

ИНФОРМАТИКА

УДК 621.391.8

МАСКИРОВАНИЕ RGB-ВИДЕОКАДРОВ СИНХРОННЫМ И АДАПТИВНЫМ ШУМОВЫМ RGB-ВИДЕОКАДРОМ

д-р техн. наук, проф. В.К. ЖЕЛЕЗНЯК, А.В. БАРКОВ
(Полоцкий государственный университет)

Предложен метод формирования маскирующей помехи для защиты видеосигнала от утечки по техническим каналам. Видеосигнал обладает рядом характерных особенностей, которые надо учитывать при решении задачи защиты от утечки по техническим каналам. Исследования показали возможность синхронного накопления зашумленного статического видеокadra, которое значительно улучшает отношение сигнал/шум. В этой связи обоснована необходимость создания синхронной адаптивной помехи для маскирования статических видеокadров. Предложен способ формирования маскирующих видеокadров с учетом того, что видеокadры на экране могут быть статическими (неподвижными) и динамическими (подвижными), содержат крупноплановые и мелкодетальные элементы.

Введение. Работа средств вычислительной техники сопровождается излучениями, которые являются источниками информационного сигнала и способствуют образованию каналов утечки информации. Источниками образования каналов утечки могут быть дисплеи, накопители, принтеры, плоттеры, каналообразующая аппаратура и др. В составе персонального компьютера имеется специальная видеосистема, предназначенная для формирования изображений, наблюдаемых на экране монитора. Ее основу составляют специализированные схемы для генерирования электрических сигналов, управляющих монитором, – видеоадаптер, который формирует сигналы, управляющие той информацией, которая выводится на экран монитора, видеоадаптер также может служить источником утечки видеосигнала. Однако основным источником высокочастотного электромагнитного излучения является дисплей, в особенности созданный на базе электронно-лучевой трубки.

Видеосигнал при передаче изображений неподвижных объектов обладает характерным свойством – он периодичен. При достаточно длительной передаче неподвижного изображения видеосигнал может считаться периодическим с частотой видеокadров $f_{\text{кадр}}$. Периодичность видеосигнала позволяет проводить его синхронное накопление с целью улучшения отношения сигнал/шум (ОСШ). Время накопления зашумленного видеокadra устанавливается выигрышем по отношению количества накопленных видеокadров к накопленным шумовым кадрам пропорционально \sqrt{n} , где n – количество накоплений, что соответствует данным исследования авторов и исследованиям в University of Cambridge Computer Laboratory автором Dr Markus Kuhn «Security Limits for Compromising Emanations» [1].

Возможность восстановления информации видеодисплейного модуля [2, с. 121; 3 – 5] за счет сигнала в канале утечки обуславливает необходимость развития средств защиты объектов информатизации.

Маскирование видеосигнала требует учета специфики его структуры, ему присущи следующие свойства: видеосигнал синхронный, обусловлен наличием синхроимпульсов; широкая полоса частот; зависимость сложности обнаружения и выделения от свойств самого видеоизображения. Видеоизображение на экране может быть статическим (неподвижным) и динамическим (подвижным), содержать крупноплановые и мелкодетальные элементы. Известные маскирующие генераторы в основной массе представляют генераторы динамического белого шума и не учитывают синхронность данных, не дают возможность формирования синхронных с маскируемым сигналом статических маскирующих помех для достижения положительного технического эффекта.

В связи с возможностью восстановления видеосигнала в канале утечки и специфики его структуры целью данной работы является формирование маскирующей помехи видеосигнала; задачей – разработать и предложить метод формирования маскирующей помехи с учетом особенностей видеосигнала.

Поставленная задача решается формированием активной маскирующей помехи. Активными помехами называются радиосигналы, создаваемые специальными радиопередатчиками и предназначенные для ухудшения или исключения нормальной работы радиоэлектронных средств. Активные маскирующие помехи создают на входе приемника подавляемого радиоэлектронного средства фон, который затрудняет обнаружение полезных сигналов, их распознавание и определение параметров. Как правило, маскирующие помехи линейно суммируются с сигналом на входе приемника и поэтому называются аддитивными. В задаче защиты видеосигнала помехи подаются в канал утечки и суммируются с видеосигналом.

Предложен способ формирования маскирующих видеокадров с учетом того, что видеокадры на экране могут быть статическими (неподвижными) и динамическими (подвижными), содержать крупноплановые и мелкодетальные элементы.

Восстановление видеосигнала синхронным накоплением. Ряд сигналов (например, видео, цифровой) являются синхронными. При наличии информации о периоде сигнала есть возможность его синхронного накопления (периодического усреднения) и улучшения отношения сигнал/шум (ОСШ) [6, с. 70 – 78]. Накопление заключается в суммировании выборочных значений (импульсов) наблюдаемого колебания, которое в общем случае представляет смесь сигнала и шума [7, с. 157].

При обработке (синхронном накоплении) статических видеокадров их амплитуды складываются синхронно по линейному закону, т.е. при накоплении N кадров амплитуда видеосигнала увеличивается в n раз. При несинхронном накоплении шумов, не сформированных в шумовой видеокадр, их амплитуда складывается по среднеквадратичному закону, т.е. при аналогичном времени, соответствующем накоплению n видеокадров, амплитуда шумового маскирующего сигнала увеличится в \sqrt{n} раз [1].

Количество накопленных видеокадров зависит от ряда факторов [8, с. 96]: когда содержимое экрана остается стабильным в течение периода времени T , то может быть получено до fvT кадров (fv – частота кадров, или вертикальное отклонение частоты экрана); периодическое усреднение видеосигнала может быть успешным, только если частота fv определена с высокой точностью. Накопление видеосигнала возможно при наличии данных синхронизации.

Синхронизацию восстанавливают из принятого сигнала. Современное развитие видеосистем отображения информации, в отличие от ранее разработанных, в которых частота синхроимпульсов привязывалась к частоте сети, основано на том, что частота синхроимпульсов задается кварцевым генератором.

В современных ПЭВМ развертка монитора содержит несколько частот, например, некоторые режимы работы стандарта VGA: 640×480 60 Гц; 640×480 72 Гц; 640×480 75 Гц; 800×600 60 Гц; 800×600 75 Гц.

Для восстановления синхронизации видеосигнала авторами предложен метод восстановления синхроимпульсов с априорно неизвестными параметрами в каналах утечки информации и оценки неизвестных их параметров [9 – 10]. Восстановление синхроимпульсов позволяет проводить синхронное накопление видеосигнала.

Для неподвижного (статического) изображения на экране время накопления видеокадра T (с), находящегося в статике, равно количеству накопленных кадров, то есть

$$T = nt_{\text{кадр}}, \quad (1)$$

где n – количество накопленных кадров; $t_{\text{кадр}}$ – длительность одного кадра видеосигнала (с).

Выигрыш определяют отношением сигнала накопленных синхронных статических кадров к накопленным несинхронным случайным шумам в кадрах $n/\sqrt{n} = \sqrt{n}$.

Покажем синхронное накопление на примере зашумленного видеосигнала. Видеосигнал тестового черно-белого изображения (рис. 1, а) длительностью 30 с динамически зашумлен белым гауссовым шумом. Производим накопление зашумленных видеокадров (рис. 1, б) и нормируем итоговый видеокадр (рис. 1, в).

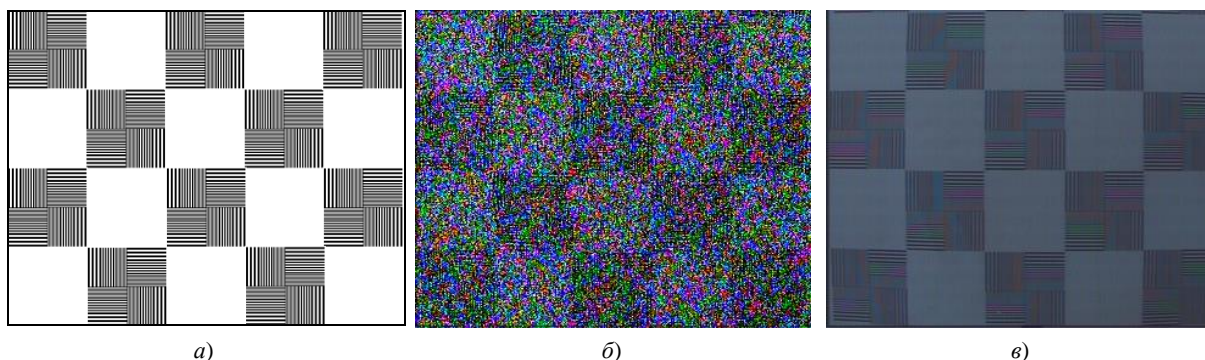


Рис. 1. Кадр тестового черно-белого изображения:

- а – исходный тестовый кадр (шахматное поле с горизонтальным и вертикальным заполнением линиями);
- б – зашумленный динамическим шумом кадр тестового (а) изображения (длительность видеосигнала 30 с);
- в – накопленный видеокадр (б) видеосигнала

В данном примере сигнал помехи представляет собой динамически изменяющийся белый шум, который различен для каждого видеокадра, изображение на экране монитора находилось в статике, т.е. было неподвижным.

Зашумленный видеокادر (см. рис. 1, б) показывает, что крупноплановые элементы изображения – клетки шахматного поля – могут быть различимы на отдельном кадре; мелкодетальные элементы – горизонтальные и вертикальные линии различной толщины внутри клеток – не различимы. После накопления видеосигнала длительностью 30 с статического изображения с динамическим шумом получаем четкое изображение (см. рис 1, в), в котором восстановлены мелкодетальные элементы, заполнение клеток четко просматривается.

Статическое изображение, наблюдаемое на экранах видеодисплейных модулей, исключает выделение сигнала видеокадра из шумов только при придании статических свойств видеосигнала маскирующей помехе. Синхронное накопление не позволит получить требуемое улучшение ОСШ, если помеха будет накапливаться по тому же закону, что и видеосигнал, что требует решения задачи создания синхронной адаптивной помехи в виде шумового RGB-видеокадра.

Формирование тестового видеокадра. Для определения эффективности маскирования видеосигнала необходимо оценить изображение, полученное при обработке и восстановлении видеосигнала в канале утечки [11] с использованием тестового сигнала, представляющего последовательность черных и белых горизонтальных полос на экране видеодисплейного модуля (гармонический сигнал), что не позволяет определить тонкую структуру видеокадра, определяемую крупноплановыми и мелкодетальными элементами. Это обосновывает необходимость формирования тестового видеокадра.

Из анализа видеосигналов [11] для контроля каналов утечки предложен тестовый видеокادر черно-белого (рис. 1, а) и цветного (рис. 2, а) изображения в виде шахматного поля, шахматные клетки (на основе элемента изображения программы «Nokia Monitor Test») включают горизонтальные и вертикальные линии различной толщины. В отличие от известных [11], изображение в виде шахматного поля позволяет определить тонкую структуру видеокадра, определяемую крупноплановыми и мелкодетальными элементами, а также учитывает цветовые компоненты RGB-видеосигнала.

Маскирование RGB-видеокадров синхронным и адаптивным шумовым RGB-видеокадром. Качественное маскирование видеосигналов активными помехами требует создания широкополосных шумовых сигналов, используемых, например, в качестве генераторов маскирующих помех, адаптируемых к свойствам маскируемых сигналов. Маскирующие активные помехи должны с максимальной эффективностью [12, с. 14 – 18] затруднять обнаружение сигналов при минимальных энергетических ресурсах, чтобы не нарушать требования по электромагнитной совместимости. Видеосигналы являются синхронными. Это позволяет их накапливать. Маскирующие их шумы таким свойством не обладают [13, с. 55 – 58].

Известен ряд генераторов шума, из которых, например, «Гном-3» – генератор шума, стационарный для защиты помещений и объектов электронно-вычислительной техники от утечки конфиденциальной информации за счет побочных электромагнитных излучений компьютеров и другой оргтехники. Генератор «Гном-3» и аналогичные ему не учитывают синхронность данных и не дают возможность формирования синхронных с маскируемым сигналом статических маскирующих помех для достижения положительного технического эффекта.

Ограничения существующих способов обусловили задачу: сформировать требования к маскирующим шумам, которые, так же как и видеосигнал, должны обладать свойством синхронности.

Предложен метод маскирования статических видеосигналов синхронным и адаптивным шумовым RGB-видеокадром, заключающийся в формировании синхронных с видеосигналами статических шумовых видеокадров, учитывающими особенности синхронности статического видеокадра. Время накопления видеокадра, находящегося в статике, равно количеству накопленных кадров (1). Выигрыш, определяемый отношением сигнала накопленных синхронных статических кадров к сигналу накопленных несинхронных шумов, равен $n/\sqrt{n} = \sqrt{n}$. Накопление видеосигнала, зашумленного динамическим шумом, улучшает ОСШ по сравнению с зашумленным синхронными и адаптивными шумовыми RGB-видеокадрами пропорционально \sqrt{n}/\sqrt{k} (n – число видеокадров, k – количество смен шумового видеокадра).

Проведены экспериментальные исследования синхронного накопления зашумленного динамическим шумом и статическим шумовым RGB-кадром видеосигнала.

Исследовано маскирование цветного и черно-белого тестового изображения.

Результаты эксперимента по синхронному накоплению видеосигнала длительностью 30 с динамически зашумленного тестового цветного изображения (рис. 2, а) показывают восстановление RGB-видеокадра, где различимы крупноплановые элементы в виде клеток и мелкодетальные линии внутри клеток поля (рис. 2, б), а также цветовые компоненты видеокадра.

Результатом синхронного накопления статических видеокадров, синхронно зашумленных адаптивным шумовым RGB-видеокадром (рис. 2, в), является ухудшение восстановления изображения статических видеокадров.

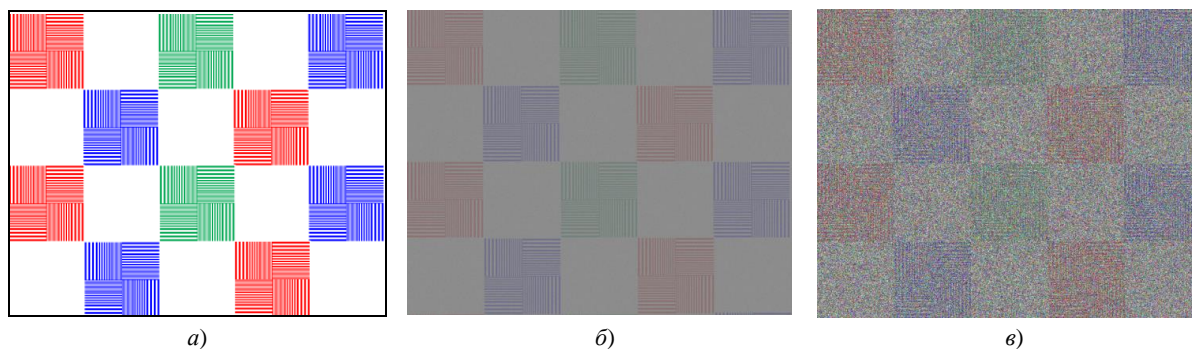


Рис. 2. Кадр тестового цветного изображения:

- a* – исходный тестовый кадр (шахматное поле с горизонтальным и вертикальным заполнением линиями);
b – накопленный видеокادر видеосигнала (*a*), зашумленного динамическим шумом;
в – накопленный кадр цветного тестового изображения, зашумленного статическим адаптивным шумовым RGB-видеокадром

Предложена схема реализации устройства формирования маскирующей помехи в виде шумового RGB-видеокадра для защиты видеосигнала от утечки по техническим каналам [14], которая включает:

- формирователь маскирующей помехи (содержит два идентичных формирователя накопленного шумового видеокadra);
- синхронный переключатель;
- формирователь хаотической импульсной последовательности;
- формирователь шумового RGB-видеокадра;
- генератор синхросмеси (может работать в автономном режиме либо в режиме внешнего запуска от внешнего синхронизатора);
- генератор синхронизации;
- внешний синхрогенератор.

Особенность маскирующих помех заключается в том, что формируется пиксельный (точечный) шумовой RGB-видеокадр, подавляющий мелкодетальные элементы изображения. Контуры крупноплановых изображений разрушаются низкочастотными составляющими хаотических импульсных последовательностей, являющихся элементами шумовых RGB-видеокадров.

Вывод

Предложен и обоснован метод маскирования статических и динамических RGB-видеокадров, который учитывает особенности видеосигнала:

- 1) шумовой RGB-видеокадр является синхронным и адаптивным с видеосигналом, что обеспечивает лучшее качество маскирования и исключает ухудшение ОСШ по сравнению с динамическим пропорционально \sqrt{n}/\sqrt{k} ;
- 2) предложено тестовое изображение, которое учитывает тонкую структуру видеокadra, включающую крупноплановые и мелкодетальные элементы;
- 3) экспериментальные исследования подтверждены разработанным алгоритмом синхронного накопления видеокadres, демонстрируют преимущества маскирования статического RGB-видеокадра синхронным шумовым RGB-кадром, который по сравнению с динамическим шумом затрудняет выделение видеокadra, уменьшает его разборчивость и повышает защищенность видеосигнала пропорционально \sqrt{n}/\sqrt{k} .

ЛИТЕРАТУРА

1. Markus, G. Kuhn Security Limits for Compromising Emanations / G. Markus [Electronic resource] Computer Laboratory, University of Cambridge, 15 JJ Thomson Avenue, Cambridge CB3 0FD. – Mode of access: <http://www.cl.cam.ac.uk/~mgk25/ches2005-limits.pdf>. – Date of access: 02.09.2013.
2. Петраков, А.В. Основы практической защиты информации / А.В. Петраков. – М.: Радио и связь, 1999. – 368 с.
3. Wim van Eck: Electromagnetic Radiation from Video Display Units: An Eaves-dropping Risk? Computers & Security. – 1985. – Vol. 4. – P. 269 – 286.
4. Tanaka, H. A trial of the interception of display image using emanation of electromagnetic wave / H. Tanaka, O. Takizawa, A. Yamamura // Journal of the National Institute of Information and Communications Technology. – 2005. – № 52(1/2). – P. 213 – 223.

5. Markus, G. Kuhn Eavesdropping attacks on computer displays / G. Markus [Electronic resource] // Computer Laboratory, University of Cambridge, 15 JJ Thomson Avenue, Cambridge CB3 0FD. – Mode of access: <http://www.cl.cam.ac.uk/~mgk25/iss2006-tempest.pdf>. – Date of access: 02.09.2013.
6. Харкевич, А.А. Борьба с помехами / А.А. Харкевич. – изд. 2-е, исправл. – М.: Наука. Гл. ред. физ-мат. лит., 1965. – 275 с.
7. Денисенко, А.Н. Статистическая теория радиотехнических систем / А.Н. Денисенко. – М.: АРИ, 2007. – 200 с.
8. Markus, G. Kuhn: Compromising emanations: eavesdropping risks of computer displays / G. Markus. Chapter 5: Emission limits. Technical Report UCAM-CL-TR-577, University of Cambridge, Computer Laboratory, December 2003.
9. Способ обнаружения периодической импульсной последовательности и оценки ее периода: пат. 17138 Респ. Беларусь, МПК G 01R 23/02 / В.К. Железняк, А.В. Барков; заявитель Полоц. гос. ун-т. – № а20110815; заявл. 10.06.2011.
10. Барков, А.В. Методы разрушения и восстановления импульсов синхронизации в каналах утечки информации / А.В. Барков, В.К. Железняк // Технические средства защиты информации: тез. докл. XI белорус.-рос. науч.-техн. конф., Минск, 5 – 6 июня 2013 г.; редкол.: Л.М. Лыньков (отв. ред.) [и др.]. – Минск: БГУИР, 2013. – С. 29 – 30.
11. Исследование алгоритма обнаружения побочного электромагнитного излучения компьютеров: материал 4-й междунар. конф. и выставки «Цифровая обработка сигналов и ее применения», Москва, февр. 2002 г. – М., 2002. – С. 326 – 329.
12. Помехоустойчивость и эффективность систем передачи информации / А.Г. Зюко [и др.]; под ред. А.Г. Зюко. – М.: Радио и связь, 1985. – 272 с.
13. Железняк, В.К. Защита информации от утечки по техническим каналам: учеб. пособие / В.К. Железняк. – СПб.: ГУАП, 2006. – 155 с.
14. Барков, А.В. Формирование маскирующей помехи для защиты видеосигнала от утечки по техническим каналам периода / А.В. Барков, В.К. Железняк // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Серия С. Фундаментальные науки. – 2012. – № 12. – С. 40 – 45.

Поступила 04.09.2013

MASKING OF RGB-VIDEO FRAMES BY SYNCHRONOUS AND ADAPTIVE NOISE RGB-VIDEO FRAME

V. ZHELEZNYAK, A. BARKOV

A method of forming a masking noise to protect the video signal from the drain through technical channels is proposed. The video signal has a number of characteristics that must be taken into account when solving the problem of leakage protection through technical channels. The aim is to form a masking noise signal. The objective is to develop and propose a method of forming a masking noise with the features of the video signal. Studies have shown the possibility of simultaneous accumulation of noisy static video frame, which significantly improves the signal / noise ratio (SNR). In this context, the necessity of creating a synchronous adaptive noise to mask the static video frames is grounded. A method of forming a mask taking into account that the motion pictures on the screen may be static (fixed) or dynamic (moving) comprise major and small detailed elements.