Изобретение относится к области техники связи и может быть использован для моделирования дискретного канала связи с независимыми и группирующимися ошибками. Сущность изобретения состоит в том, что определяют множество состояний канала связи s0, s1,..., sm-1 и вычисляют условные вероятности P(e/s) возникновения ошибки в каждом состоянии s>>i=0,..., m-1 канала связи и в соответствии с условной вероятностью ошибки для текущего состояния канала связи получают ошибки в канале связи, при этом определяют вероятность появления безошибочного интервала р(0i) длиной i бит, по которым на основе вероятностей p(0i) по рекуррентным правилам вычисляют условные вероятности p(0i1/11), p(0i1/01) безошибочных интервалов длины i бит в каждый текущий момент времени и предшествующий этому моменту времени при условии, что для генерации ошибок используют два состояния канала связи, соответствующие комбинации ошибок 11 или 01, генерируют равномерно распределенное в интервале от 0 до 1 случайное число р, осуществляют суммирование условных вероятностей p(0i1/11), p(0i1/01), начиная с i=0, и в результате получают последовательность 0k1, которая составляет побитный поток ошибок канала связи. Технический результат, достигаемый при осуществлении изобретения, состоит в повышении быстродействия. 1 табл.

Изобретение относится к области техники связи и может быть использовано для моделирования дискретного канала связи с независимыми и группирующимися ошибками.

Способ, описанный в настоящей заявке, может применяться для моделирования двоичного симметричного канала связи и позволяет получать побитный поток ошибок, необходимый для испытаний аппаратуры передачи данных.

Для сравнения возможных способов построения системы связи и прогнозирования ее характеристик без непосредственных экспериментальных испытаний необходимо располагать различными характеристиками входящих в нее каналов. Описание канала, позволяющее рассчитать или оценить его характеристики, называют моделью канала.

Во всем мире телекоммуникационные устройства тщательно тестируются на предмет соответствия требованиям подключения к сети связи (С1-ТЧ и С1-ФЛ в России; FCC Part 65, Part 15 в США; BS6305 в Великобритании). Испытания проводятся в сертификационных центрах и лабораториях МинСвязи, МПС, ФАПСИ, МВД, МО и т.п. - во всех ведомствах, имеющих свои каналы связи.

Крупные банки, государственные ведомства, владельцы сетей передачи данных - все те, кто активно эксплуатируют средства передачи данных, вынуждены проводить их сравнительные испытания. Пользователей интересует устойчивость устройств к различным помехам и искажениям.

Для проведения подобных сравнительных тестов используются различные модели каналов связи, позволяющие получать побитный поток ошибок канала связи.

Во многих случаях канал связи определяют блочной статистикой ошибок канала связи. Под блочной статистикой ошибок канала связи понимают распределение P(t,n) вероятностей t ошибок в блоке длины n бит для различных значений t и n (t≤n). Например, модель канала связи по Пуртову задается блочной статистикой ошибок канала связи. Предлагаемый способ позволяет на основании блочной статистики ошибок канала связи получать побитный поток ошибок канала, необходимый для проведения испытаний различных устройств.

Известен способ моделирования канала связи с независимыми ошибками, при котором сначала вычисляют среднюю вероятность ошибки на бит в канале, а затем в соответствии с этой вероятностью получают ошибки в канале связи [1].

Недостатком этого способа является ограниченная область его применения, поскольку распределение ошибок в реальных каналах связи существенным образом отличается от распределения независимых ошибок.

Наиболее близким к предлагаемому способу является способ моделирования канала связи с группирующимися ошибками по марковской модели канала (прототип), заключающийся в том, что сначала определяют множество состояний канала связи s0, s1,..., sm-1 и вычисляют условные вероятности P(e/si) возникновения ошибки в каждом состоянии si, i=0,..., m-1 канала связи. Далее в соответствии с условной вероятностью ошибки для текущего состояния канала связи получают ошибки в канале связи. При этом следующее состояние канала связи определяется переходными вероятностями P(sj/si), соответствующими переходу из текущего состояния si в следующие состояния канала связи sj [2].

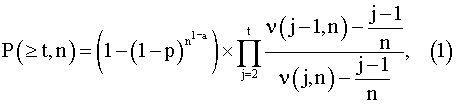
Недостатком этого способа является высокая сложность моделирования канала связи по блочной статистике канала связи, поскольку при построении марковской модели по блочной статистике канала связи необходим большой объем вычислений для определения параметров марковской модели. При этом во многих случаях для получения преемлемой точности марковская модель будет иметь большое число состояний, что усложняет получение побитной статистики канала связи. Кроме того, этот способ имеет низкое быстродействие, обусловленное тем, что в каждом состоянии канала связи генерируется только один бит потока ошибок, а затем принимается решение о переходе в следующее состояние.

Цель изобретения - упрощение моделирования канала связи за счет получения потока ошибок непосредственно по блочной статистике канала связи и повышение быстродействия, поскольку в каждом состоянии канала связи может генерироваться последовательность ошибок, состоящая из одного или более бит, и только после этого принимается решение о переходе в следующее состояние канала связи.

Для достижения цели предложен способ, заключающийся в том, что сначала определяют множество состояний канала связи s0, s1,..., sm-1 и вычисляют условные вероятности P(e/si) возникновения ошибки в каждом состоянии si, i=0,..., m-1 канала связи. Далее в соответствии с условной вероятностью ошибки для текущего состояния канала связи получают ошибки в канале связи. Новым является то, что каждое состояние канала связи соответствует событию возникновения определенной комбинации ошибок si=0i1 в моменты времени, предшествующие текущему моменту времени, где 0i1=0...01 - двоичная комбинация, состоящая из i подряд идущих позиций, в которых отсутствует ошибка, и одной позиции, в которой имеет место ошибка, при этом для каждого из состояний канала связи вычисляют условные вероятности Р(0k1/si), и ошибки в канале связи получают в виде последовательности вида 0k1 в соответствии с условной вероятностью Р(0k1/si).

Реализацию предлагаемого способа моделирования канала связи рассмотрим на примере построения модифицированной модели канала связи по Пуртову [3].

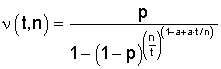
Модифицированная модель канала связи по Пуртову задается блочной статистикой канала связи. Согласно модифицированной модели канала связи по Пуртову вероятность t и более ошибок (t≥2) в блоке длины n бит выражается формулой:



где р - средняя вероятность ошибок (р<0.5),

а - коэффициент группирования ошибок (0≤а≤1), значение а=0 приближенно соответствует каналу с независимыми ошибками, а=1 - каналу, когда все ошибки сосредоточены в одной группе,

где



Вероятность искажения кодовой комбинации равна

http://img.findpatent.ru/img_data/816/8163571.gif

Эта модель ошибок определяется всего двумя параметрами р и а и при различных параметрах модели достаточно точно описывает многие реальные каналы связи.

Блочная статистика этого канала связи определяется уравнением

http://img.findpatent.ru/img_data/816/8163572.gif

Блочная статистика канала позволяет во многих случаях достаточно просто получать различные характеристики системы связи, например определять достоверность приема сообщений, защищенных помехоустойчивым кодом. Вероятность правильного приема помехоустойчивого кода, исправляющего t ошибок и имеющего блоковую длину n, оценивается по формуле:

http://img.findpatent.ru/img_data/816/8163573.gif

К сожалению, задание блочной статистики канала связи в модифицированной модели канала связи по Пуртову вызывает существенные затруднения при получении побитного потока ошибок, необходимого для испытаний аппаратуры передачи данных.

Поэтому предложен способ, который генерирует побитный поток ошибок, удовлетворяющий блочной статистике канала связи, в частности блочной статистике модифицированной модели канала связи по Пуртову.

Рассматривают двоичный симметричный канал. Пусть р(0i) - вероятность появления безошибочного интервала длиной i бит, i=0,1,.... Эту вероятность вычисляют на основании формулы (2)

p(0i)=1-P(≥1,i).

При построении модели канала по экспериментальным данным распределение вероятностей длин безошибочных интервалов определяют непосредственно по статистике ошибок реального канала связи.

На основе распределения вероятностей р(0i) далее вычисляют следующие распределения вероятностей р(0i1), p(10i1), p(10i11), где 1 означает ошибочный бит.

Эти вероятности вычисляют по следующим рекуррентным правилам

http://img.findpatent.ru/img_data/816/8163574.gif

откуда http://img.findpatent.ru/img_data/816/8163575.gif

Справедливо

http://img.findpatent.ru/img_data/816/8163576.gif

откуда

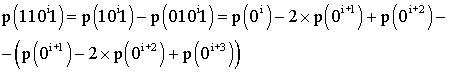
http://img.findpatent.ru/img_data/816/8163577.gif

или

http://img.findpatent.ru/img_data/816/8163578.gif

http://img.findpatent.ru/img_data/816/8163579.gif

откуда



или

http://img.findpatent.ru/img_data/816/8163581.gif

Предлагаемый способ использует условные вероятности

http://img.findpatent.ru/img_data/816/8163582.gif

http://img.findpatent.ru/img_data/816/8163583.gif

где безусловные вероятности p(10i+11) и p(110i1) вычисляют по формулам (5) и (7) соответственно, а p(11)=1-2×р(0)+р(00) и р(01)=р(0)-р(00).

Условные вероятности p(0i 1/11) и p(0i 1/01) задают вероятности безошибочных интервалов длины i бит при условии, что до этого моделью генерировалась комбинация 11 или 01 и для генерации ошибок используется всего два состояния канала связи, соответствующие комбинации ошибок 11 и 01. В нашей модели только такие комбинации ошибок и могут быть в моменты времени, предшествующие текущему моменту, поскольку генерируются последовательности вида 0i1. При i=0 состояние канала связи будет соответствовать комбинации 11, а при i>0 - состоянию 01. Определив в текущий момент времени состояние канала связи, далее по формулам (8) и (9) вычисляем условные вероятности р(0i1/11) и р(0i1/01) и в соответствии с этими вероятностями определяем последовательность вида 0k1, которая и составляет побитный поток ошибок канала связи. При этом сначала генерируют равномерно распределенное в интервале от 0 до 1 случайное число р и осуществляют суммирование условных вероятностей p(0i1/11) либо p(0i1/01), начиная с i=0, и в результате получают последовательность 0k1, которую выбирают по следующему правилу

http://img.findpatent.ru/img_data/816/8163584.gif

где символ # может принимать значение 0 либо 1.

Отметим, что для повышения быстродействия модели канала длины неискаженных интервалов k для каждого случайного числа р, взятого с некоторой допустимой погрешностью, можно вычислить заранее перед началом моделирования и поместить в таблицу, входом которой будет величина р, а выходом - длина неискаженного интервала k. В процессе моделирования длины неискаженных интервалов тогда будут определяться по таблице, отображающей функциональную зависимость между р и k. Поскольку объем таблицы ограничен, "хвост" распределения, отображающий зависимость между р и k, не попавший в таблицу, следует аппроксимировать подходящей аналитической зависимостью, например прямо пропорциональной зависимостью (прямой). При этом события, соответствующие "хвосту" распределения, как правило, маловероятны и погрешность аппроксимации не существенно влияет на точность моделирования.

Пример. В таблице приведена блочная статистика P1(t,n) модифицированной модели канала связи по Пуртову, рассчитанная по формулам (1) и (2), и аналогичная статистика P2(t,n) потока ошибок для предлагаемого способа моделирования канала связи. Параметры модифицированной модели канала связи по Пуртову: р=0.01, а=0.3, длина блока n=31, объем потока ошибок составлял 1000000 бит.

|  |
| --- |
| Таблица |
| t | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| P1(t,n) | 0.895 | 0.049 | 0.020 | 0.011 | 0.007 | 0.005 | 0.003 |
| P2(t,n) | 0.896 | 0.048 | 0.020 | 0.011 | 0.006 | 0.004 | 0.003 |

Статистический критерий согласия хи - квадрат для теоретического P1(t,n) и экспериментального P2(t,n) распределения вероятностей будет равен χ2=0.974, что говорит о высокой степени приближения предлагаемой модели и модифицированной модели канала связи по Пуртову.

В предлагаемом способе получение побитного потока ошибок канала связи осуществляется непосредственно на основе блочной статистики канала связи, в частности способ основан на использовании статистики неискаженных интервалов. Во многих случаях это позволяет упростить построение модели канала. Например, для сравнения, марковская модель модифицированной модели канала связи по Пуртову, позволяющая генерировать побитный поток ошибок и обеспечивающая преемлемую точность, будет иметь не менее 7 состояний. Число независимых параметров такой модели составляет соответственно не менее 49. Причем для получения параметров марковской модели по блочной статистике требуется большой объем вычислений. Рассматриваемый способ, даже при генерации потока ошибок на основе всего лишь двух состояний канала связи, обеспечивает высокую точность модели, что упрощает реализацию способа. Кроме того, в каждом состоянии канала сразу получают последовательность ошибок вида 0k1, состоящую из одного или большего числа бит, что увеличивает быстродействие способа.

Достигаемым техническим результатом предлагаемого способа моделирования канала связи является упрощение его реализации и повышение быстродействия.

Источники информации

1. Зелигер Н.Б. Основы передачи данных. Учебное пособие для вузов, М., Связь, 1974, стр.25.

2. Блох Э.Л., Попов О.В., Турин В.Я. Модели источника ошибок в каналах передачи цифровой информации. М.: 1971, стр.64.

3. Самойлов В.М. Обобщенная аналитическая модель канала с групповым распределением ошибок. Вопросы радиоэлектроники, сер. ОВР, вып. 6, 1990.

Способ моделирования канала связи, заключающийся в том, что определяют множество состояний канала связи s0, s1,..., sm-1 и вычисляют условные вероятности P(e/si) возникновения ошибки в каждом состоянии si, где i=0,..., m-1 канала связи, и в соответствии с условной вероятностью ошибки для текущего состояния канала связи получают ошибки в канале связи, отличающийся тем, что определяют вероятность появления безошибочного интервала р(0i) длиной i бит, по которым на основе вероятностей р(0i) по рекуррентным правилам вычисляют условные вероятности p(0i1/11), p(0i1/01) безошибочных интервалов длины i бит в каждый текущий момент времени и предшествующий этому моменту времени, при условии, что для генерации ошибок используют два состояния канала связи, соответствующих комбинации ошибок 11 или 01, генерируют равномерно распределенное в интервале от 0 до 1 случайное число р, осуществляют суммирование условных вероятностей p(0i1/11), p(0i1/01), начиная с i=0, и в результате получают последовательность 0k1, которая составляет побитный поток ошибок канала связи.