

МЕТОД ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИСКАЖЕННЫХ СООБЩЕНИЙ ПРИ ПРИЕМЕ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ В УСЛОВИЯХ НИЗКОГО ОТНОШЕНИЯ СИГНАЛ/ШУМ

Амирьян М.С. (ВКА), Мукаев И.Р. (ВКА).

Научный руководитель – доктор технических наук, доцент Семенов К.В.
ВКА)

Введение. Спутниковая связь играет ключевую роль в современной инфраструктуре связи, обеспечивая глобальное покрытие, особенно в труднодоступных регионах, где наземные сети связи либо отсутствуют, либо недостаточно развиты. Она используется для передачи данных, телефонных звонков, телевидения и интернета, помогая соединить удалённые районы с остальным миром. Спутниковые системы также важны для авиации и морского транспорта, обеспечивая навигацию и связь на больших расстояниях. В условиях стихийных бедствий или чрезвычайных ситуаций спутниковая связь часто становится единственным способом координации спасательных операций, позволяя правительствам и гуманитарным организациям эффективно реагировать на кризисы [1].

При приёме сигналов в системах связи часто снижается отношение сигнал/шум (SNR), что приводит к значительному ухудшению качества приема. Это может быть вызвано различными факторами, такими как большие расстояния, атмосферные помехи, многолучевое распространение сигнала или интерференция от других источников. В таких условиях сигнал становится слабым или искажённым, что увеличивает вероятность возникновения ошибок при декодировании. В результате принимаемая информация может быть частично искажена или даже полностью потеряна, что особенно критично для систем, требующих высокой надёжности, таких как спутниковая и наземная радиосвязь. Для минимизации влияния ошибок широко применяются помехоустойчивые коды (ПУК) которые позволяют исправлять искажения в данных на уровне канала [2].

Таким образом, надёжность передачи данных в условиях каналов связи с большими энергетическими потерями остается сложной технической задачей. Разработка и применение новых методов повышения устойчивости к ошибкам становятся актуальными для предотвращения потерь информации и обеспечения стабильной работы систем связи.

Основная часть. При приеме сигналов в условиях низкого отношения сигнал/шум возникает ситуация, когда количество ошибок превышает корректирующие возможности ПУК. В таком случае остаточные ошибки сохраняются и передаются на уровень представления данных, что приводит к частичной или полной потере принимаемой информации.

В разработанном методе предлагается восстанавливать искаженные сообщения с помощью избыточности, привнесенной системой контроля целостности информации (СКЦИ) и алгебраической избыточностью ПУК. СКЦИ проявляется в наличии контрольной суммы кадра на канальном уровне, так как одной из задач выполняемых данным уровнем является контроль целостности принятого кадра [3]. Производится расчет контрольной суммы по принятым данным, после чего рассчитанная контрольная сумма сравнивается с принятой контрольной суммой, если они совпадают, делается вывод о том, что в данном кадре ошибок нет, если не совпадают – в принятом кадре есть ошибки. Одним из способов исправления ошибок в такой ситуации является метод полного перебора, который заключается в инвертировании поочередно бит в кадре, при этом на каждой итерации производится расчет контрольной суммы и ее сравнение с принятой контрольной суммой, до тех пор, пока принятая и рассчитанная контрольные суммы не совпадут. Однако данный метод очень ресурсоемок и долот, так как максимальная длина кадра для современных систем передачи данных с коммутацией пакетов может достигать 65536 байт. Поэтому предлагается осуществлять целенаправленный перебор тех бит в кадре, вероятность искажения которых максимальна.

Современные методы декодирования ПУК могут указать значение вероятности искажения всех принимаемых бит.

Краткое описание метода состоит в следующем:

- 1) После процедуры декодирования ПУК (для декодирования ПУК в режиме реального времени производится не более 15-20 итераций декодирования) определяем биты, вероятность искажения которых максимальна;
- 2) Осуществляется обнаружение кадра с ошибками, путем сравнения рассчитанной контрольной суммы кадра с принятой;
- 3) Производится целенаправленный перебор потенциально ошибочных бит в данном кадре, на основе вероятностей, полученных с выхода кодера канала;
- 4) Осуществляется перебор до тех пор, пока принятая и рассчитанная контрольные суммы не совпадут;
- 5) В случае, если путем метода целенаправленного перебора не удалось восстановить искаженные биты в принятом кадре, передать информацию вышележащем уровням (вплоть до уровня представления данных) о битах, вероятность искажения которых максимальна;
- 6) С целью восстановления искаженных бит на уровне представления данных, при наличии в принимаемом файле СКЦИ, выполнить пункты 3,4.

Выводы. Проведен анализ формирования структур представления информации в спутниковых линиях связи с учетом избыточностей, привнесенных кодером источника, кодером канала и модулятором. Разработан метод, позволяющий восстанавливать искаженные сообщения при приеме сигналов в условиях низкого отношения сигнал/шум.

Список использованных источников:

1. Михайлов Р.Л. Описательные модели систем спутниковой связи как космического эшелона телекоммуникационных систем специального назначения. Монография. – СПб.: Научные технологии, 2019. – 150 с.
2. Золотарев В.В., Овечкин Г.В. Помехоустойчивое кодирование/ Методы и алгоритмы. Справочник. – М.: Горячая линия Телеком, 2004. – 126 с.
3. Олифер В., Олифер Н. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Учебник для вузов. 5-е издание. СПб.: Питер, 2018. – 992 с.