

Дано оцінку показникам ефективності системи передавання зі старінням інформації, в якій використовується вирішальний зворотний зв'язок. Розглянуто вплив старіння інформації на вибір методів передавання при заданій якості. Показано можливості систем передавання з розрядно-цифровим кодуванням і таймерними сигнальними конструкціями

Ключові слова: старіння інформації, таймерні сигнальні конструкції, розрядно-цифрові коди, система передавання, вирішальний зворотний зв'язок

Дана оценка показателям эффективности системы передачи со старением информации, в которой используется решающая обратная связь. Рассмотрено влияние старения информации на выбор методов передачи при заданном качестве. Показаны возможности систем передачи с разрядно-цифровым кодированием и таймерными сигнальными конструкциями

Ключевые слова: старение информации, таймерные сигнальные конструкции, разрядно-цифровые коды, система передачи, решающая обратная связь

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ПРИ ВЛИЯНИИ ПРОЦЕССА «СТАРЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ»

Н. В. Захарченко

Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой*

М. М. Гаджиев

Доктор технических наук, доцент*

E - mail : gadjievmm@ukr.net

В. В. Корчинский

Кандидат технических наук, доцент*

А. Н. Рябуха

Преподаватель кафедры*

*Кафедра информационной безопасности и передачи данных
Одесская национальная академия связи им. А. С. Попова
ул. Кузнечная, 1, г. Одесса, Украина, 65029

1. Введение

Введение К. Шенноном количественной меры информации и установление фундаментальных ограничений на скорость её передачи по каналам связи явились первым этапом в изучении информационных потоков. К сожалению, в теории Шеннона отсутствовали два важнейших компонента, во-первых, цель, с которой получается информация, и, во-вторых, время, в течение которого она возникает, передается и используется.

Уяснение цели получаемых сведений позволяет приписывать сообщению ту или иную «ценность». Наличие связи между моментом появлением какого-то сообщения и временем его использования позволяет делать выводы о целесообразности использования принимаемой информации, признавая за ней способность «стареть».

Понятие «старение информации» отражает свойство информации утрачивать со временем свою практическую ценность, что обусловлено изменением состояния отображаемой ею предметной области. Старение информации неразрывно связано с ценностью информации и влияет на её потребительскую стоимость [1].

Для различных объектов, например, спутник, самолет, атомная станция, ракета или обычный поль-

зователь сети передачи данных и т. д., передаваемая информация в зависимости от цели своего назначения может обладать той или иной ценностью и стареть с различной скоростью.

Поэтому актуальной является задача выбора метода передачи с учётом влияния фактора старения информации. Можно выделить два основных подхода к решению этой задачи: экстенсивный и интенсивный. Экстенсивный подход реализуется в основном за счет дополнительных капитальных или накладных затрат, предполагая ввод в эксплуатацию более скоростных каналов связи или передачу одного сообщения по уже имеющимся параллельным каналам связи. Более экономичным является интенсивный подход к решению проблемы за счет использования таких методов передачи, которые позволяют более эффективно использовать уже имеющиеся ресурсы канала связи [2, 3].

2. Анализ литературных данных и постановка проблемы

Проблеме обеспечения достоверности передачи информации по каналам связи посвящено много работ [1–5]. По-разному решается эта задача в односторонних системах передачи данных (ПД) и системах ПД с

обратной связью. К сожалению, в существующей литературе по системам ПД отсутствует соответствующий теоретический материал, обосновывающий выбор метода передачи с учетом фактора старения информации. Этот пробел и послужил основой по рассмотрению данного вопроса.

Рассмотрим систему ПД со старением информации (СИ), использующую линейный (n, k) код для защиты от ошибок и заданных параметрах [6]: $T_{ст}$ – предельное время старения; $P_{но}(n)$ – вероятность необнаруженной ошибки; T_d – время доставки сообщения; k – число информационных элементов в кодовом блоке n .

В такой системе задача нахождения оптимальной длины кодовой комбинации уже не может быть решена без учета выполнения условия по доставке сообщения [4].

$$T_d \leq T_{ст} \tag{1}$$

Очевидно, что это условие может ограничивать время передаваемого сообщения T_n и с учетом потерь в канале и длительности самого сообщения должно выполняться условие

$$T_{ст} + T_n \leq T_d \tag{2}$$

Уменьшение длины кодовой комбинации, с одной стороны, может быть, и обеспечить выполнение поставленной цели по доставке в пределах заданного $T_{ст}$, однако, с другой стороны, вступает в силу противоречие, которое заложено именно в самой фундаментальной теореме кодирования К. Шеннона [1–3]. Из этой теоремы следует, что требуемое качество как раз и можно обеспечить за счет увеличения длины кодовой комбинации. При этом гарантируется достижение высоких скоростей передачи при пренебрежимо малом значении вероятности ошибок. С учетом свойств корректирующих кодов при $n \rightarrow \infty$ значение проверочной части $r \rightarrow 0$, тогда кодовая скорость [1]

$$\gamma_k = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{k}{n} \rightarrow 1 \tag{3}$$

Обеспечение предельных показателей $P_{но}(n) \rightarrow 0$ и $\gamma_k \rightarrow 1$ достигается за счет ухудшения такого важного параметра, как время доставки, т. е. $T_d \rightarrow \infty$. Ограничение параметра T_d согласно условию (1) не позволяет использовать в реальной системе передачи сообщения большой длины. Невыполнение условия (1) делает систему передачи со старением информации нероботоспособной.

На рис. 1 показаны гипотетические функции изменения параметра $P_{но}(n)$ в зависимости от времени доставки T_d . Различный ход кривых $P_{но}(n)$ (зависимости 1...3, рис. 1) объясняется меньшей или большей эффективностью того или иного метода передачи (способа кодирования, вида модуляции и т. д.). Для заданного значения $T_{ст}$ по этим зависимостям можно определить метод передачи, при котором обеспечивается заданное качество передачи сообщения, т. е. [5]

$$P_{но}(n) < P_{но}(n)_{зад} \tag{4}$$

Обратный характер зависимостей T_d и $P_{но}(n)$ позволит определить максимально возможное значение

$T_{ст}$, которое может потребоваться для передачи полезного сообщения с учетом неизбежно возникающих при этом потерь T_n (рис. 1). Заданное время по доставке сообщения T_d обеспечивается за счет использования более эффективных алгоритмов и методов передачи. Представляет интерес задача по уменьшению времени T_n с целью увеличения доли передачи полезного сообщения [10]. Если рассматривать двоичный канал, то в качестве такой задачи может быть задача по определению оптимального значения длины кодового блока для стационарного состояния канала с целью минимизации возможных потерь в той или иной системе передачи [5]. Поэтому для времени T_d требуется нахождение оптимального значения длины кодового блока, при котором выполняется условие (2) и (4). С учетом потерь в канале связи длина блока n должна быть по возможности минимизирована, т. е. $n \rightarrow n_{мин}$. Если значение $n_{мин}$ обеспечит передачу нужного объема информации с учетом возможных потерь в канале за время менее $T_{ст}$, тогда задача считается решенной. В противном случае следует использовать более эффективные методы кодирования или модуляции.

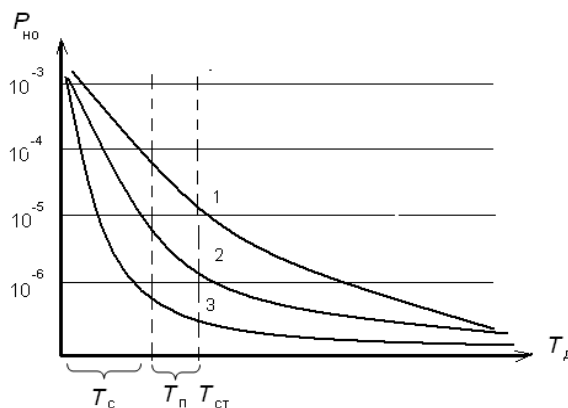


Рис. 1. Зависимость между вероятностью $P_{но}(n)$ временем T_d

Таким образом, даже при выполнении условия (4) данная задача не считается решенной, если за время $T_d \leq T_{ст}$ система не обеспечит передачу заданного объема информации $V_{зад}$.

Следовательно, задача следующего этапа сводится к поиску более эффективного метода передачи, обеспечивающего с одной стороны, требуемое качество передачи, а, с другой, – передачу большего объема информации.

3. Цель и задачи исследования

Целью исследования является оценка эффективности использования таймерных сигнальных конструкций в системах передачи со старением информации.

Задачами, решение которых может считаться необходимым для достижения поставленной цели, были выбраны:

- 1) исследование эффективности системы передачи с обратной связью с учетом обеспечения качества передачи и выбора оптимальной длины кодового блока;

- 2) сравнительный анализ эффективности использования в системах передачи разрядно-цифровых кодов и таймерных сигнальных конструкций.

4. Особенности передачи информации в системах с обратной связью

Рассмотрим аналогичное противоречие с точки зрения теоремы Шеннона, которое характерно также и для системы ПД с обратной связью (ОС). Покажем это на примере системы ПД с решающей обратной связью (РОС) и непрерывной передачей (НП). Относительная эффективная скорость передачи R для неё определяется с учетом двух основных множителей [6]

$$R = \gamma_k \cdot \gamma_\varepsilon, \tag{5}$$

где γ_ε – коэффициент приёма.

На рис. 2 показаны зависимости R , γ_k и γ_ε от длины n . В табл. 1 приведены расчетные значения исследуемых показателей. Единица определяет максимальное теоретическое значение эффективности использования канала для разрядно-цифровых кодов (РЦК). С увеличением n параметр γ_k увеличивается, однако другой параметр γ_ε при этом уменьшается из-за роста числа запросов на повторение искаженных кодовых комбинаций. С ростом n увеличивается вероятность стирания кодового блока $P_{ст}(n)$, что приводит к уменьшению скорости, т. е. $R \rightarrow 0$. Следовательно, в системе ПД с ОС осуществлять передачу с большим значением n не представляется возможным.

Нахождение оптимальной длины кодовой комбинации с целью получения максимальной скорости R [6] для некоторого стационарного состояния канала осуществляет при выполнении условия

$$\gamma_k = \gamma_\varepsilon. \tag{6}$$

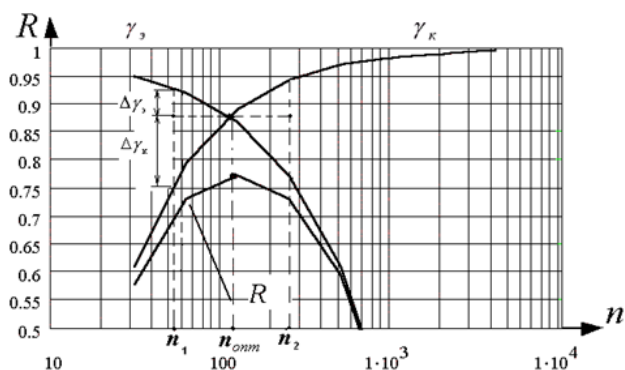


Рис. 2. Зависимость относительной эффективной скорости передачи R от длины кодового блока в системе ПД с РОС_{нп}

Полученное n_{opt} позволит в пределах его окрестностей значений n_1 и n_2 (рис. 2) найти длину кодовой комбинации с учетом времени по доставке T_d .

Однако сразу же возникает вопрос. А каким же образом по значению ряда получаемых значений R выбрать требуемую длину кодовой комбинации n ? Ведь значение R относительная величина эффективной

скорости передачи, а $T_{ст}$ – размерная величина. Это означает, что величины R и $T_{ст}$ необходимо связать с реальной битовой скоростью передачи B в канале. Полученное значение эффективной скорости R для системы передачи со старением информации можно использовать для определения реального времени по доставке T_d с учетом номинальной скорости B_n (бит/с) в канале и проверки выполнения условия (1)

$$T_d = \frac{1}{B_n R} \leq T_{ст}.$$

Показатель $1/R$ определит коэффициент приращенной скорости, необходимое для компенсации потерь в канале. Для практического случая значение скорости B определяется с учетом знака больше или равно.

Таблица 1

Расчетные значения коэффициентов эффективности системы ПД с РОС_{нп} в режиме обнаружения ошибок при $\alpha=0,202, d_o=4, P_{НО}(n)=3 \cdot 10^{-6}, p_o=2,645 \cdot 10^{-3}$

i	$N=2^i-1$	γ_k	γ_ε	R
1	31	0,697	0,978	0,578
2	63	0,84	0,961	0,731
3	127	0,915	0,938	0,773
4	255	0,955	0,892	0,730
5	511	0,976	0,807	0,594
6	1023	0,987	0,655	0,326
7	2047	0,993	0,379	0,376

Однако, как утверждает практика, решение данной задачи за счет использования только РЦК не всегда может дать положительный результат. Наиболее эффективное использование каналов связи для передачи различных сообщений и необходимая помехоустойчивость систем связи достигается путем выбора рациональных структур сигналов. Выбор видов сигналов в системе определяется применяемым методом кодирования. Примером таких сигналов могут служить таймерные сигнальные конструкции (ТСК) [7].

5. Применение корректирующих таймерных кодов для повышения качества передачи

Таймерные сигнальные конструкции обеспечивают увеличение числа реализаций на интервале $T_c = kt_0$ за счет введения модуляции информационных параметров в точках не кратных t_0 , а кратных некоторому

элементу $\Delta = \frac{t_0}{S} (S \in 1, 2, \dots, S_0)$. Для исключения межсимвольных искажений принимается расстояние между моментами модуляции $\tau_c \geq t_0$ [8].

Для бинарного канала на рис. 3 показано, что на интервале T_c можно сформировать несколько отрезков τ_c со своими длительностями и своим положением в пределах кодового слова. Для ТСК характерно, что в длительностях отрезков τ_c и их взаимном положении или в местах расположения значащих моментов модуляции (ЗММ) и «заложена» информация о передаваемом символе (команде).

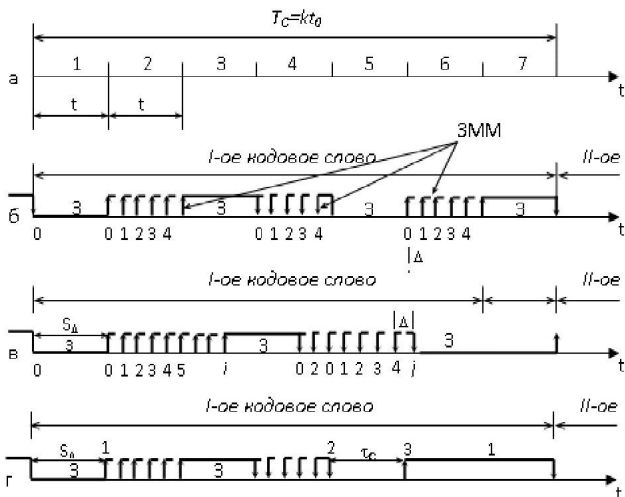


Рис. 3. Формирование таймерные сигнальные конструкции

В табл. 2 приведено число реализаций сигналов в двоичных сигнальных конструкциях длительностью $k \in 4;5;6;7$ -элементов и число реализаций для разрядно-цифрового двоичного кода ($N_{p2} = 2^k$).

Таблица 2

Число реализаций в ТСК

2^k	16	32	64	128
$k S$	4	5	6	7
15	816	5000	20000	40000
10	286	10^3	5000	10000
5	56	286	816	2000
3	20	84	220	455

Из табл. 2 видно, что, увеличивая S , можно в сотни раз увеличить мощность множества, разрешенных сигнальных конструкций, а число реализаций на интервале из k элементов равно [9]

$$N_{p1}^{i=const} = C_{kS-i(S-1)}^i, \tag{7}$$

где i – число информационных отрезков или ЗММ.

При $m > 2$ и переменном i число реализаций равно

$$N_{p2} = \sum_{i=1}^k (m-1) C_{kS-i(S-1)}^i. \tag{8}$$

Так как расстояния между отдельными реализациями используемого множества рассматриваемых сигналов не одинаковы, то для пропускной способности канала можно записать [10]

$$C \geq \frac{1}{k} \left[\log_2 N_p + P_n \log_2 P_n + (1-P_n) \log_2 \left(\frac{1-P_n}{N_p-1} \right) \right], \tag{9}$$

где P_n – вероятность верного приема сигнальной конструкции.

В канале с флуктуационными шумами для случая приема отдельных реализаций методом анализа в средней части каждого элемента Δ на интервале $T_c = zt_0$ (zt_0 – число точек анализа), значение верного приема P_n реализации с i – моментами модуляции равно [8]

$$P_n = \left[2\Phi \left(\frac{\Delta}{2\sigma} \right) \right]^i, \tag{10}$$

где $\Phi(x)$ – интеграл вероятности.

6. Анализ результатов исследований пропускной способности канала

Зависимости пропускной способности C_M каналов с различным уровнем флуктуационных шумов (задано $h = u_c/u_n$ как функции s (кривые 1–3 для $h = 7,5$ и $m = 8,6,5$ соответственно, кривые 4–6 для $h = 5,5$ и $m = 8;6;5$ соответственно)) показаны на рис. 4. По этим зависимостям следует, что для каждого значения h имеется значение зоны, при котором C_M будут максимальными.

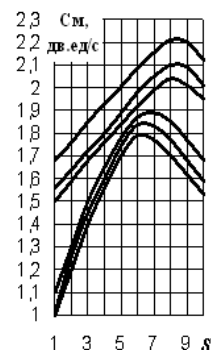


Рис. 4. Зависимости пропускной способности каналов от уровня флуктуационных шумов

Оптимальное значение Δ_{opt} на практике определяется среднеквадратичным отклонением σ смещения фронта огибающей сигнала на выходе канала

$$\Delta_{opt} = (3,8...4,5) \sigma = \frac{3,8...4,5}{4h}. \tag{11}$$

Также предполагается, что в канале используется частотная модуляция, для которой справедливо соотношение [7]

$$\left. \begin{aligned} \sigma &= 1/4h, \\ h &= u_c/u_n. \end{aligned} \right\} \tag{12}$$

Такой подход формирования сигналов позволяет обменивать верность передачи информации на скорость; т.е. за меньшее время передачи $T_{ст}$ передать больший объем информации (алфавит кодовых слов), однако с некоторой потерей качества. Для компенсации потерь помехоустойчивости с целью обеспечения необходимого качества передачи информации полученный выигрыш по числу реализаций можно использовать для создания избыточности, необходимой для обеспечения заданной вероятности ошибочного приема на переданный знак.

7. Выводы

Выбор метода передачи для современной системы передачи данных со «старением информации» при усло-

вии оптимального выбора длины кодовой комбинации и качественных показателей передачи не всегда может быть реализован на основе позиционного кодирования.

Применение в этих условиях ТСК конструкций позволяет более эффективно использовать канал связи за счет использования рациональных структур сигналов.

Результаты проведенных в работе исследований показали, что:

1. Использование ТСК позволит приблизительно вдвое уменьшить время доставки информации по сравнению РЦК практически при тех же качественных показателях за счет существенного уменьшения числа координат в разрешенных сигнальных конструкциях.

2. Полученный выигрыш по числу реализаций может быть использовано для создания избыточности с целью обеспечения заданной вероятности ошибочного приема.

Литература

1. Рид, Р. Основы теории передачи информации [Текст] / Р. Рид; пер. с англ. – М.: «Вильямс», 2005. – 320 с.
2. Гусев, О. Ю. Теорія електричного зв'язку [Текст] : навч. пос. / О. Ю. Гусев, Г. Ф. Конахович, О. Ю. Пузиренко та ін. – Львів: «Магнолія 2006», 2010. – 364 с.
3. Акулиничев, Ю. П. Теория электрической связи [Текст]: уч. пос. / Ю. П. Акулиничев. – СПб.: Издательство «Лань», 2010. – 240 с.
4. Рихтер, С. Г. Кодирование и передача речи в цифровых системах подвижной связи [Текст] / С. Г. Рихтер. – М.: «Горячая линия – Телеком», 2010. – 304 с.
5. Прокис, Дж. Цифровая связь [Текст] / Дж. Прокис; пер. с англ. под ред. Д. Д. Кловского. – М.: Радио и связь, 2000. – 800 с.
6. Васильев, К. К. Теория электрической связи [Текст] : уч. пос. / К. К. Васильев, В. А. Глушков, А. В. Дормидонтов, А. Г. Нестеренко; под общ. ред. К. К. Васильева. – Ульяновск: УлГТУ, 2008. – 452 с.
7. Захарченко, В. Н. Синтез многопозиционных временных кодов [Текст] / В. Н. Захарченко. – Киев: Техника, 1999. – 281 с.
8. Захарченко, Н. В. Сравнение синдромных методов для корректирующих блоковых позиционных и таймерных кодов [Текст] / Н. В. Захарченко, М. М. Гаджиев, Б. К. Радзимовский и др. // «Восточно-Европейский журнал передовых технологий». – 2014. – Т. 2, № 9(68). – С. 4–9. – Режим доступа: <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/23091/21144>
9. Корчинський, В. В. Ефективність j-кратного повторення надлишкових таймерних сигнальних конструкцій [Текст] / В. В. Корчинський, В. Й. Кільдишев, С. В. Хомич, Ю. В. Белова // Вестник НТУ «ХПИ». – 2012. – Вип. 26. – С. 36–38.
10. Кільдишев, В. Й. Влияние сосредоточенных во времени помех на искажении таймерных сигналов. [Текст] / В. Й. Кільдишев, А. Ю. Мирошниченко, Н. О. Николаев, Люай Танжи // Телекомунікаційні системи та мережі на залізничному транспорті: 36. наук. пр. – 2005. – Вип. 71. – С. 52–58.