

РАСПОЗНАВАНИЕ СИГНАЛОВ ДОНАБОРА КОДА В ИМПУЛЬСНОМ РЕЖИМЕ

Колбасин В.А., Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»

У статті розглядається задача розпізнавання донaborу коду в імпульсному режимі. Наведено постановку задачі та побудовано математичну модель проходження сигналом донaborу коду телефонного тракту. Проаналізовано типові завади, що заважають розпізнаванню сигналів донaborу коду. Запропоновано двоетапний алгоритм розпізнавання сигналів донaborу коду. На першому етапі виконується виділення інформативних ознак. На другому за допомогою штучної нейронної мережі виконується розпізнавання сигналу.

Как при реализации «с нуля», так и при адаптации существующих систем компьютерной телефонии (СКТ) к нашим условиям разработчику неизбежно приходится решать задачу организации диалога пользователя с системой. Традиционно для передачи информации от пользователя к системе используется донabor кода в тональном режиме [1]. Однако из-за того, что в странах СНГ до 50% телефонных аппаратов не поддерживают тональный режим набора номера [2], большой практический интерес представляют альтернативные подходы к передаче команд пользователя системе, одним из которых является использование донabor кода в импульсном режиме (ДКИР).

При наборе номера в импульсном режиме каждая цифра кодируется количеством кратковременных разрывов линии. При разрыве линии напряжение увеличивается до 48-60 В, а при соединении вновь падает до 5-15 В. Временные параметры импульсного набора определяются стандартом [3].

Номер, набираемый в импульсном режиме, АТС и СКТ принимают и декодируют по-разному. После поднятия абонентом трубки и до установления соединения АТС подключает к телефонной линии регистр – устройство для определения набираемого номера и передачи его на коммутационное поле. Регистр подключается к линии до входных цепей и за счет большого перепада напряжения надежно определяет номер. СКТ же подключается к телефонной линии абонента после цепей АТС и уже после установления соединения. Поэтому до

СКТ сигнал доходить уже после прохождения телефонного тракта. При этом прямоугольные сигналы импульсного набора номера по пути к СКТ дифференцируются на входных цепях АТС и от них остаются только дифференциалы фронтов (ДФ).

За счет большого разброса параметров телефонных аппаратов, цепей АТС и телефонных линий вид, мощность и длительность ДФ могут меняться в широких пределах (см. рисунок 1).

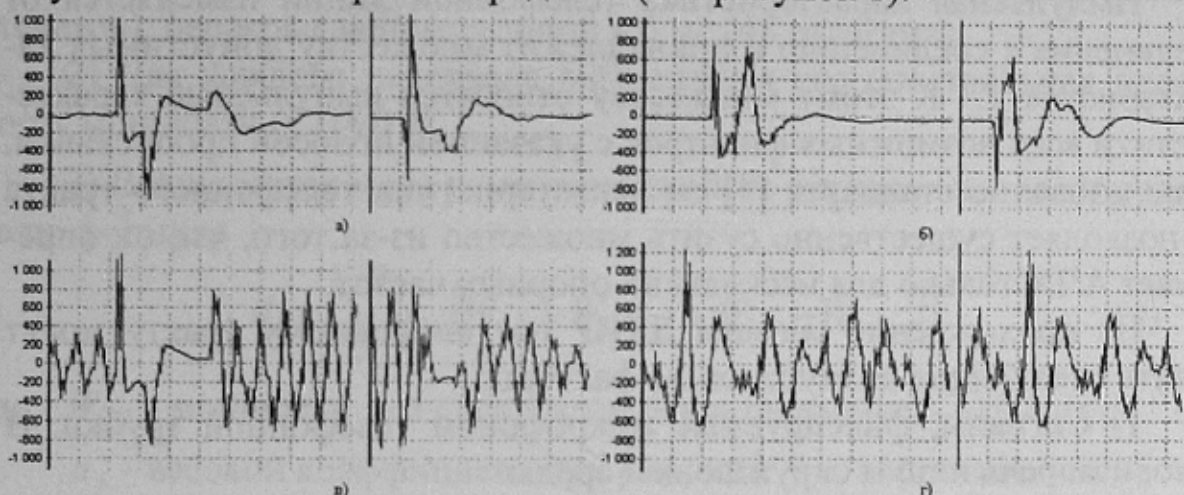


Рисунок 1 - Вид различных сигналов ДКИР чистых (а, б), зашумленных тональными сигналами (в) и речью (г).

Модель системы

Сигналы импульсного набора представляют собой серию кратковременных разрывов линии. Нормированный по уровню сигнал, соответствующий набору цифры k , можно представить в виде:

$$s(t) = \begin{cases} 1, & t \in \bigcup_{i=0}^{K-1} [i \cdot T_{\text{длит}}, i \cdot T_{\text{длит}} + T_{\text{разр.}}] \\ 0, & t \in [K \cdot T_{\text{длит}}, \infty] \cup \bigcup_{i=0}^{K-1} [i \cdot T_{\text{длит}} + T_{\text{разр.}}, (i+1) \cdot T_{\text{длит}}] \end{cases} \quad (1)$$

где $T_{\text{разр.}}$ - длительность разрыва линии;
 $T_{\text{паузы.}}$ - длительность паузы после разрыва линии;
 $T_{\text{длит}}$ - длительность одного импульса,

Прохождение сигналом $s(t)$ телефонного тракта можно представить в виде фильтрации прямоугольного сигнала эквивалентным полосовым фильтром с полосой пропускания 300-3400 Гц:

$$s'(t) = \int_0^t s(\tau) \cdot c(t - \tau) \cdot d\tau + z(t), \quad (2)$$

где $s'(t)$ - принимаемый сигнал ДКИР,
 $c(t - \tau)$ - импульсная характеристика телефонной линии,
 $z(t)$ - аддитивные помехи.

Импульсная характеристика телефонной линии изменяется от соединения к соединению и принадлежит множеству допустимых характеристик S . К этому множеству относятся импульсные характеристики всех возможных фильтров с указанной полосой пропускания. Использование стандарта [4] на характеристики телефонного тракта не позволяет существенно сузить множество из-за того, что он определяет АЧХ только для нескольких опорных частот.

На прохождение сигнала ДКИР по телефонному тракту могут влиять следующие возмущающие факторы:

1) Сигналы, фиксируемые микрофоном телефонной трубки. В основном речь и шум окружающей среды.

2) Тоновые сигналы телефонной сигнализации.

3) Шум телефонной линии и импульсные помехи.

Распознавание ДКИР

Для распознавания ДКИР используется двухэтапный алгоритм. На первом этапе выполняется предварительное преобразование сигнала, выделяющие участки сигнала, на которых могут быть ДФ, а на втором – по результату предварительного преобразования определяется переданная цифра.

Выделение ДФ

Неопределенность АЧХ телефонного тракта не позволяет построить эталонную форму сигнала ДФ, что сильно затрудняет обнаружение сигнала во временной области. При анализе спектрограмм записей сигналов ДКИР были обнаружены следующие особенности ДФ:

1) длительность ДФ в несколько раз меньше длительности интервала стационарности тоновых сигналов и речи;

2) энергия ДФ распределена по всей ширине спектра.

Малая длительность ДФ позволяет предположить, что любое кратковременное изменение можно рассматривать как возможный

ДФ. Кроме ДФ такое изменение может вызвать включение тонального сигнала либо любая другая широкополосная помеха, однако помеха имеет большую длительность и спектр помехи будет обнаружен не только в данном, но и в соседнем окне. Основываясь на данных рассуждениях в [5] был предложен следующий метод предварительного преобразования сигнала для выделения ДФ:

1) Сигнал разбивается на интервалы длительностью 16 мс (128 отсчетов), перекрывающиеся зоной в 6 мс (48 отсчетов).

2) Для каждого интервала вычисляется его спектральная плотность мощности (СПМ) $W_{i,j}$.

3) Вычисляется мера изменения свойств сигнала на i -м интервале по формуле

$$d_i = \sum_{j=0}^{N/2} a_j \cdot (|W_{i,j} - W_{i-1,j}| + |W_{i,j} - W_{i+1,j}|), \quad (3)$$

где $W_{i,j}$ - мощность j -й спектральной составляющей i -го окна;

a_j - весовой коэффициент при разности j -х составляющих;

N - ширина участка в отсчетах.

Результаты предварительного преобразования зашумленного сигнала приведены на рисунке 2.

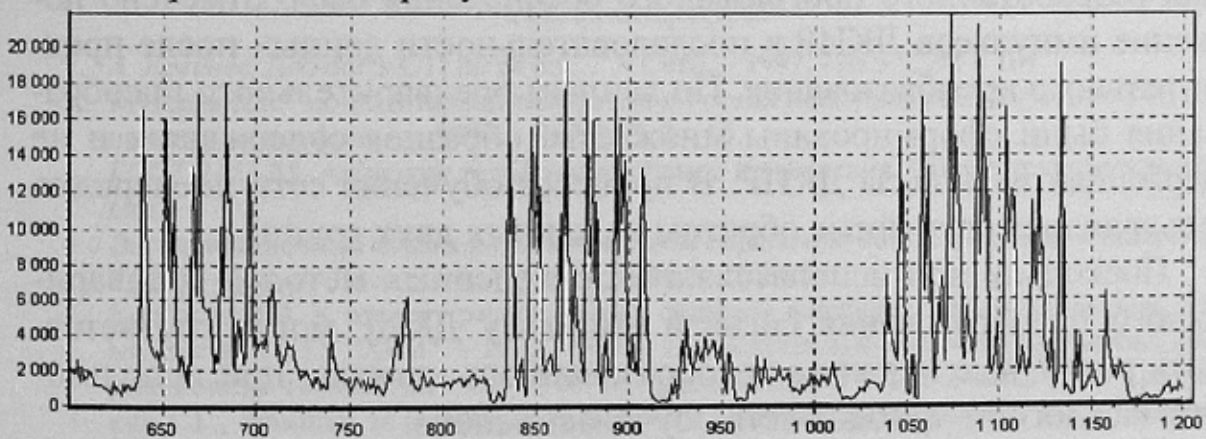


Рисунок 2 - Результат предварительного преобразования сигнала ДКИР

Метод четко выделяет ДФ на незашумленном сигнале, однако при большом уровне шумов дает ложные срабатывания. Кроме того, метод не проверяет, вызвано ли изменение СПМ большим изменени-

ем одной из компонент, либо малыми изменениями большого количества компонент.

Распознавание ДКИР

Результат предварительного преобразования подвергается следующему этапу распознавания для определения положения импульсов ДКИР, их подсчета и определению выделенной цифры.

В связи с тем, что результат предварительного преобразования имеет весьма сложную структуру, для определения положения импульсов ДКИР используется трехслойная нейронная сеть следующей конфигурации:

входов сети	– 18 ;
нейронов первого слоя	– 36;
нейронов второго слоя	– 36;
нейронов третьего слоя	– 1
активационная функция	– гиперболический тангенс.

Для обучения сети использовались записи ДКИР сделанные с различных телефонов и различных АТС города Харькова. Для обучения сети использовалась одна из разновидностей алгоритма обратного распространения ошибки (backpropagation) [6].

Обучающее множество было сформировано вручную. При помощи разработанного программного обеспечения было отмечено положение импульсов ДКИР в последовательности данных после предварительного преобразования. По данным предварительного преобразования были сформированы множества образцов содержащих и не содержащих импульсы ДКИР. В процессе обучения сети поочередно предъявлялись случайные образцы из данных двух групп.

Поскольку при использовании приведенных методов предварительного преобразования сигнала импульсу ДКИР могут соответствовать различные картины преобразованного сигнала, при использовании каждого из методов сеть обучалась заново.

Разработанный алгоритм был опробован на реальных записях сигналов ДКИР, в том числе и не входивших в обучающее множество, и на записях телефонных переговоров, не содержащих ДКИР. Результаты приведены в таблице.

Таблица 1 - Результаты распознавания сигналов ДКИР

	Сигнал ДКИР		Сигнал ДКИР + речь	
	Цифр	%	Цифр	%
Определено верно	38	92	33	71
Определено ошибочно	1	2	3	6
из них цифр «1»	1	2	3	6
Ошибок в цифре	1	2	7	15

В графе «определено ошибочно» приведено количество ложных определений цифры там, где ее не было. В графе «ошибок в цифре» приведено количество неверно определенных цифр, т.е. положение цифры было определено верно, а значение цифры – неверно.

Данный метод распознавания показал довольно высокую эффективность при определении ДКИР в незашумленной среде и удовлетворительную в зашумленной. Однако для данного метода остается нерешенной задача надежного распознавания цифры «1», т.к. эта цифра часто обнаруживается в ошибочно определенных цифрах.

Полученные результаты могут найти применение при разработке систем компьютерной телефонии, предназначенных для работы в странах СНГ.

Список литературы:

1. А. Крейнс. Добавить СТИ по вкусу ... // Сети. – 1997. - № 5. С.94 – 101.
2. Муссель К.М. Компьютерной телефонии в России исполняется ... 20 лет. // СТИ, Компьютерная телефония. – 1999. - № 2-3. С. 8 – 13.
3. ГОСТ 7153-85. Аппараты телефонные общего применения. Общие технические условия
4. Эксплуатационные нормы на электрические параметры коммутируемых каналов сети ТфОП. – Приказ Госкомсвязи России от 05.04.99 № 54 .
5. Колбасин В.А. К вопросу распознавания сигналов донабора кода в импульсном режиме. Вестник НТУ «ХПИ». – 2002. - №9. – т. 6 “Системный анализ и управление, информационные технологии”. С 97-100. 6. Архангельский В.И., Богаенко И.М., Грабовский Г.Г., Рюмшин М.О. Нейронні мережі в системах автоматизації. – К.: “Техніка”, 1999.