

МЕТОД АДАПТАЦИИ ПАРАМЕТРОВ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ НА ОСНОВЕ ДИСКРЕТНОГО ИЗМЕНЕНИЯ АМПЛИТУДЫ И ТЕМБРА СУБЪЕКТОВ ПЕРЕГОВОРОВ

М. В. Волчихина

*Кафедра «Информационные системы и защита информации»,
mariyamoiseeva@mail.ru; ФГБОУ ВО «ТГТУ», Тамбов, Россия*

Ключевые слова: адаптация параметров средства защиты информации; адаптивные системы защиты информации; информационная безопасность; организация систем защиты информации; типовая модель адаптивной системы защиты информации.

Аннотация: Предложен метод адаптации параметров средств защиты информации на основе дискретного изменения амплитуды и тембра субъектов переговоров. Отмечены недостатки современных подавителей помех от ведущих мировых производителей. На основе метода адаптации разработана математическая модель изменения параметров средств защиты информации для обеспечения заданного уровня защищенности офисного помещения.

Введение

На сегодняшний день рынок аппаратных средств защиты информации (СЗИ) насыщен не только продуктами отечественных производителей, но и импортными средствами. Опираясь на требование подтвержденной надежности устройств, выбор производителя средств будет проводиться среди компаний, деятельность которых лицензирована, а продукты сертифицированы.

Анализ существующих СЗИ показал, что в них отсутствует адаптация параметров к амплитуде и тембру субъектов переговоров [1].

Для разработки метода адаптации параметров СЗИ необходимо провести мониторинг современных технологий формирования и анализа речи. Акустический речевой сигнал возникает в результате сложных координированных движений, происходящих в органах человека, вся совокупность которых называется речевым аппаратом. Источниками возбуждения голосовых колебаний являются колебания голосовых связок (голосовой источник), а также турбулентные шумы, возникающие при прохождении потока воздуха через сужения речевого тракта (шумовой источник) [1].

В зависимости от положения и движения артикуляторных органов в процессе речеобразования, а также источника возбуждения речевых колебаний возникают различные звуки речи, акустическое представление которых представляет собой звучащие абстрактные аналоги букв алфавита – фонемы. Основное отличие фонем от символов алфавита состоит в их существенно большей изменчивости: вариантов произношения фонем значительно больше вариантов написания букв вследствие существенно большего числа факторов, влияющих на параметры формирования звука. Кроме того, процесс формирования звуков является динамиче-

ским, протяженным во времени, при этом инерционность артикуляторных движений приводит к взаимовлиянию соседних звуков, в результате фонем в идеальном их выражении просто не существует – они реализуются в виде позиционных вариантов – аллофонов, изменчивость которых еще выше. В экспериментальной фонетике существует классификация звуков речи по способу и месту образования, учитывающая, например, степень подъема языка и продвинутости его вперед или назад, положение и степень раскрытия губ, при этом учитывается также характер источника возбуждения и место его образования (для шумных звуков). Данные признаки часто имеют противопоставительный характер (высокий – низкий, передний – задний и т.п.), что дает основание построить систему так называемых дифференциальных признаков, являющихся перспективной системой установления связи между фонетическими и акустическими характеристиками речевых сигналов, необходимой для решения многих задач речевых технологий. Важную роль как при исследовании процессов речеобразования, так и технической реализации каналов речевой коммуникации играют физические и математические модели речевого тракта. Выбор адекватной физической модели и ее математическая формализация позволяют строить системы синтеза речи, то есть машинного генерирования речевого сигнала.

Развитие систем автоматического управления связано с адаптацией к параметрам внешней среды, что позволяет исключить человеческое вмешательство в процесс управления системой. Автоматизация процесса управления наиболее актуальна для систем, которые несут потенциальную и реальную угрозу здоровью или жизни человека (например, заводы перерабатывающей промышленности) или системы, угрозой которым является человек (транспортные системы). Другим направлением автоматизации является сфера информационной безопасности. Существует необходимость в переходе на следующий уровень исключения человеческого фактора – внедрение адаптивных систем, которые позволят перенести процесс защиты информации в совершенно иную плоскость.

Организация адаптивных систем защиты информации строится на применении существующих методов адаптации из других областей научного знания в отношении вопросов информационной безопасности. Особенности такого прикладного применения обобщенных принципов адаптации отражают специфику предметной области, не нарушая общепринятых норм. В данной работе под адаптацией понимается процесс, в ходе которого устанавливается или поддерживается приспособленность системы (то есть поддержание ее основных параметров) при изменении условий внешней и внутренней среды.

Так, принципы организации адаптивных систем защиты информации основываются на модели адаптации систем управления. Рассматриваются два основных вида адаптации:

- параметрическая – коррекция, подстройка параметров систем без изменения принципов работы системы;
- структурная – адаптация структуры модели, допускающая сохранение значений параметров системы.

Помимо классификации видов адаптации систем, необходимо рассмотреть обобщенный алгоритм построения моделей адаптивных систем. Так, в общем виде, он содержит следующие этапы:

1. Исследование методов и моделей адаптации для поиска удовлетворяющих требованиям разрабатываемой системы.
2. Модификация выбранных методов и моделей для корректного функционирования в рамках текущей области применения.
3. Апробация внедрения адаптивных принципов по отношению к разрабатываемой системе и проверка на соответствие итогов планируемому результатам.



Рис. 1. Типовая адаптивная система защиты информации

Вопрос применения принципов адаптивного управления в области информационной безопасности выдвигается не впервые. Анализ предметной области показал, что кроме типовых моделей адаптивной системы защиты информации существуют и прикладные модели, учитывающие особенности конкретных областей защиты информации.

При разработке конкретной модели адаптации СЗИ, необходимо рассмотреть типовую модель адаптивной системы защиты информации (рис. 1) [2]. Данная модель отображает общий подход к функционированию СЗИ с адаптивным управлением без учета особенностей подсистем защиты информации.

Метод адаптации параметров СЗИ

Минимальным необходимым комплексом аппаратных средств защиты является пакет из блока электропитания и управления, генератора-акустоизлучателя и генератора-вибровозбудителя.

Рассмотрим устройство защиты объектов информатизации от утечки информации за счет побочных электромагнитных излучений и наводок (ПЭМИН) «Соната-АВ» модель 4Б. Данная система предназначена для защиты речевой информации в выделенных помещениях от утечки по акустическим, акустовибрационным, акустоэлектрическим и оптико-электронным (лазерным) каналам.

Производство изделия «Соната-АВ» модель 4Б сертифицировано. Первым его системообразующим признаком является построение по принципу «единый источник электропитания в сочетании с генератором-электроакустическим преобразователем (излучателем)». Данный подход предложен, запатентован и апробирован ООО «Анна» (патент № 27442, приоритет от 16.04.2002 г. и свидетельство на полезную модель № 24610 приоритет от 20.05.2002 г.) в 2002 году. Основным положительным следствием такого построения является потенциально более высокая стойкость защиты речевой информации вследствие статистической независимости возбуждения маскирующего шума во всех точках [3 – 8].

Кроме того, такое построение системы акустовибрационной защиты информации (в противовес «классическому» подходу – «центральный генератор в сочетании с электроакустическим преобразователем») существенно упрощает проектирование и монтаж (возможно подключение к одному питающему шлейфу любых сочетаний генераторов-излучателей) и позволяет реализовать при заданном уровне защищенности потенциально меньшее мешающее действие системы

вследствие возможности индивидуальной регулировки интегрального уровня и корректировки спектра каждого генератора-излучателя.

Структурная схема работы устройства «Соната» представлена на рис. 2.

Недостатки устройства «Соната-АВ»:

- дискретное изменение настроек уровней шума и тембра;
- система работает непрерывно, в связи с чем злоумышленник может подбирать уровень шума и методы обработки, чтобы подавить поступающие помехи.

Для устранения перечисленных недостатков предложены метод и модель адаптации параметров СЗИ к амплитуде и тембру субъектов переговоров.

Адаптивные системы защиты информации применяются для защиты акустической информации. Идея заключается в том, чтобы в пределах контролируемой зоны создать область, за пределами которой уровень звука либо отсутствует, либо значительно искажается до неразборчивого состояния.

При работе акустической адаптивной системы можно выделить три аспекта, в значительной мере влияющих на их устройство и эффективность [9]:

1. Выбор алгоритма управления или метода компенсации волнового фронта акустического сигнала, зависящий как от способа компенсации, так и свойств компенсирующего объекта.

2. Пространственные и временные корреляционные функции компенсации волнового фронта, которые во многом определяются основными характеристиками компенсаторной системы – необходимым количеством акустических систем. В значительной степени компенсация определяется выбором датчика волнового фронта акустической волны, его фазовыми искажениями, а также выбором системы управления.

3. Выбор системы датчиков и той информации, на основании которой строится процесс управления.

Сущность метода адаптации характеристик СЗИ заключается в обеспечении заданного уровня словесной разборчивости на границе контролируемой зоны при ограничении параметров помехового сигнала (мощность и ширина спектра). Этапы реализации метода адаптации характеристик СЗИ:

- получение исходных данных (определение границы контролируемой зоны);
- автоматическая оценка амплитуды и тембра субъектов переговоров;
- адаптация параметров выходных элементов средства защиты информации к амплитуде и тембру субъектов переговоров;
- автоматическое поддержание параметров помехового сигнала при изменениях амплитуды и тембра субъектов переговоров.

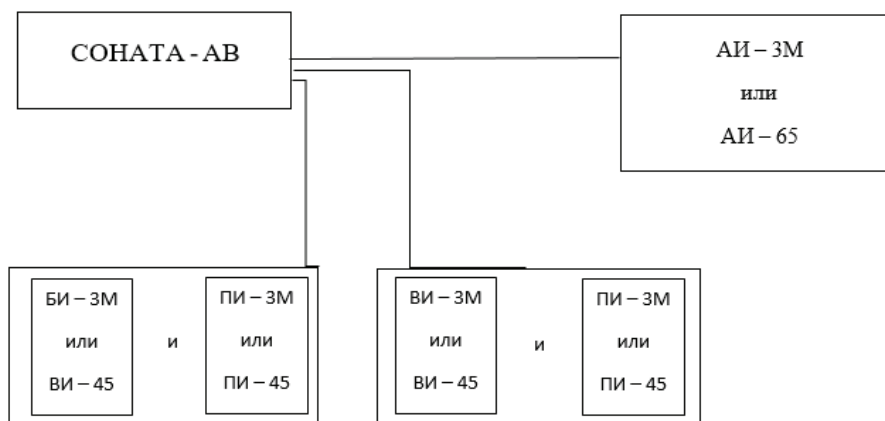


Рис. 2. Структурная схема устройства «Соната-АВ»

Модель адаптации параметров СЗИ

Для реализации метода адаптации характеристик СЗИ необходимо построить модель.

Так как характеристики заранее неизвестны, то в подсистеме подавления используется адаптивная цифровая фильтрация.

Для синтеза фильтра не требуется априорных сведений о сигналах и их статистических или детерминистических взаимосвязях [1].

Выходной сигнал адаптивного СЗИ:

$$e = s + n_0 - y, \quad (1)$$

где s – полезный речевой сигнал; n_0 – аддитивная помеха; y – обработанный сигнал.

Сигнал (1) также служит сигналом ошибки, по которому перестраивается фильтр.

Возведем обе части равенства в квадрат

$$e^2 = s^2 + (n_0 - y)^2 + 2s(n_0 - y). \quad (2)$$

Для обеих частей (2) найдем математическое ожидание и, поскольку s не коррелирован с n_0 и y , получим:

$$E[e^2] = E[s^2] + E[(n_0 - y)^2]. \quad (3)$$

Мощность сигнала $E[s^2]$ не изменяется при перестройке фильтра в процессе минимизации $E[e^2]$. В соответствии с этим минимальная мощность выходного сигнала выражается

$$E_{\min}[e^2] = E[s^2] + E_{\min}[(n_0 - y)^2]. \quad (4)$$

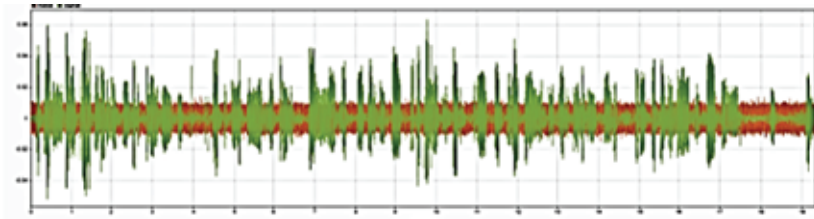
Фильтр построен так, что $E[e^2]$ минимально, следовательно минимально и $E[(n_0 - y)^2]$, в результате выходной сигнал фильтра является наилучшей среднеквадратической оценкой помехи n_0 .

Таким образом, перестройка и адаптация для минимизации общей мощности выходного сигнала равносильна тому, что при заданной структуре адаптивного фильтра и эталонном входном сигнале выходной сигнал изменяется так, чтобы он являлся наилучшим в среднеквадратическом смысле приближением сигнала s [4 – 7].

Анализ модели

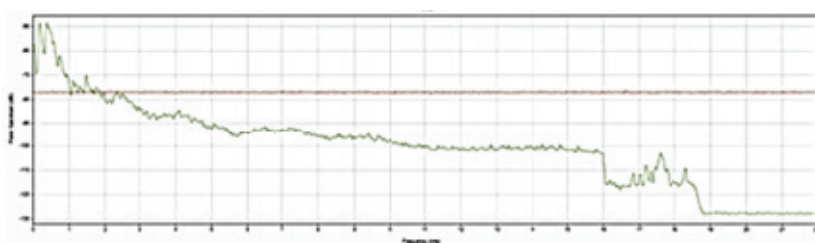
Математическая постановка дает возможность реализации алгоритма в виде модели адаптации параметров помехового сигнала.

Модель реализована в программной среде MATLAB. Результат моделирования (рис. 3) показывает достаточную схожесть данных спектра помехи и адаптированного сигнала.

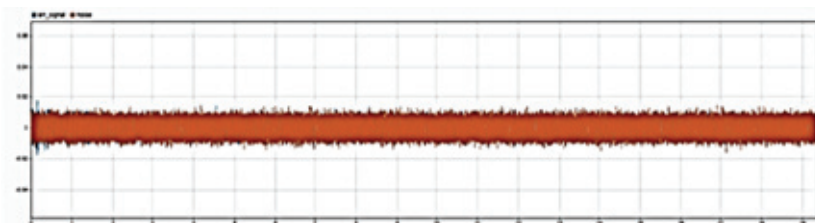


a)

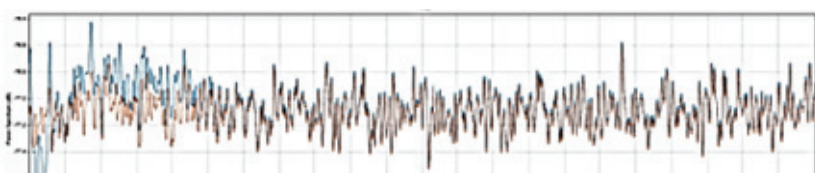
Рис. 3. Результат моделирования (начало):
a – речевой сигнал + помеха



б)



в)



г)

Рис. 3. Окончание:

б – спектр сигнала и помехи; в – помеха и адаптированный сигнал;
г – спектр помехи и адаптированного сигнала

В ходе исследования модели получены спектры речевого сигнала и адаптированного сигнала, а также показаны исходный сигнал, адаптированный сигнал и его смесь с исходным речевым сигналом. Результат моделирования показывает достаточную схожесть данных спектров.

Заключение

Предложен метод адаптации параметров средства защиты информации к характеристикам субъектов переговоров, сущность которого заключается в обеспечении заданного уровня словесной разборчивости на границе контролируемой зоны при ограничении параметров помехового сигнала (мощность и ширина спектра).

Разработана и реализована в математическом пакете MATLAB модель изменения параметров средств защиты информации для обеспечения заданного уровня защищенности офисного помещения. Результат моделирования показывает схожесть спектров помехи и адаптированного сигнала. Дальнейшее направление исследования предложенного метода будет продолжено разработкой алгоритмов функционирования модели и оценки эффективности системы интеллектуального управления защитой информации, при моделировании (при искусственном зашумлении сигнала) с генерируемыми задержками и уровнем мощности удалось

спрогнозировать помеху до ее появления и выполнить адаптацию, исключив речевой сигнал из усилительного тракта. Отфильтрованный сигнал соответствовал исходной помехе.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 20-3790146\20.

Список литературы

1. Уидроу, Б. Адаптивная обработка сигналов : пер. с англ. / Б. Уидроу, С. Стирнз ; под ред. В. В. Шахгильдяна. – М. : Радио и связь, 1989. – 440 с.
2. Левкин, И. М. Типовая структура и состав адаптивной системы защиты информации большой информационной систем. – Текст : электронный / И. М. Левкин, А. А. Володина. – URL : http://ubs.mtas.ru/bitrix/components/bitrix/forum.interface/show_file.php?fid=16693 (дата обращения: 21.04.2022).
3. Артюшенко, В. М. Алгоритмы адаптивной нелинейной обработки сигналов блоками нелинейного преобразования дискриминаторов с прямой и обратной связью. – Текст : электронный / В. М. Артюшенко, В. И. Воловач // Журнал радиоэлектроники : электронный журнал. – 2018. – № 3. – 29 с. – URL : <http://jre.cplire.ru/jre/mar18/10/text.pdf> (дата обращения: 21.04.2022).
4. Адаптивная компенсация помех обратного акустического тракта в процессе эксплуатации конференц-систем / К. В. Кондратьев, О. В. Непомнящий, А. Ф. Шишкина, В. Н. Сергеевич // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2014. – № 3. – С. 53 – 59.
5. Сергиенко, А. Б. Цифровая обработка сигналов / А. Б. Сергиенко. – СПб. : Питер, 2003. – 608 с.
6. Шишкина, А. Ф. Об одном способе подавления шумов в переговорных устройствах / А. Ф. Шишкина, А. Л. Галиев, А. Н. Ликонцев // Авиакосмическое приборостроение. – 2015. – № 10. – С. 31 – 35.
7. Метод подавления акустической обратной связи на основе цифрового фильтра предварительного вычисления сигнала коррекции / О. В. Непомнящий, В. Б. Дрыжак, К. В. Кондратьев [и др.] // Информационно-измерительные и управляющие системы. – 2012. – Т. 10, № 3. – С. 19 – 22.
8. Репин, В. Г. Статистический синтез при априорной неопределенности и адаптации информационных систем / В. Г. Репин, Г. П. Тартаковский. – М. : Советское радио, 1977. – 432 с.
9. Алексеев, В. В. Сравнительная характеристика методов разборчивости речи / В. В. Алексеев, А. В. Яковлев, М. В. Моисеева // Современные технологии в задачах управления, автоматизации и обработки информации : материалы XXVIII Междунар. науч.-техн. конф., 14 – 20 сентября 2019 г., Алушта. – М., 2019. – С. 85–86.

A Method for Adapting the Parameters of Information Security Tools Using a Discrete Change in the Amplitude and Timbre of the Subjects of Negotiations

M. V. Volchikhina

*Department of Information Systems and Information Security,
mariyamoiseva@mail.ru; TSTU, Tambov, Russia*

Keywords: adaptation of parameters of the information security tool; adaptive information security systems; Information Security; organization of information security systems; typical model of an adaptive information security system.

Abstract: A method is proposed for adapting the parameters of information security means based on a discrete change in the amplitude and timbre of the subjects of negotiations. The shortcomings of modern noise suppressors from the world's leading manufacturers are noted. Based on the adaptation method, a mathematical model has been developed for changing the parameters of information security tools to ensure a given level of office space security.

References

1. Uidrou B., Stirnz S., Shakhgil'dyan V.V. [Ed.] *Adaptivnaya obrabotka signalov* [Adaptive signal processing], Moscow: Radio i svyaz', 1989, 440 p. (In Russ.)
2. http://ubs.mtas.ru/bitrix/components/bitrix/forum.interface/show_file.php?fid=16693 (accessed 21 April 2022).
3. <http://jre.cplire.ru/jre/mar18/10/text.pdf> (accessed 21 April 2022).
4. Kondrat'yev K.V., Nepomnyashchiy O.V., Shishkina A.F., Sergeyevich V.N. [Adaptive noise compensation of the return acoustic path during the operation of conference systems], *Pribory i sistemy. Upravleniye, kontrol', diagnostika* [Instruments and Systems. Management, control, diagnostics], 2014, no. 3, pp. 53-59. (In Russ., abstract in Eng.)
5. Sergiyenko A.B. *Tsifrovaya obrabotka signalov* [Digital signal processing], St. Petersburg: Piter, 2003, 608 p. (In Russ.)
6. Shishkina A.F., Galiyev A.L., Likontsev A.N. [About one method of noise suppression in intercoms], *Aviakosmicheskoye priborostroyeniye* [Aerospace Instrumentation], 2015, no. 10, pp. 31-35. (In Russ., abstract in Eng.)
7. Nepomnyashchiy O.V., Dryzhak V.B., Kondrat'yev K.V., Matyukha N.V., Sergeyevich V.N. [The method of acoustic feedback suppression based on the digital filter of preliminary calculation of the correction signal], *Informatsionno-izmeritel'nyye i upravlyayushchiye sistemy* [Information-measuring and control systems], 2012, vol. 10, no. 3, pp. 19-22. (In Russ., abstract in Eng.)
8. Repin V.G., Tartakovskiy G.P. *Statisticheskyy sintez pri apriornoy neopredelennosti i adaptatsii informatsionnykh sistem* [Statistical synthesis with a priori uncertainty and adaptation of information systems], Moscow: Sovetskoye radio, 1977, 432 p. (In Russ.)
9. Alekseyev V.V., Yakovlev A.V., Moiseyeva M.V. *Sovremennyye tekhnologii v zadachakh upravleniya, avtomatiki i obrabotki informatsii* [Modern technologies in tasks of control, automation and information processing], Proceedings of the XXVIII International Scientific and Technical conference, 14 - 20 September, 2019, Alushta, Moscow, 2019, pp. 85-86. (In Russ.)

Die Methode der Anpassung der Parameter von Informationssicherheitsmittel aufgrund der diskreten Änderung der Amplitude und der Klangfarbe der Subjekte der Verhandlungen

Zusammenfassung: Es ist ein Verfahren zum Anpassen der Parameter von Informationssicherheitsmitteln basierend auf einer diskreten Änderung in der Amplitude und Klangfarbe der Verhandlungssubjekte vorgeschlagen. Die Mängel moderner Störsignalunterdrücker von weltweit führenden Herstellern sind angemerkt. Auf der Grundlage der Anpassungsmethode ist ein mathematisches Modell der Änderung der Parameter von Informationssicherheitswerkzeugen entwickelt, um ein bestimmtes Sicherheitsniveau für Büroräume zu gewährleisten.

Méthode d'adaptation des paramètres des moyens de protection de l'information à la base d'un changement discret de l'amplitude et du timbre des sujets de négociation

Résumé: Est proposée une méthode d'adaptation des paramètres des moyens de protection de l'information basée sur un changement discret de l'amplitude et du timbre des sujets de la négociation. Sont notés les inconvénients des supprimeurs d'interférences modernes des principaux fabricants mondiaux. A la base de la méthode d'adaptation, est mis au point un modèle mathématique de la modification des paramètres des outils de protection de l'information afin d'assurer un niveau de sécurité spécifié de l'espace de bureau.

Автор: *Волчихина Мария Владимировна* – аспирант кафедры Информационные системы и защита информации», ФГБОУ ВО «ТГТУ», Тамбов, Россия.