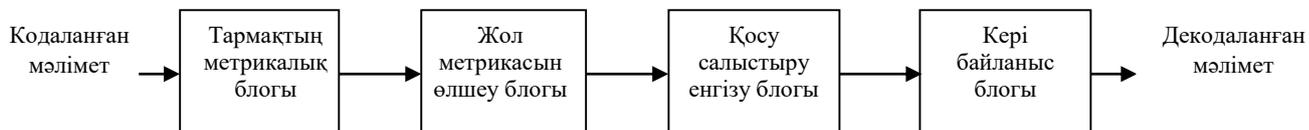


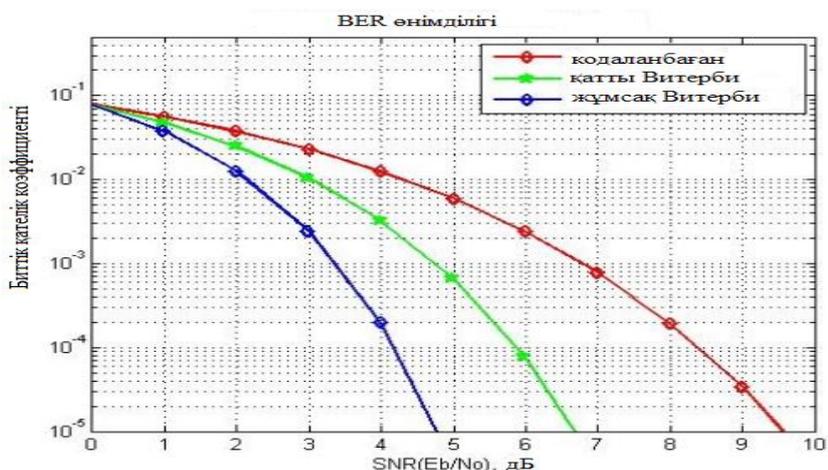
торлық диаграммамен түсіндіріледі. Витерби декодерінің блок-диаграммасы 5-суретте көрсетілген. Ол келесідей блоктардан тұрады:

- а) Тармақтың метрикалық блогы (BMU);
- б) Жол метрикасын өлшеу;
- в) Қосу, салыстыру, енгізу блогы (ACS);
- г) Кері байланыс блогы.



5 сурет - Витерби декодерінің блок-диаграммасы

Биттік қателік коэффициентінің (BER) сигнал/шуыл қатынасына (SNR) байланысты функциясы 6 – суретте көрсетілген. Графиктен өнімділікті арттыру Витерби жұмсақ шешімін Витерби қатты шешімімен салыстыру нәтижесі 2 дБ көрсетті.



6 сурет – Витерби декодерінің қатты шешімі (HD) және жұмсақ шешімі (SD) үшін BER графигі ($C = 4$ және $r = 1/2$)

Мақалада Витерби декодері, цифрлық ақпаратты кодалау мүмкіндігі және кодалық шығыс сөзі бар, таратылатын және декодаланатын үйтіккі кодер жобаланды. Ұзындық шектелуі 4 және жылдамдығы $1/2$ тең. Matlab-та декодер жобасы жасалып, BER және SNR қатынасы алынды. Жұмыстың мақсаты Витерби алгоритмін, Витерби декодерінің жұмысын түсіндіру болды.

Әдебиеттер:

[1] Jinjin H, Zhongfeng Wang, Zhiqiang Cui, LiLi, “Towards an Optimal Trade-off of Viterbi Decoder Design”, Circuits and Systems, ISCAS-2009. IEEE International Symposium, 24-27 May 2009 pp. 3030 – 3033.

[2] Swati Gupta, Rajesh Mehra, “FPGA Implementation of Viterbi Decoder using Trace back Architecture”, International Journal of Engineering Trends and Technology- May to June Issue 2011.

Seidaliyeva U. O., Dosbayev Zh. M.

Investigation of the methods of convolutional encoding and decoding of Viterbi

Summary. The Convolution (Channel) Encoder will add bits to the message bits to be transmitted systematically. After passing through the channel, at the receiver end the original message sequence is obtained from the received data using Viterbi decoder. It implements Viterbi Algorithm, which is a maximum likelihood algorithm, based on the minimum cumulative hamming distance it decides the optimal trellis path that is most likely followed at the encoder. Convolutional

encoding and Viterbi decoding are error correction techniques widely used in Communication systems to improve the bit error rate (BER) performance. In this paper, it was presented the convolution encoder and Viterbi decoder for constraint length 4 and bit rate 1/2. In addition, a Viterbi decoder is developed in MATLAB.

Keywords: Convolution Encoder, Viterbi decoder, trellis structure

Сейдалиева У.О., Досбаев Ж.М.

Исследование методов сверточного кодирования и декодирования Витерби

Резюме. Сверточный кодер добавит биты к битам сообщения, которые будут передаваться систематически. После прохождения по каналу на конце приемника исходная последовательность сообщений получается из принятых данных с использованием декодера Витерби. Он реализует алгоритм Витерби, который является алгоритмом максимального правдоподобия, основанный на минимальном кумулятивном расстоянии от хамминга, который решает оптимальный путь решетки, который, скорее всего, следует в кодере. Сверточное кодирование и декодирование Витерби являются методами коррекции ошибок, широко используемыми в системах связи для повышения производительности битовых ошибок (BER). В этой статье представлен сверточный кодер и декодер Витерби для длины ограничения 4 и скорости передачи бит 1/2. Кроме того, в MATLAB разработан декодер Витерби.

Ключевые слова: сверточный кодер, декодер Витерби, решетчатая структура.

УДК: 004.032.26

Н.Албанбай¹, Б.Ж. Медетов¹, А.Т.Ибраев², У.О.Сейдалиева²

¹Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Казахстан, г.Алматы

²Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И.Сатпаева, Казахстан, г.Алматы

jalgasa@mail.ru

СТАТИСТИКА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ «БЭРСТОВ» ДО ЗАТУХАНИЯ В СИСТЕМЕ СВЯЗАННЫХ НЕЙРОНОВ ФИТЦХЬЮ-НАГУМО

Аннотация. В работе [1] было теоретически рассмотрено поведение системы, состоящей из двух линейно – отрицательно связанных нейронов ФитцХью-Нагумо[2]. В результате данных теоретических исследований было предсказано, что в рассматриваемой системе возможно рождение нового типа бифуркации: «двухчастотная» бифуркация Хопфа. В работах [3-5] с помощью численных решений уравнений системы, компьютерного моделирования и экспериментальных измерений был подтвержден вывод теории о существовании «двухчастотной» бифуркации Хопфа.

Ключевые слова: нейроны, бэрсты, нейроны ФитцХью-Нагумо.

Необходимо отметить, что оказалось так, что реализация «двухчастотной» бифуркации Хопфа сильно зависит от точности интегрирования уравнений (1). Если точность интегрирования невысокая, то вместо ожидаемой «двухчастотной» бифуркации Хопфа в системе реализуется так называемый режим «бэрстинг» [4]. Дальнейшие исследования показали, что, на самом деле, режим «бэрстинг» не является устойчивым. Он со временем разрушается, и система все равно переходит в ожидаемое состояние. При этом продолжительность промежуточного режима «бэрстинг» зависит от точности интегрирования. Кроме того, выяснилось, что даже при одинаковых условиях эта продолжительность не является величиной постоянной. В настоящей работе приводятся результаты экспериментального исследования закона распределения продолжительности режима «бэрстинг» до перехода в ожидаемый режим.

Уравнения системы, состоящей из двух нейронов ФитцХью-Нагумо, представляется в следующем виде:

$$\begin{aligned}
 \frac{dx_1}{dt} &= x_1 - x_1^3/3 - y_1 + \gamma_1 x_2 \\
 \frac{dy_1}{dt} &= \varepsilon_1(x_1 + a_1) \\
 \frac{dx_2}{dt} &= x_2 - x_2^3/3 - y_2 + \gamma_2 x_1 \\
 \frac{dy_2}{dt} &= \varepsilon_2(x_2 + a_2)
 \end{aligned}
 \tag{1},$$

где $x_{1,2}$ - потенциал мембраны клетки, $y_{1,2}$ - концентрация ионов в нейронной клетке и $\gamma_{1,2}$ - коэффициенты, задающие силу связи между нейронами ФитцХью-Нагумо. $a_{1,2}$ - некоторые эмпирические параметры, а $\varepsilon_{1,2}$ – положительное малое значение.

Результаты эксперимента

Экспериментальная установка собрана в виде электронной схемы, моделирующей работу системы, состоящей из двух связанных нейронов ФитцХью-Нагумо. В установке фактически решается уравнение (1) с помощью аналоговых методов. Подобное моделирование нейронных сетей с помощью электронных схем используется во многих других работах [1-4].

Эксперимент проводился следующим образом. В системе значения параметров выбираются такими, чтобы она находилась в режиме «покоя», т.е. соответствующим аттрактору «неподвижная точка». Однако наличие естественного шума в электронной схеме не позволяет системе сразу же перейти в режим «покоя», вместо этого она вначале некоторое время находится в основном режиме нейронных сетей, при котором генерируются берстовые сигналы. Только после затухания этих берстов, она может перейти в то состояние, которое соответствует заданным параметрам системы. На рисунке 1 приведен пример подобного поведения. Здесь видно, что вначале возникают берсты, но затем они через некоторое время затухают, т.к. параметры системы заданные так, чтобы она была в состоянии «покоя». Также мы видим, что на этом примере количество берстов до затухания равно 6.

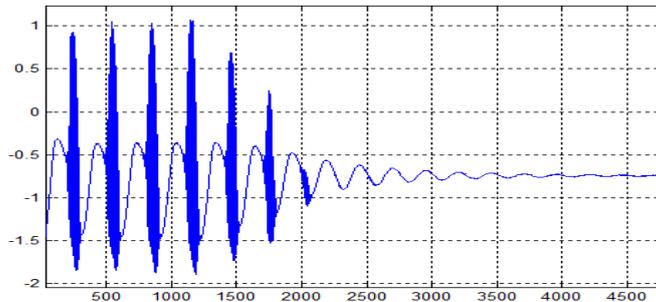


Рисунок 1 – Пример бесртового сигнала с шестью берстами до затухания

Если провести другой эксперимент с теми же начальными условиями и значениями параметров системы, то количество берстов может быть совсем другим. Например, на рисунке 2 приведен пример сигнала с девятью берстами до затухания.

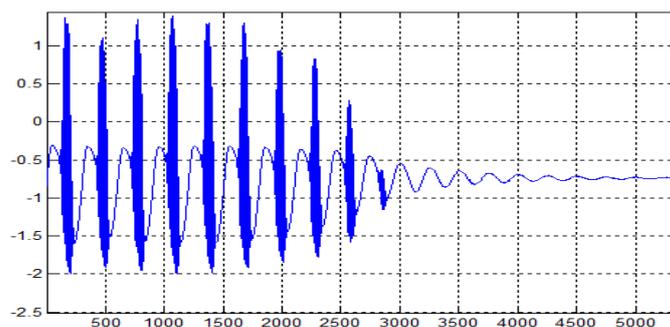


Рисунок 2 – Пример бесртового сигнала с девятью берстами до затухания

Иногда берсты быстро затухают, а иногда они могут генерироваться довольно долго. На рисунке 3 приведен пример быстрого затухания бесртов, где видно, что в данном случае сгенерировались всего лишь два берста. А на рисунке 2 приведен пример довольно долгой генерации берстов, где их количество равно 27.

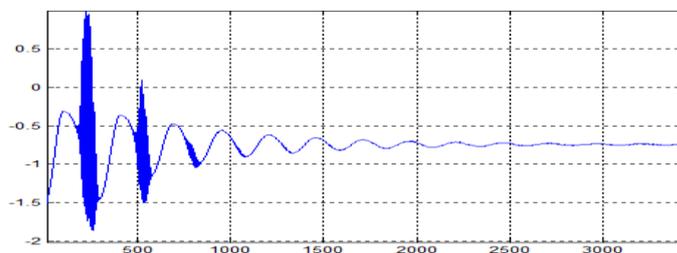


Рисунок 3 – Пример бесртового сигнала с двумя берстами до затухания

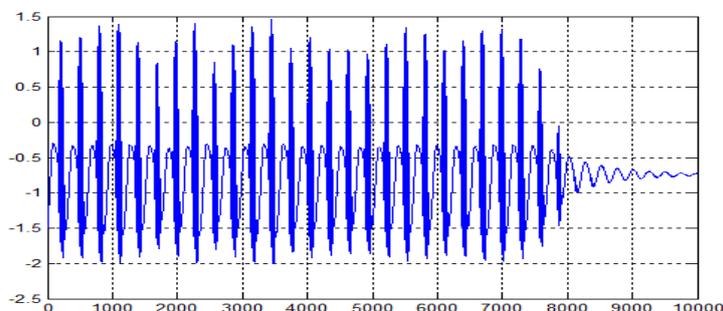


Рисунок 4 – Пример бесртового сигнала с двадцати семью берстами до затухания

Как видим из этих рисунков, несмотря на то, что все эти экспериментальные измерения были проведены с одинаковыми начальными условиями и значениями параметров системы, количество берстов до затухания может быть разным при каждом эксперименте. Естественно такое поведение системы может быть объяснено только наличием естественного шума в электронной схеме, иначе во всех измерениях при одинаковом наборе начальных условий количества берстов было бы одинаковыми. В таком случае также справедливо будет полагать, что распределение количества берстов должно выглядеть как распределение Гаусса. Однако реальное распределение количества берстов оказалось немного иным, а именно экспоненциальным.

На рисунке 5 показано распределение берстов, полученное из экспериментальных данных. Данная серия включает 4000 измерений при одних и тех же начальных условиях и значениях параметров системы.

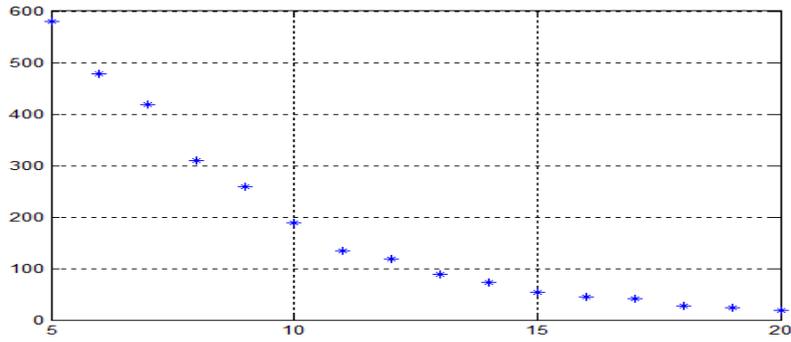


Рисунок 5 – Распределение количества берстов в сигналах, полученных из эксперимента

Как видно из этого рисунка, наиболее вероятным значением количества берстов является число пять. А дальше вероятность реализации того или иного количества берстов нелинейно падает. Для того, чтобы определить вид этого распределения, нами было сделано предположение, что оно является экспоненциальным, т.е. следующего вида:

$$P(n) = ae^{-bn} \quad (2),$$

$P(n)$ - вероятность реализации количества берстов, равным числу n , а параметры a и b являются некоторыми постоянными.

Согласно нашим расчетам коэффициент $A = 7,5806$, а коэффициент $B = -0,2343$. Далее с этими коэффициентами был построен график линии, показанный на рисунке 6.

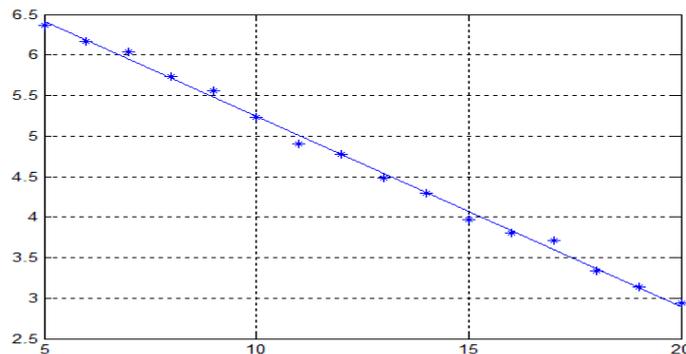


Рисунок 6 – Распределение количества берстов в сигналах, полученных из эксперимента в виде линейной функции

Относительные погрешности определения коэффициентов A и B из уравнения (4) оказались равными 1,2% и 2,9%, соответственно, что позволяет нам с полной уверенностью утверждать о том, что распределение количества берстов до затухания действительно подчиняется экспоненциальному закону. В дальнейшем требуется теоретическое объяснение этого распределения, почему оно оказывается именно экспоненциальным.

Литературы:

- [1] Жанабаев З.Ж., Закс М., Медетов Б.Ж. Генерация сигналов кластером связанных двух автоколебательных систем на границе потери устойчивости равновесия. Теория. – Алматы: Журнал проблем эволюции открытых систем, 2012 г., вып. 14, том 1, с. 31-35
- [2] Jane Cronin. Mathematical aspects of Hodgkin-Huxley neural theory. Cambridge University Press. 1987.
- [3] Наурызбаева А.Ж., Медетов Б.Ж., Ыскак А.Е. Численное исследование двухчастотного режима генерации сигналов кластером автоколебательных систем. -Алматы: Известия НАН РК, серия физическая, 2013 г., 2(288), с.134-137.