

УДК 621.391.8

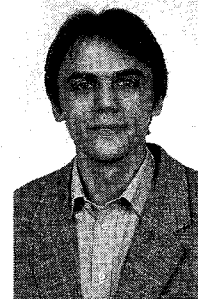
# МЕТОД МАСКИРОВАНИЯ СТАТИЧЕСКИХ И ДИНАМИЧЕСКИХ RGB-ВИДЕОКАДРОВ СИНХРОННЫМ И АДАПТИВНЫМ ШУМОВЫМ RGB-ВИДЕОКАДРОМ

Предложен метод формирования маскирующей помехи для защиты видеосигнала от утечки по техническим каналам. Видеосигнал обладает рядом характерных особенностей, которые необходимо учитывать при решении задачи защиты от утечки по техническим каналам. Целью является формирование маскирующей помехи для статических и динамических RGB-видеокадров видеосигнала. Задача – разработать и предложить метод формирования маскирующей помехи с учетом особенностей видеосигнала. Исследования показали возможность синхронного накопления зашумленного статического видеокадра, которое значительно улучшает отношение сигнал/шум. В этой связи обоснована необходимость создания синхронной адаптивной помехи для маскирования статических видеокадров. Предложен способ формирования маскирующих видеокадров с учетом того, что видеокадры на экране могут быть статическими (неподвижными) и динамическими (подвижными), содержать крупноплановые и мелкодетальные элементы

**Введение.** Передача информации посредством электрических сигналов играет большую роль во всех видах деятельности. Передача видеoinформации особенно актуальна, так как основным каналом восприятия информации человеком является визуальный. Передача видеосигнала через каналы связи, его обработка и воспроизведение сопровождаются работой средств вычислительной техники, которые являются источниками излучения сигналов



**В.К. ЖЕЛЕЗНЯК,**  
докт. техн. наук, проф.  
кафедры электронной  
техники и энергетики  
УО «Полоцкий государственный университет»



**А.В. БАРКОВ,** ассистент кафедры  
технологий программирования,  
магистр техн. наук, исследователь  
в области техн. наук

и способствуют образованию каналов утечки информации. Так, персональный компьютер представляет собой источник образования каналов утечки, обусловленных работой блоков, входящих в его состав. Источниками опасного излучения выступают как внутренние блоки в виде различных плат и их элементов, так и периферийное оборудование.

Сигналы, необходимые для получения изображения, формируются в видеокarte и по видеокабелю подаются на монитор. Видеокarta и кабель передачи также могут служить источником утечки видеосигнала, однако основным источником излучения является монитор. Что же касается безопасности TFT мониторов, то она не намного лучше, чем у CRT мониторов. По крайней мере, сейчас можно встретить CRT монитор с уровнем излучений не выше, чем у многих TFT мониторов.

Известны работы, демонстрирующие возможность восстановления информации мониторов [1–5] за счет сигнала в канале утечки, что обуславливает необходимость развития средств защиты объектов информатизации.

Видеосигнал при передаче изображений неподвижных объектов обладает особенностью – он периодичен. При достаточно длительной передаче неподвижного изображения видеосигнал может считаться периодическим с частотой видеокадров

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 накопленных, что соответствует данным исследования авторов и не противоречит исследованиям [1].

Один из путей нейтрализации такой утечки – использование генераторов маскирующего шума.

Маскирование видеосигнала требует учета специфики его структуры и характеризуется тем, что видеосигнал обладает особенностями. Он синхронный из-за наличия синхроимпульсов, широкополосный, имеется сложность обнаружения и выделения. Видеоизображение на экране может быть статическим (неподвижным) и динамическим (подвижным), содержать крупноплановые и мелкодетальные элементы.

Известные маскирующие генераторы генерируют динамический белый шум и не учитывают синхронность данных, не дают возможности 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 статьи является формирование маскирующей помехи видеосигнала. Задачей является разработать метод формирования маскирующей помехи с учетом особенностей видеосигнала.

Поставленная задача решается формированием синхронной адаптивной маскирующей помехи для защиты видеосигнала от утечки по техническим каналам.

Предложен метод формирования маскирующих RGB-видеокадров с учетом особенностей видеосигнала.

**Синхронное накопление (периодическое усреднение) видеосигнала** является практичным и очень эффективным методом для увеличения ОСШ периодического сигнала, как, например, периодическое обновление изображений, формируемое видеокарткой и воспроизводимое монитором.

При обработке статических видеокadров синхронным накоплением их амплитуды складываются по линейному закону, т. е. при накоплении  $N$  кадров амплитуда видеосигнала увеличивается в  $n$  раз. При несинхронном накоплении шумов, не сформированных в шумовой видеокadre, их амплитуды складываются по среднеквадратичному закону, т. е. при аналогичном времени, соответствующем накоплению  $N$  видеокadров, амплитуда шумового маскирующего сигнала увеличится в  $\sqrt{n}$  раз [1].

Накопление видеосигнала возможно при условиях [6, с. 96]. Когда содержимое экрана остается стабильным в течение периода времени  $T$ , очевидно до  $f_v T$  кадров могут быть накоплены, где  $f_v$  является частотой кадров или вертикальным отклонением частоты экрана. Периодическое усреднение видеосигнала может быть успешным, если частота  $f_v$  определена с высокой точностью. Таким образом, накопление видеосигнала возможно при наличии данных о синхронизации.

Синхронизацию восстанавливают из принятого сигнала. Для восстановления синхронизации видеосигнала авторами предложен метод восстановления синхроимпульсов с априорно неизвестными параметрами в каналах утечки информации и оценки их неизвестных параметров [7, 8]. Восстановление синхроимпульсов обеспечивает синхронное накопление видеосигнала.

Пример синхронного накопления зашумленного видеосигнала представлен на рисунке 1а. Видеосигнал тестового цветного изображения (рисунок 1а) длительностью 30 с динамически зашумлен белым гауссовым шумом. Зашумленные видеокadры (рисунок 1б) накапливают и нормируют итоговый видеокadre (рисунок 1в). Сигнал помехи представляет динамически изменяющийся белый шум, который отличен для каждого видеокadre, изображение на экране монитора в статике, то есть неподвижно. Крупноплановые элементы изображения на зашумленном видеокadre (рисунок 1б) – клетки шахматного поля различимы, а 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 (рисунок 1в), в котором восстановлены мелкодетальные элементы и заполнение клеток четко просматривается.

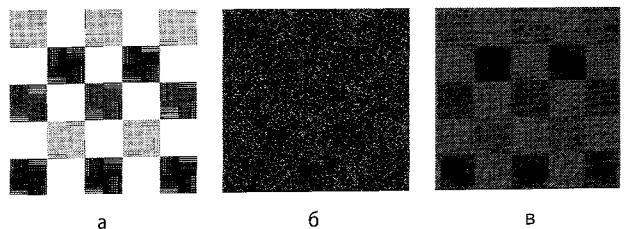


Рисунок 1 –

а – кадр тестового цветного изображения (шахматное поле с горизонтальным и вертикальным заполнением линиями);

б – кадр тестового изображения, зашумленный динамическим шумом (длительность видеосигнала 30 с);

в – накопленный видеокadre видеосигнала

Для защиты видеосигнала статического изображения требуется затруднить выделение видеокadre из шумов, для чего необходимо придать статические

свойства видеосигнала маскирующей его помехе. Синхронное накопление не позволит получить требуемое улучшение ОСШ, если помеха будет накапливаться по тому же закону, что и видеосигнал. Это требует создания синхронной адаптивной помехи в виде шумового RGB-видеокадра.

**Тестовый видеокадр.** Для определения эффективности маскирования видеосигнала необходимо оценить изображение, полученное при обработке и восстановлении видеосигнала в канале утечки с использованием тестового сигнала. Из анализа видеосигналов [9] следует необходимость формирования тестового видеокадра, который позволяет определить его тонкую структуру, характеризующуюся крупноплановыми и мелкодетальными элементами.

Сформирован тестовый видеокадр черно-белого и цветного (рисунок 1а) 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 [9] изображение в виде шахматного поля позволяет определить тонкую структуру видеокадра, определяемую крупноплановыми и мелкодетальными элементами, а также учитывает цветовые компоненты RGB-видеосигнала.

**Маскирование видеосигнала синхронным и адаптивным шумовым RGB-видеокадром.** Видеосигналы являются синхронными, что позволяет их накапливать и улучшать ОСШ. Маскирующие их шумы таким свойством не обладают [10, с. 55–58].

Известные генераторы шума не учитывают синхронность данных и не формируют синхронных с маскируемым сигналом статических маскирующих помех для достижения положительного технического эффекта.

Решение задачи качественного маскирования видеосигналов активными помехами требует создания широкополосных шумовых сигналов, используемых, например, в качестве генераторов маскирующих помех, адаптируемых к свойствам маскируемых сигналов, которые, также как и видеосигнал, должны обладать свойством синхронности. Предложен метод маскирования статических видеосигналов синхронным и адаптивным шумовым RGB-видеокадром, который заключается в формировании синхронных с видеосигналом статических шумовых видеокадров, учитывает синхронность статического RGB-видеокадра. Улучшение ОСШ видеосигнала, находящегося в статике, пропорционально количеству накопленных кадров  $f_{\nu}T$ . Накопление видеосигнала, зашумленного динамическим шумом, улучшает ОСШ по сравнению с предложенным видеосигналом пропорционально  $\sqrt{n} / \sqrt{k}$ , где  $n$  – число видеокадров;  $k$  – количество

смен шумового видеокадра в течение периода времени  $T$ . Маскирование синхронными и адаптивными шумовыми RGB-видеокадрами затрудняет восстановление видеокадра синхронным накоплением и улучшает защищенность видеосигнала.

В качестве маскирующего шума используются хаотические импульсные последовательности (ХИП), высокочастотные составляющие которых подавляют мелкодетальные элементы изображения, а контуры крупномасштабных изображений разрушаются низкочастотными составляющими хаотических импульсных последовательностей, являющихся элементами шумовых RGB-видеокадров.

Представим результаты эксперимента по маскированию цветного тестового изображения (рисунок 1а). Видеосигнал длительностью 30 с маскируется помехой ХИП. Рисунок 2а демонстрирует зашумленный кадр тестового изображения (длительность видеосигнала 30 с).

Эксперимент проводился в двух режимах: воздействие на видеосигнал динамического шума; воздействие синхронного и адаптивного шумового RGB-видеокадра.

Результаты эксперимента по синхронному накоплению видеосигнала длительностью 30 с динамически зашумленного тестового цветного изображения (рисунок 1а) показывают восстановление RGB-видеокадра, где различимы крупноплановые элементы в виде клеток и частично мелкодетальные линии внутри клеток поля (рисунок 2б), а также цветовые компоненты видеокадра. Результатом синхронного накопления статических видеокадров, синхронно зашумленных адаптивным шумовым RGB-видеокадром (рисунок 2в), является ухудшение восстановления изображения статических видеокадров.

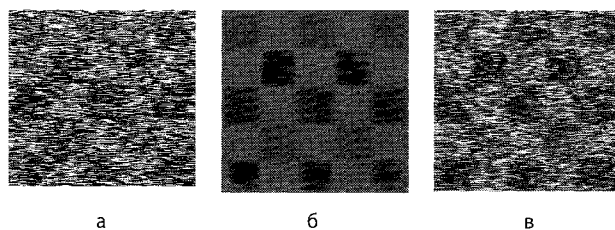


Рисунок 2 –

- а – зашумленный кадр тестового изображения;
- б – накопленный видеокадр зашумленного динамическим шумом видеосигнала (длительность видеосигнала 30 с);
- в – накопленный кадр цветного тестового изображения, зашумленного статическим адаптивным шумовым RGB-видеокадром для  $k = 6$

Воздействие помехи в виде ХИП позволяет разрушать контуры крупноплановых элементов (рисунок 2а) изображения, в то время как белый шум (рисунок 1б) оставляет их более различимыми.

Мелкодетальные элементы восстанавливаются значительно лучше (линии внутри клеток) при синхронном накоплении динамически зашумленного белым шумом видеосигнала (рисунок 1в), чем при аналогичном воздействии ХИП (рисунок 2б).

Экспериментальные исследования подтверждают эффективность маскирования видеосигнала статическим и адаптивным шумовым RGB-видеокадром. Эксперименты проводились при различных воздействующих на видеосигнал факторах: различные ОСШ, различная длительность видеосигнала, синхронные и несинхронные шумы, помехи в виде белого шума и ХИП.

Предложена схема реализации устройства формирования маскирующей помехи в виде шумового RGB-видеокадра для защиты видеосигнала от утечки по техническим каналам [11], 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.

### Выводы

1. Предложен и обоснован метод маскирования статических и динамических RGB-видеокадров, который учитывает особенности видеосигнала: синхронный шумовой и адаптивный с видеосигналом RGB-видеокадр обеспечивает качество маскирования пропорционально  $\sqrt{n}/\sqrt{k}$  по ОСШ накопленного сигнала.

2. Предложено тестовое изображение, учитывающее тонкую структуру видеокadra, включающую крупноплановые и мелкодетальные элементы.

3. Экспериментальные исследования подтверждены разработанным алгоритмом синхронного накопления видеокadров, демонстрируют преимущества маскирования статического RGB-видеокадра синхронным шумовым RGB-кадром, который по сравнению с динамическим шумом затрудняет выделение видеокadra, уменьшает его разборчивость и повышает защищенности видеосигнала пропорционально  $\sqrt{n}/\sqrt{k}$ .

4. Статический шумовой RGB-видеокадр с количеством смен  $k$  видеосигнала длительностью  $T$  затрудняет синхронное накопление (периодическое усреднение) и восстановление видеоизображения известными способами [1–5].

Формирование маскирующей помехи видеосигнала обеспечивает защиту последнего от утечки по техническим каналам.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Markus, G. Kuhn. Security Limits for Compromising Emanations [Electronic resource] / Computer Laboratory, University of Cambridge, 15 JJ Thomson Avenue, Cambridge CB3 0FD. Mode of access : [www.cl.cam.ac.uk/~mgk25/ches2005-limits.pdf](http://www.cl.cam.ac.uk/~mgk25/ches2005-limits.pdf). – Date of access : 30.09.2013
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. – No. 52 (1/2). – P. 213–223.
5. Markus, G. Kuhn. Eavesdropping attacks on computer displays [Electronic resource] / Computer Laboratory, University of Cambridge, 15 JJ Thomson Avenue, Cambridge CB3 0FD. Mode of access : [www.cl.cam.ac.uk/~mgk25/iss2006-tempest.pdf](http://www.cl.cam.ac.uk/~mgk25/iss2006-tempest.pdf). – Date of access : 30.09.2013.
6. Markus, G. Kuhn. Compromising emanations: eavesdropping risks of computer displays. Chapter 5: Emission limits. Technical Report UCAM-CL-TR-577, University of Cambridge, Computer Laboratory, December 2003.
7. 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 Полоцкий гос. ун-т. – № а20110815; заявл. 10.06.2011.
8. 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.
9. Исследование алгоритма обнаружения побочного электромагнитного излучения компьютеров: материал 4-й Международной конференции и выставки «Цифровая обработка сигналов и ее применения», Москва, февраль 2002 г. – С. 326–329.
10. Железняк, В.К. Защита информации от утечки по техническим каналам: учеб. пособие / В.К. Железняк // ГУАП. – 2006. – С. 155.
11. Барков, А.В. Формирование маскирующей помехи для защиты видеосигнала от утечки по техническим каналам периода / А.В. Барков, В.К. Железняк // Вестник Полоцкого государственного университета. Сер. С: Фундаментальные науки. – 2012. – № 12 – С. 40–45.

*We propose a method of forming a masking noise to protect the video signal from the drain through technical channels. 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 for static and dynamic RGB-video frames. 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. In this context, the necessity of creating a synchronous adaptive noise to mask the static video frames. A method of forming a mask with the motion that the motion pictures on the screen may be static (fixed) or dynamic (moving) comprise major and small detailed elements.*

Получено 12.11.2013