мС [9] значение $P_{пп}$ не должно превышать $9,4 \cdot 10^{-8}$. Однако вследствие воздействия помех будут возникать и ложные (ошибочные) стереопаузы (замена искаженной информации одного из моноканалов стереопары неискаженной информацией другого). Оценим допустимую вероятность ложной маскировки стереоэффекта.

Классическое музыкальное произведение может звучать непрерывно до 45 мин., а эстрадное – не более 5 мин. На этом основании потребуем, чтобы средний интервал между ложными стереопаузами был не меньше 5 мин. Тогда вероятность ложной маскировки $P_{лм}$ должна удовлетворять неравенству:

$$P_{лм} \leq T_{ц} / 300 = 2,6 \cdot 10^{-5} .$$

4. Система синхронизации должна иметь высокую помехоустойчивость, практически исключающую возможность установления ложной синхронизации. Если вероятность установления ложной синхронизации $P_{лс}$ положить равной нулю, то ошибочное решение никогда не будет принято. Однако при этом существенно увеличится время установления синхронизма после его нарушения и в итоге может превзойти значение T_y . Поэтому целесообразно допустить возможность ложной синхронизации, но при условии, что средняя частота этого события не превышает некоторого допустимого значения.

В течение $T_y = 50$ мС, отводимого на поиск синхронизма, при $T_{ц} = 8$ мС будет передано всего лишь 6 циклов. Поэтому потребуем, чтобы за T_y не произошло ни одного события ошибочного синхронизма.

Заметим, что режим восстановления синхронизма невозможен без его нарушения. Основной причиной перехода системы в режим поиска синхронизма является пропуск потока ошибок.

Следовательно, система перейдет в этот режим в течение одного из интервалов времени длительностью $\bar{T}_{\text{шд}}$, составляющих $\bar{T}_{\text{пп}}$. Тогда, повторяя рассуждения предыдущего пункта требований, но относительно интервалов времени T_y и $\bar{T}_{\text{шд}}$, получаем

$$P_{\text{лс}} \leq \frac{T_{\text{ц}}}{T_y} \cdot \ln \frac{\bar{T}_{\text{шд}}}{\bar{T}_{\text{шд}} - T_y},$$

откуда после подстановки соответствующих значений получим $P_{\text{лс}} \leq 2,5 \cdot 10^{-6}$.

5. Точность синхронизации не должна зависеть от характера передаваемой информации. Другими словами, синхронизация должна сохраняться при передаче любой кодовой комбинации, в том числе и комбинации паузы 00...0.

Выводы

Система цикловой синхронизации в ЦРВ должна удовлетворять следующим основным требованиям:

- время установления синхронизма не должно превышать 50 мс;
- вероятность пропуска кратковременного потока ошибок не должна превышать $9,4 \cdot 10^{-8}$, а вероятность ложной маскировки стереоэффекта – $2,6 \cdot 10^{-5}$;
- вероятность установления ложной синхронизации не должна превышать $2,5 \cdot 10^{-6}$;
- синхронизация должна сохраняться при передаче любой кодовой комбинации, в том числе и комбинации паузы 00...0;

- устройство цикловой синхронизации цифрового радиоприемника должно быть надежным и не требующим наладки при производстве.

Литература

1. Хомич И.Ф. Синхронизация по циклам бинарных сообщений // Вопросы радиоэлектроники: Сер. ТПС. Вып.7, 1965. – С. 23-27.
2. Мартынов Е.М. Синхронизация в системах передачи дискретных сообщений. М.: Связь, 1972. – 216 с.
3. Цвикер Э., Фельдкеллер Р. Ухо как приемник информации. Пер. с нем. М.: Связь, 1971. – 255 с.
4. Горон И. Е. Радиовещание. М.: Связь, 1979. – 368 с.
5. Ковалгин Ю.А., Вологдин Э.И. Цифровое кодирование звуковых сигналов. СПб.: КОРОНА-Принт, 2004. – 240 с.
6. Стефанов А.М, Кадаков Д.А.. О возможности построения многомерных помехоустойчивых кодов // Материалы VIII РНТК ПГАТИ. Ч.1. Самара, 2001. – С. 177-178.
7. Стефанов А.М, Стефанова И.А. Разделение программ цифрового радиовещания в условиях мобильного приема // ИКТ. Т.9, №1, 2011. – С. 90-93.
8. МККР. Отчет 647-2, 1982.
9. Стефанова И.А., Стефанов М.А. Оптимизация временного параметра эффективности сжатия звуковых сигналов // Материалы VI МНТК «Проблемы техники и технологий телекоммуникаций». Изд. УГАТУ, Уфа, 2005. – С. 38-40.

REQUIREMENTS FOR FRAME SYNCHRONIZATION OF DIGITAL SIGNALS IN AUDIO BROADCASTING

Stefanov A.M., Stefanova I. A.

In the article the authors formulate a number of requirements for frame synchronization and specify them for a system of group synchronization in digital audio broadcasting.

Keywords: digital audio broadcasting, frame synchronization, group synchronization.

Стефанов Александр Михайлович, к.т.н., доцент кафедры «Информатика и вычислительная техника» (ИВТ) Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики (ПГУТИ). Тел. (8-846) 228-00-57. E-mail: aistvt@mail.ru

Стефанова Ирина Алексеевна, к.т.н., доцент кафедры ИВТ ПГУТИ. Тел. (8-846) 228-00-57. E-mail: aistvt@mail.ru