

ПОВЫШЕНИЕ ЗАЩИЩЕННОСТИ ИНФОРМАЦИИ ОТ УТЕЧКИ ЧЕРЕЗ ПОБОЧНЫЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ИЗЛУЧЕНИЯ

Паршуткин А.В.¹, Неаскина М.Р.²

Аннотация

Цель статьи: разработка программно-реализуемых способов повышения защищенности информации от утечки через побочные электромагнитные излучения видеосистемы стандарта DVI.

Метод исследования: поиск градаций яркости основных цветов RGB формирующих близкие уровни побочных электромагнитных излучений методом перебора экспериментальных данных, полученных из фрагментов восстановленного изображения.

Полученные результаты: в первой части статьи дан обзор и анализ литературы, посвященной особенностям функционирования видеоинтерфейса стандарта DVI. Рассмотрены основные характеристики алгоритма кодирования TMDS, которые могут влиять на параметры побочных электромагнитных излучений видеоинтерфейса современных средств вычислительной техники. Во второй части статьи представлена экспериментальная установка для анализа связи зрительного контраста изображения и изменения интенсивности побочных электромагнитных излучений видеосистемы стандарта DVI. На основе экспериментального сравнения значений интенсивности побочных электромагнитных излучений для различных оттенков цвета, задаваемых RGB комбинациями, показана возможность использования таких пар комбинаций оттенков цвета, которые, с одной стороны, приемлемы для восприятия информации оператором, а, с другой стороны, имеют практически неразличимые уровни побочных электромагнитных излучений. В третьей части статьи представлен разработанный авторами способ повышения защищенности информации от утечки через побочные электромагнитные излучения видеосистемы стандарта DVI. Показана возможность реализации предложенного способа для снижения информативности побочных электромагнитных излучений видеосистемы при выводе двухцветных изображений.

Ключевые слова: программно-определяемое радио, алгоритм кодирования TMDS, технический канал утечки информации, интерфейс DVI, программно-реализуемые меры защиты информации, RGB комбинация оттенка цвета, видеосистема.

DOI: 10.21681/2311-3456-2022-3-82-89

Введение

Одним из условий обеспечения безопасности конфиденциальной информации является предотвращение утечки по техническим каналам. При обработке информации средствами вычислительной техники создаются побочные электромагнитные излучения (ПЭМИ), которые могут сформировать технический канал утечки информации.

Исследованиям технических каналов утечки конфиденциальной информации через ПЭМИ и разработке способов защиты информации посвящено большое количество работ [1-12]. Исследуются ПЭМИ различных интерфейсов современных персональных

электронно-вычислительных машин (ПЭВМ): от съемных носителей информации, использующих интерфейс USB [4, 5], клавиатур [6, 7], накопителей жестких магнитных дисков [8]. Однако, наибольшие уровни ПЭМИ при работе ПЭВМ формируются видеотрактом при выводе информации на экран монитора [1-3, 9-12].

Технологии аналогово-цифровой обработки данных дают возможность приема и восстановления информации по ПЭМИ современных стандартов визуальных интерфейсов. Software Defined Radio (SDR-приемник) USRP B210 применялся при исследовании видеотракта стандарта VGA [11]. В статье [12] описа-

1 Паршуткин Андрей Викторович, доктор технических наук, профессор, старший научный сотрудник Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: andydc2010@mail.ru

2 Неаскина Марина Радиковна, инженер Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: neaskina.marina@yandex.ru

на экспериментальная установка с использованием программно-определяемой радиосистемы RTL-SDR при анализе ПЭМИ видеосистемы стандарта DVI.

Высокие уровни побочных электромагнитных излучений от видеотрактов обуславливают необходимость разработки способов защиты информации от утечки. Метод экранирования [13] может обеспечить высокую результативность защиты информации, однако данное направление требует изготовления специальных гальванически замкнутых корпусов, фильтров и других дополнительных элементов защиты информации, которые существенно увеличивают стоимость защищенного ПЭВМ.

Другим способом защиты информации от утечки по каналу ПЭМИ является метод радиомаскировки. Используются генераторы шума, создающие помехи, перекрывающие информативный сигнал [14, 15]. Данный способ защиты имеет недостатки, связанные с высокой средней мощностью излучения. Уровни шумовых излучений могут вступать в противоречие с санитарными нормами и правилами при работе с источниками электромагнитных полей высоких частот, а также с требованиями обеспечения электромагнитной совместимости.

Вместе с тем известно, что существуют методы программного управления характеристиками ПЭМИ³. Данное свойство ПЭМИ может быть использовано в интересах защиты информации через снижение информативности ПЭМИ.

Цель данной работы – это поиск способов повышения защищенности информации от утечки через побочные электромагнитные излучения (ПЭМИ) видеосистемы стандарта DVI на основе программно-реализуемых мер пассивной защиты информации.

Анализ интерфейса передачи данных стандарта DVI как источника ПЭМИ

На сегодняшний день существует четыре основных стандарта интерфейсов передачи видеоданных – Video Graphics Array (VGA), Low-Voltage Differential Signaling (LVDS), Digital Visual Interface (DVI), High-Definition Multimedia Interface (HDMI). Первый интерфейс передачи видеопотока от монитора к ПК использовал стандарт VGA. Далее появился стандарт LVDS. Для его замены компанией Digital Display Working Group (DDWG) в 1999 году был создан цифровой визуальный интерфейс DVI. Стандартом HDMI исполь-

зуется формат передачи данных, заимствованный из стандарта DVI.

В видеотракте стандарта DVI используется последовательность и содержание передаваемых данных такие же, как и в VGA, унаследованные из систем телевизионной развертки. Последовательность передаваемых пикселей соответствует развертке слева направо и сверху вниз. Перед каждым кадром и строкой передаются вертикальные и горизонтальные синхросигналы. Стандарты VGA и DVI используют передачу данных о каждом пикселе по трем каналам цветности стандартных цветов RGB. В каждом канале цветности последовательно передается одна из 256 градаций интенсивности. В отличие от стандарта VGA с аналоговыми сигналами, DVI использует двоичные сигналы и алгоритм кодирования Transition Minimized Differential Signaling (TMDS).

TMDS – это алгоритм кодирования, цель которого минимизация перепадов уровней, в котором восемь бит каждого канала кодируются в 10 бит с помощью двухэтапного процесса.

На первом этапе первый бит остается неизменным. Далее выполняется кодирование восьмибитовой последовательности с операциями выбора применения «исключающего ИЛИ» XOR или «исключающего НЕ» XNOR к текущему биту входа и предыдущему биту выхода. Причем, при выполнении операции XOR последнему биту присваивается значение «1», а при операции XNOR присваивается значение «0». Выбор операции осуществляется с целью минимизации числа переходов. Младший бит сохраняется неизменным, что позволяет приемнику восстановить исходную последовательность, просто повторив преобразование. При декодировании младший бит также не изменяется.

На втором этапе, в случае необходимости, выполняется обращение (инвертирование) последовательности. Десятый бит указывает на наличие обращения. Обращение бит выполняется в случае значительного рассогласования потока данных, т.е. превышения одного значения бит (например, 1) над другим. Таким образом, поток балансируется. Декодирование выполняется обращением девяти битовой последовательности, если установлен десятый бит.

При формировании электрических сигналов интерфейса стандарта DVI может использоваться один из двух режимов передачи данных.

Первый режим использует несимметричный сигнал, формируемый только на одной из двух дифференциальных линий (либо на «+», либо на

3 Markus Kuhn, Ross Anderson, Soft TEMPEST: Hidden Data Transmission Using Electromagnetic Emanations // David Aucsmith (Ed.): Information Hiding 1998, LNCS 1525, pp. 124-142, 1998, Springer-Verlag, 1998

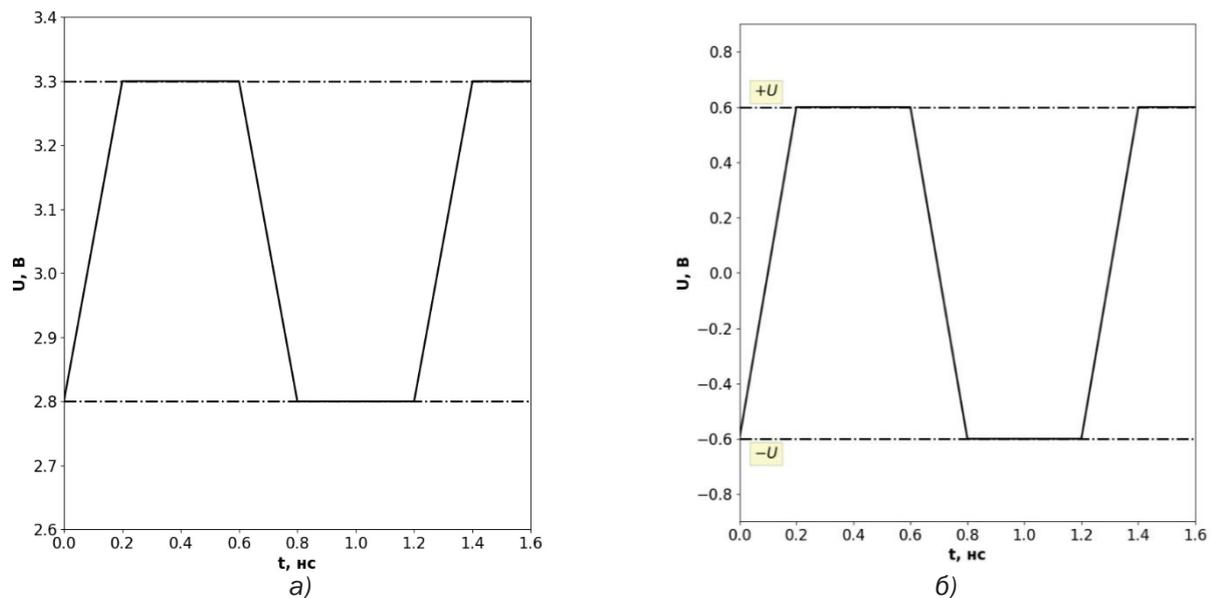


Рис. 1. Электрические характеристики TMDS

«-»). Высокому уровню несимметричного сигнала соответствует питающее напряжение – U_{max} , номинальное значение которого составляет $3,3В \pm 5\%$. Низкий уровень несимметричного сигнала равен $U_{max} - U$, где U – это напряжение размаха сигнала, который находится в диапазоне от 0,4В до 0,6В. Пример несимметричного сигнала, передаваемого по дифференциальным линиям TMDS представлен на (рис. 1а).

Во втором режиме применяется дифференциальный сигнал. При этом текущее значение сигнала находится в диапазоне между $+U$ и $-U$, то есть от 0,6В до -0,6В. Пример используемого дифференциального сигнала представлен (рис. 1б).

Алгоритм кодирования TMDS реализуется в трех каналах данных, которые несут восемь бит информации на три канала цветов (RGB). Таким образом, создается информация о цвете для каждого пикселя в 24-битном потоке. Это позволяет получить 256 уровней яркостей на каждый цвет. Передатчик TMDS отправляет последовательные сигналы по четырем разным проводникам кабеля: один – для тактового сигнала, три – для RGB.

Интерфейс DVI может поддерживать как один канал, так и два канала TMDS. При двухканальном TMDS увеличивается информация до шестнадцати бит на каждый цвет, или передается информация о большем чем в FULLHD формате числе пикселей системы отображения информации. Использование двухканального TMDS применяется на частоте видеосигнала свыше 165 МГц.

Алгоритм кодирования TMDS обеспечивает снижение уровней ПЭМИ в сочетании с высокой пропускной способностью интерфейса DVI за счет расширения полосы занимаемых частот, что достигается передачей интенсивности излучения кодовой комбинацией из десяти бит. При этом время передачи информации об одном пикселе сохраняется неизмеримым с временем передачи импульса яркости одного пикселя в стандарте VGA. Это приводит к десятикратному расширению полосы частот ПЭМИ и соответствующему снижению его спектральной плотности. Кроме того, TMDS использует дифференциальную передачу данных с уменьшенным числом переходов сигналов из состояния «0» в состояние «1» или обратно, что является хорошо известным методом снижения внеполосных излучений передатчиков при высоких скоростях передачи информации по радиоканалу [16].

Поскольку при регистрации ПЭМИ отдельный прием излучений от различных каналов цветности невозможен, нарушитель может получить доступ только к суммарной интенсивности излучения образованного суперпозицией электромагнитных полей от трех каналов цветности RGB, излучаемых одновременно.

Предлагается для разработки программно-реализуемого способа пассивной защиты информации от утечки через ПЭМИ видеосистемы стандарта DVI использовать связь регистрируемой суммарной интенсивности ПЭМИ с текущим вариантом отображаемого оттенка цвета на экране монитора.

Экспериментальный анализ связи зрительного контраста изображения и изменения интенсивности ПЭМИ

Для анализа связи зрительного контраста изображения и изменения интенсивности ПЭМИ видеосистемы стандарта DVI была собрана экспериментальная установка, схема которой представлена (рис. 2).

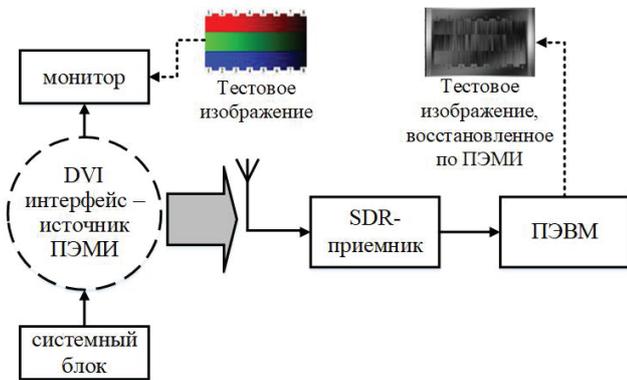


Рис. 2. Схема экспериментальной установки

Для формирования графической информации использовалось текстовое изображение. Видеопоток данных с тестовыми изображениями передается от монитора к системному блоку с помощью видеоинтерфейса, использующего стандарт DVI, который формирует побочное электромагнитное излучение. Данное излучение принимается с помощью антенны и подается на приемное SDR-устройство, в котором происходит аналого-цифровое преобразование принятых сигналов. Далее, регистрируются синфазные и квадратурные составляющие входного процесса с помощью специального программного обеспечения, разработанного на базе GNUradio и python.

Регистрируемая входная реализация содержит сигнал ПЭМИ, фоновые шумы и помехи, а также собственные шумы приемника. Поскольку ПЭМИ содержит периодически повторяющиеся элементы в виде строчных и кадровых синхрогрупп, то для их выявления строится автокорреляционная функция (АКФ) входной реализации. Интервал между двумя максимумами АКФ соответствует количеству отсчетов, приходящихся на одну строку изображения. Затем выполняется построчная развертка восстанавливаемого кадра.

Для улучшения качества восстанавливаемого изображения записанная реализация сигнала ПЭМИ разбивается на совокупность кадров, из которой формируется один кадр путем усреднения значений каждого отдельного отсчета.

При исследовании связи кодировки, используемой в алгоритме TMDS, и интенсивности ПЭМИ, восстанавливалось тестовое изображение, показанное на рис. 3. Графическая информация содержит три шкалы градаций яркости основных цветов RGB от светлого оттенка к темному. Для анализа уровней зрительного контраста тестовое изображение сопровождается линейкой, в которой каждому делению соответствует 8 градаций яркости и соответственно 8 разных TMDS кодов в каждом из каналов цветности видеотракта.

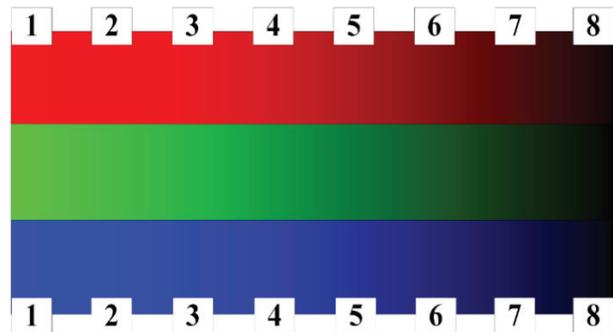


Рис. 3. Тестовое изображение, отображаемое на мониторе

Далее было восстановлено тестовое изображение и выполнено межкадровое накопление, с целью повышения качества изображения.

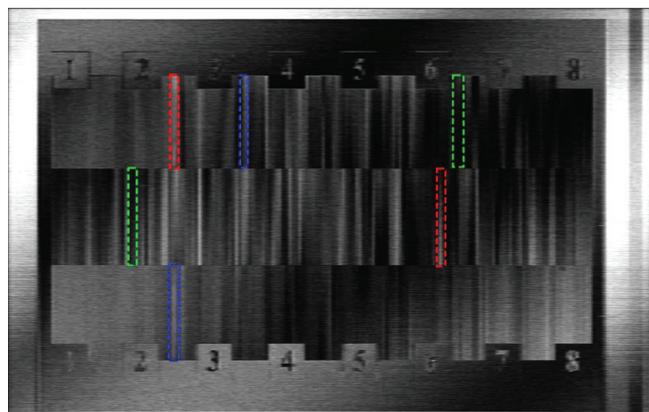


Рис. 4. Пример восстановления тестового изображения

На рис.4 показано восстановленное изображение, которое демонстрирует широкий разброс яркости регистрируемого ПЭМИ даже для одинаковых кодировок, но в разных каналах яркости. При этом всегда существует возможность подобрать области ярких и светлых участков палитры имеющих практически неразличимые уровни ПЭМИ. Например, синим пунктиром на

рис. 4 выделены области равной интенсивности ПЭМИ соответствующие фрагментам тестового изображения с оттенками цвета, задаваемыми RGB комбинациями 0-0-52 и 86-0-0. Красным и зеленым пунктиром выделены области с оттенками цвета: 0-201-0 и 50-0-0, а также 213-0-0 и 0-40-0. Все выбранные пары кодовых комбинаций имеют различные плотности разных цветов и близкие уровни ПЭМИ.

Сравнение представленных на рис. 3 и 4 изображений демонстрируют возможность выбора таких оттенков цвета, которые будут приемлемыми для восприятия информации оператором и снизят вероятность перехвата ПЭМИ нарушителем.

Способ повышения защищенности информации

Способ повышения защищенности информации от утечки через побочные электромагнитные излучения видеосистемы стандарта DVI реализуется выполнением в разработанном СПО следующих операций:

- регистрируются отсчеты синфазных и квадратурных составляющих входного процесса приемника и строится автокорреляционная функция (АКФ) аддитивной смеси ПЭМИ и шумов;
- определяется количество отсчетов между двумя соседними максимумами, приходящихся на одну строку зарегистрированного изображения;
- формируется построчная развертка принятой реализации, при которой для последующего отображения принятой реализации в градациях серого цвета каждому отсчету сигнала ставится в соответствие число от 0 до 255;
- анализируется построенная построчная развертка и наличие периодических пиков АКФ для определения числа отсчетов, приходящихся на один кадр изображения;
- определяется начальный отсчет и строится один полный кадр изображения;
- выполняется межкадровое накопление для повышения отношения сигнал-шум;
- проводится сопоставление оттенков тестового изображения и уровня, регистрируемого ПЭМИ;
- выбирается такая пара оттенков цвета, которая с одной стороны формирует равные уровни регистрируемого ПЭМИ, а с другой стороны обеспечивает приемлемый для оператора контраст выводимого на монитор двухцветного изображения;
- выбранная пара оттенков используется для настройки цветовой палитры вывода конфиденциальной информации в виде двухцветных текстов или изображений на экран монитора.

Так как снижение контраста, регистрируемого ПЭМИ, эквивалентно снижению отношения сигнал-шум при работе системы распознавания отображаемой на экран монитора информации, то это приводит либо к снижению вероятности утечки информации через побочные электромагнитные излучения видеосистемы стандарта DVI, либо к полной невозможности использования ПЭМИ потенциальным нарушителем.

Для демонстрации работоспособности предложенного способа был сформирован тестовый пример вывода двухцветной информации (рис. 5) в виде набора текстовых символов в четырех вариантах цветовых оттенков для текста и фона. Варианты цветовых оттенков определялись максимальным контрастом – черно-белый текст и тремя вариантами оттенков, имеющих минимальные различия в уровнях ПЭМИ, отмеченными пунктиром на рис. 4.



Рис. 5. Тестовый пример вывода двухцветной информации

Восстановленные изображения тестового примера вывода двухцветной информации, зарегистрированные по каналу ПЭМИ представлены на рис. 6.



Рис. 6. Примеры восстановленного изображения с канала ПЭМИ

Сравнение рисунков 5 и 6 показывает, что не все сочетания близких по яркости фрагментов восстановленного изображения обеспечивают одинаковое снижение контраста ПЭМИ, однако во всех выбранных парах комбинаций оттенков величина контраста ПЭМИ снижается, что соответствует снижению информативности ПЭМИ.

Выводы

Таким образом, на основе сравнения значений интенсивности ПЭМИ для различных оттенков цвета, задаваемых RGB комбинациями, показана возможность использования таких пар RGB комбинаций, которые будут приемлемыми для восприятия информации оператором и снизят вероятность перехвата ПЭМИ нарушителем, либо позволят уменьшить требуемую мощность излучения системы активного зашумления ПЭМИ видеосистемы стандарта DVI.

Литература

1. Чабанов И.Д., Полянский Д.А. Сравнение опасности перехвата обрабатываемой информации при использовании видеointерфейсов VGA, DVI и HDMI / Под редакцией А.В. Ефимова, Т.И. Монастырской, И.В. Балабан. – Новосибирск: Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2021. – С.13-16
2. Антясов И.С., Асяев Г.Д., Уфимцев М.С. Исследование побочных электромагнитных излучений монитора с помощью RTL-SDR приемника // Вестник УрФО. Безопасность в информационной сфере. 2019. № 4(34). С. 15-21. DOI 10.14529/secur190402.
3. Хорев А.А., Феизов С.А. Экспериментальные исследования возможности перехвата текстовых изображений, выводимых на экран монитора // Радиозлектронные устройства и системы для инфокоммуникационных технологий - РЭУС-2020, Москва, 27 – 29 мая 2020 года. С. 259-264.
4. Баюшкин С.С. Исследование возможности перехвата побочных электромагнитных излучений съёмных носителей персональных компьютеров USB 2.0 // Вестник современных исследований. 2018. № 8.3(23). С. 207-212.
5. Паршин Д.А., Ярьско А.П., Остапенко А.П. Защита USB-flash-носителей от утечек информации по каналу побочных электромагнитных излучений / Безопасность информационного пространства - 2017.С. 113-116.
6. Казанцев И.С. О возможном подходе к аутентификации пользователя по клавиатурному почерку на основе ПЭМИ клавиатуры / Безопасные информационные технологии: Сборник трудов Одиннадцатой международной научно-технической конференции, Москва, 06–07 апреля 2021 г. 2021. С. 130-134.
7. Персичкин А.А., Персичкина Н.В., Шпилевая Н.В. Особенности образования ПЭМИН в клавиатуре компьютера с точки зрения обеспечения информационной безопасности // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Серия: Физико-математические и технические науки. 2021. № 1. С. 31-37.
8. Субботин С.Д., Поршнев С.В., Пономарева О.А. Исследование поведения информативных сигналов от накопителя на жестких магнитных дисках при обработке информации в разных областях диска // Вестник УрФО. Безопасность в информационной сфере. 2020. № 1(35). С. 5-11. DOI 10.14529/secur200101.
9. Милько Д.С. Современное состояние исследований, связанных с утечкой информации по каналам побочных электромагнитных излучений и наводок // Информационные технологии и математическое моделирование в управлении сложными системами. 2020. № 1(6). С. 52-63. DOI 10.26731/2658-3704.2020.1(6).52-63.
10. Буневич М.А., Майоров А.И., Мармузевич М.А., Врублевский И.А. Побочные электромагнитные излучения от средств вычислительной техники как угроза утечки информации // редколлегия: В.А. Богущ. – Минск: Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, 2020. С. 318-319.
11. Иванов А.В., Огнев И.А., Никитина Е.Е., Меркулов Л.В. Применение технологии SDR (Software Defined Radio) для восстановления сигналов побочных электромагнитных излучений видеотракта // Безопасность цифровых технологий. 2021. № 4(103). С. 72-90. DOI 10.17212/2782-2230-2021-4-72-90.
12. Паршуткин А.В., Сиротин И.Н., Фомин А.В., Копалов Ю.Н. Анализ структуры сигналов побочных электромагнитных излучений видеосистемы стандарта DVI методом программного приема // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2018. № 5 (167). С. 35-41. DOI: 10.14489/vkit.2018.05.pp.035-041.
13. Ратников К.А., Персиков Е.А. Анализ экранирования электромагнитного поля в аппаратуре специального назначения / Пензенский государственный университет. 2021. С. 70-76.
14. Гушарин Е.А., Оборин С.А., Фоминых Ю.С. Анализ генераторов шума для защиты информации по каналу ПЭМИ // Инновационные технологии: теория, инструменты, практика. 2017. Т. 1. С. 235-241.
15. Паршуткин А.В., Левин Д.В., Зайцев С.А., Егин А.В. Применение структурных помех для защиты информации от утечки по каналу побочных электромагнитных излучений // Труды СПИИРАН. 2018. № 3(58). С. 160-181. DOI 10.15622/sp.58.7.
16. Кузнецов И.В., Филатов П.Е. Аспекты построения группового кодека с дифференциальной импульсно-кодовой модуляцией сигналов для многоканальных систем связи // Т-Сотм: Телекоммуникации и транспорт. 2016. Т. 10. № 2. С. 34-39.

INCREASING THE SECURITY OF INFORMATION FROM LEAKAGE THROUGH SIDE ELECTROMAGNETIC EMISSIONS

Parshutkin A.V.⁴, Neaskina M.R.⁵

Abstract

The purpose of the article: development of software-implemented ways to increase the security of information from leakage through spurious electromagnetic radiation of a DVI video system.

Research method: search for brightness gradations of RGB primary colors that form similar levels of spurious electromagnetic radiation by enumeration of experimental data obtained from fragments of the reconstructed image.

Results: the first part of the article provides a review and analysis of the literature on the features of the functioning of the video interface of the DVI standard. The main characteristics of the TMDS coding algorithm, which can affect the parameters of spurious electromagnetic radiation of the video interface of modern computer technology, are considered. The second part of the article presents an experimental setup for analyzing the relationship between the visual contrast of an image and changes in the intensity of electromagnetic spurious emissions from a DVI video system. On the basis of an experimental comparison of the intensity values of side electromagnetic radiation for different color shades specified by RGB combinations, the possibility of using such pairs of color tone combinations that, on the one hand, are acceptable for the perception of information by the operator, and, on the other hand, have practically indistinguishable levels of side effects, is shown. electromagnetic radiation. The third part of the article (this is for the existing one) presents a method developed by the authors to increase the security of information from leakage through spurious electromagnetic radiation of a DVI video system. The possibility of implementing the proposed method for reducing the information content of spurious electromagnetic radiation of a video system when displaying two-color images is shown.

Keywords: software-defined radio, TMDS coding algorithm, technical information leakage channel, DVI interface, software-implemented information security measures, RGB color tint combination, video system.

References

1. Chabanov I.D., Poljanskij D.A. Sravnenie opasnosti perehvata obrabatyvaemoj informacii pri ispol'zovanii videointerfejsov VGA, DVI i HDMI / Pod redakciej A.V. Efimova, T.I. Monastyrskoj, I.V. Balaban. – Novosibirsk: Sibirskij gosudarstvennyj universitet telekommunikacij i informatiki, 2021. – S.13-16
2. Antjasov I.S., Asjaev G.D., Ufimcev M.S. Issledovanie pobochnyh jelektromagnitnyh izluchenij monitora s pomoshh'ju RTL-SDR priemnika // Vestnik UrFO. Bezopasnost' v informacionnoj sfere. 2019. № 4(34). S. 15-21. DOI 10.14529/secur190402.
3. Horev A.A., Feizov S.A. Jeksperimental'nye issledovanija vozmozhnosti perehvata tekstovyh izobrazhenij, vyvodimyh na jekran monitora // Radiojelektronnye ustrojstva i sistemy dlja infokommunikacionnyh tehnologij - RJeUS-2020, Moskva, 27–29 maja 2020 goda. S. 259-264.
4. Bajushkin C.C. Issledovanie vozmozhnosti perehvata pobochnyh jelektromagnitnyh izluchenij s#jomnyh nositelej personal'nyh komp'juterov USB 2.0 // Vestnik sovremennyh issledovanij. 2018. № 8.3(23). S. 207-212.
5. Parshin D.A., Jares'ko A.P., Ostapenko A.P. Zashhita USB-flash-nositelej ot utechek informacii po kanalu pobochnyh jelektromagnitnyh izluchenij / Bezopasnost' informacionnogo prostranstva - 2017.S. 113-116.
6. Kazancev I.S. O vozmozhnom podhode k autentifikacii pol'zovatelja po klaviaturnomu pocherku na osnove PJeMI klaviaturny / Bezopasnye informacionnye tehnologii: Sbornik trudov Odinnadcatoj mezhdunarodnoj nauchno-tehnicheskoy konferencii, Moskva, 06–07 aprelja 2021 g. 2021. S. 130-134.
7. Persichkin A.A., Persichkina N.V., Shpilevaja N.V. Osobennosti obrazovanija PJeMIN v klaviature komp'jutera s točki zrenija obespechenija informacionnoj bezopasnosti // Vestnik Baltijskogo federal'nogo universiteta im. I. Kanta. Serija: Fiziko-matematicheskie i tehnicheskie nauki. 2021. № 1. S. 31-37.
8. Subbotin S.D., Porshnev S.V., Ponomareva O.A. Issledovanie povedenija informativnyh signalov ot nakopitelja na zhestkih magnitnyh diskah pri obrabotke informacii v raznyh oblastjakh diska // Vestnik UrFO. Bezopasnost' v informacionnoj sfere. 2020. № 1(35). S. 5-11. DOI 10.14529/secur200101.

4 Andrey V. Parshutkin, Dr.Sc. (of Tech.), Professor, Senior Researcher Military Space Academy A.F. Mozhaisky, Saint Petersburg, Russia. E-mail: andydc2010@mail.ru

5 Marina R. Neaskina, engineer Military Space Academy A.F. Mozhaisky, Saint Petersburg, Russia, E-mail: neaskina.marina@yandex.ru

9. Mil'ko D.S. Sovremennoe sostojanie issledovanij, svjazannyh s utechkoy informacii po kanalam pobochnyh jelektromagnitnyh izluchenij i navodok // Informacionnye tehnologii i matematicheskoe modelirovanie v upravlenii slozhnymi sistemami. 2020. № 1(6). S. 52-63. DOI 10.26731/2658-3704.2020.1(6).52-63.
10. Bunevich M.A., Majorov A.I., Marmuzevich M.A., Vrublevskij I.A. Pobochnye jelektromagnitnye izluchenija ot sredstv vychislitel'noj tehniki kak ugroza utechki informacii // redkollegija: V.A. Bogush. – Minsk: Belorusskij gosudarstvennyj universitet informatiki i radioelektroniki, 2020. S. 318-319.
11. Ivanov A.V., Ognev I.A., Nikitina E.E., Merkulov L.V. Primenenie tehnologii SDR (Software Defined Radio) dlja vosstanovlenija signalov pobochnyh jelektromagnitnyh izluchenij videotrakta // Bezopasnost' cifrovych tehnologij. 2021. № 4(103). S. 72-90. DOI 10.17212/2782-2230-2021-4-72-90.
12. Parshutkin A.V., Sirotin I.N., Fomin A.V., Kopalov Ju.N. Analiz struktury signalov pobochnyh jelektromagnitnyh izluchenij videosistemy standarta DVI metodom programmnoho priema // Vestnik komp'juternyh i informacionnyh tehnologij. 2018. № 5 (167). S. 35-41. DOI: 10.14489/vkit.2018.05.pp.035-041.
13. Ratnikov K.A., Persikov E.A. Analiz jekranirovanija jelektromagnitnogo polja v apparature special'nogo naznachenija / Penzenskij gosudarstvennyj universitet. 2021. S. 70-76.
14. Gushharin E.A., Oborin S.A., Fominyh Ju.S. Analiz generatorov shuma dlja zashhity informacii po kanalu PJeMI // Innovacionnye tehnologii: teorija, instrumenty, praktika. 2017. T. 1. S. 235-241.
15. Parshutkin A.V., Levin D.V., Zajcev S.A., Egin A.V. Primenenie strukturnyh pomeh dlja zashhity informacii ot utechki po kanalu pobochnyh jelektromagnitnyh izluchenij // Trudy SPIIRAN. 2018. № 3(58). S. 160-181. DOI 10.15622/sp.58.7.
16. Kuznecov I.V., Filatov P.E. Aspekty postroenija gruppovogo kodeka s differencial'noj impul'sno-kodovoj moduljaciej signalov dlja mnogokanal'nyh sistem svjazi // T-Comm: Telekommunikacii i transport. 2016. T. 10. № 2. S. 34-39.

