

Глові спеціалізованої вченої ради Д  
35.052.10 у Національному універ-  
ситеті "Львівська політехніка"  
79013, Львів-13, вул. С. Бандери, 12

### **ВІДГУК**

офіційного опонента, професора кафедри кібербезпеки та захисту інформації Київського національного університету імені Тараса Шевченка, доктора технічних наук, професора Толюпи Сергія Васильовича на дисертаційну роботу Комолова Дмитра Івановича, подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.02 – телекомунікаційні системи та мережі, за темою "Метод підвищення пропускну здатності закритого відеоканалу для відомчих інфокомунікаційних систем".

#### **Актуальність теми дисертації**

Інформатизація сучасного суспільства значною мірою визначається якістю надання інформаційних послуг з використанням телекомунікаційних технологій. Інформаційні системи, що використовуються в органах внутрішніх справ України, дозволяють підвищити ефективність управління, розкриття злочинів і надання послуг населенню. Ключовою компонентою інформаційного забезпечення є відеоінформаційна складова. До неї входять системи відеоспостереження та відеоконференцзв'язку. Тому обсяги відеоданих, які потрібно передавати, зростають дуже стрімкими темпами. В силу того, що вся інформація, яка обробляється в МВС, в тому числі аудіо та відео, є службовою, то вона вимагає забезпечення надійного захисту. На основі нормативно-правових актів розроблені технічні вимоги, які пред'являються до відомчих відеоінформаційних систем. В роботі автор наводить основні вимоги, які висуваються до відомчих відеоінформаційних систем, а саме: забезпечення якісного надання відеосервісу, швидкість доставки відеоінформаційних потоків, забезпечення необхідного рівня конфіденційності.

Для створення сучасних відеоінформаційних систем необхідно вирішити багато технічних питань, пов'язаних із придбанням якісного та надійного обладнання, побудовою швидкісної мережі передачі відеоданих, забезпеченню надійного рівня безпеки для цих систем. Комплексні рішення, які дозволять вирішити всі питання, мають багато недоліків. Основним недоліком є те, що при використанні систем технічного захисту інформації збільшується час обробки відеопотоків, падає якість переданих відеоданих. Таким чином зменшується ефективність функціонування всієї відеоінформаційної системи.

Аналіз існуючих технологій забезпечення конфіденційності, а саме використання механізмів захисту інформації до та після кодування відеоданих, показав, що такі підходи не дозволяють забезпечувати необхідний рівень конфіденційності

при заданій якості відеосервісу в умовах використання відомчих обмежень. Тому для забезпечення необхідного рівня конфіденційності в умовах забезпечення вимог щодо якості відеосервісу необхідно створити метод, який би поєднував процеси кодування та криптографічного захисту.

Тому тематика дисертаційних досліджень Комолова Дмитра Івановича, що полягає у розробленні методу підвищення пропускнуєї спроможності закритого відеоканалу для відомчих інфокомунікаційних систем, є актуальною.

### **Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації**

Мета та задачі, що сформовані в результаті досліджень адекватно характеризують стан та сутність приведеної області науки та техніки. Наукові положення, висновки та рекомендації, які запропоновані автором дисертаційної роботи мають глибоку повноту та обґрунтованість, що базується на системності проведених досліджень.

У першому розділі досліджено основні завдання та напрямки розвитку відеоінформаційних систем в органах внутрішніх справ, представлені технології передачі скритих відеоданих, які використовуються в кризових ситуаціях, в тому числі супутникові. Саме виходячи з цього обґрунтовано необхідність застосування відеоінформаційних ресурсів для ефективної роботи підрозділів, якісного, об'єктивного і своєчасного прийняття управлінських рішень в системі функціонування Міністерства внутрішніх справ України. Широко розглянуто структуру побудови Єдиної цифрової відомчої телекомунікаційної мережі, наведено обладнання, яке використовується в МВС України для сеансів відеоконференцзв'язу. Виявлені вразливі місця при побудові відомчої інфокомунікаційної мережі, перелічені проблемні питання при організації та проведенні сеансів відеоконференцзв'язку. Досить широко розкриті вимоги, які висуваються для відомчих відеоінформаційних систем. Чітко доведено необхідність застосування засобів захисту інформації для забезпечення необхідного рівня конфіденційності у відомчих системах відеоконференцзв'язку. Сформована мета дослідження та наукова задача.

У другому розділі проаналізовані різні варіанти шифрування відеоінформаційного потоку (до кодування, після кодування, в процесі кодування). Розроблено методологічну базу для оцінки ефективності використання різних методів шифрування. Завдяки чому обґрунтовано, що найбільш ефективним є селективний метод приховування для відомчих відеоінформаційних систем, де обробка і передача відеоданих здійснюється в реальному часі. Проведені експериментальні дослідження по закриттю базового кадру для приховування усього відеопотоку. Завдяки цьому розроблені рекомендації щодо селективного шифрування в процесі кодування відеопотоку.

Такий підхід може забезпечити приховування групи кадрів в умовах мінімізації втрат за ступенем зниження інтенсивності. Це дозволило автору обґрунтувати потенціал відносно додаткового скорочення інтенсивності прихованого базового кадру для підвищення пропускної спроможності закритого відеоканалу.

Третій розділ дисертації присвячено розробленню методу підвищення пропускної спроможності закритого відеоканалу. Розробляється методологічна база для визначення енергетичної значущості структурної одиниці базового відеокадру, яка підлягає закриттю. Для цього створюється системи показників для виявлення найбільш значущих блоків складової яскравості відеокадру за ступенем семантичної і структурної насиченості на основі оцінки інформації, яка міститься у низькочастотних складових трансформанти дискретного косинусного перетворення. Створюється технологія формування кодової конструкції для селективного методу, яка базується на закритті лише найбільш значимих структурних одиниць базового кадру. Для закриття відеопотоку розробляється технологія сумісності кодової конструкції значимих структурних одиниць базового кадру з алгоритмом блочного симетричного шифрування. Розроблено методу реконструкції закритого відеопотоку на основі технології диференційованої обробки кадрів. Для оцінки ефективності розробленого методу створено методологічну базу, яка розраховує бітову швидкість відеопотоку з урахуванням наявності виділених структурних одиниць для закриття відеоінформаційні ресурсу.

Основний зміст четвертого розділу направлений на оцінювання ступеня приховування та пропускної здатності закритого відеоканалу. Проведено експерименти по приховуванню базових кадрів. В результаті експериментів доведено те, що завдяки закриттю лише значимих фрагментів базового кадру відбувається повне руйнування цих фрагментів в інших кадрах групи. Проведено порівняльний аналіз характеристик розробленого методу приховування з існуючими методами. Побудовані графіки залежності пропускної спроможності закритого відеоканалу від розміру відеокадрів для різних методів їх обробки та графіки залежності пропускної здатності закритого відеоканалу від значень пікового відношення сигнал/шум. Проведенні дослідження довели можливість збільшення пропускної спроможності закритого відеоканалу та підвищення якості відеоінформаційних послуг у разі застосування розроблених методів. Отже, наукові та практичні результати дисертаційної роботи, які одержані здобувачем, підтверджуються теоретичними дослідженнями та експериментами.

**Достовірність отриманих результатів** забезпечується адекватністю практичних та теоретичних результатів розрахунків відносно значень пропускної спроможності закритого відеоканалу, застосуванням математичних моделей на основі апробованого математичного апарату, а також підтверджуються проведе-

ними експериментами по закриттю базових кадрів та груп відеокадрів на основі програмної реалізації, та візуальною оцінкою якості реконструйованих зображень з використанням розробленого методу внутрішньо-кадрової селекції базового відеокадру.

**Новими науковими результатами**, отриманими в дисертації Комолова Д.І. є наступні:

1. Метод виявлення значимих структурних одиниць кадру на основі оцінки інформації, яка міститься у низькочастотних складових трансформанти дискретного косинусного перетворення. Основною відмінною рисою цього методу є визначення енергетичної значимості для структурних одиниць базового кадру відеопотоку здійснюється з урахуванням каскадних порогових оцінок інтегрованих по всьому трансформованому макроблоку. Це сприяє зниженню інтенсивності відеопотоку і збереженню семантики структурних одиниць.

2. Метод оцінки інформаційної інтенсивності закритого відеопотоку, який базується на виявленні значимих фрагментів базового кадру. Особливістю цього методу є те, що оцінка інтенсивності бітового потоку проводиться на основі того, що криптографічному захисту підлягають лише значимі структурні одиниці базового кадру. Це дозволяє провести оцінку пропускнуєї спроможності закритого відеоканалу з урахуванням відомчих вимог, які висувуються до відеосервісу.

3. Метод підвищення пропускнуєї спроможності закритого відеоканалу на основі селективної обробки базових кадрів відеопотоку. Особливість методу полягає в: автоматичній селекції значимих фрагментів відеопотоку лише за базовим кадром; диференційованій обробці базового кадру; узгодженні кодових конструкцій значимих структурних одиниць з кодограмами блочного алгоритму симетричного шифрування без внесення надмірності. Це не викликає надмірностей інтенсивності при утворенні кодових конструкцій закритих відеоданих.

4. Метод реконструкції закритого відеоінформаційного потоку на основі внутрікадрової селекції базового кадру. Відмінність даного методу від існуючих полягає в тому, що дешифрування проводиться в процесі декодування з урахуванням ідентифікації закритих структурних одиниць базового кадру в загальному кодовому потоці на основі використання встановлених міток і взаємній узгодженості вимог щодо формування кодових конструкцій. Це забезпечує необхідну якість відомчого відеоінформаційного сервісу для закритих інформаційних ресурсів.

Новизна отриманих результатів підтверджується відсутністю аналогів серед методів і технологій приховування відеоданих.

#### **Завершеність, стиль викладання, публікації**

Аналіз сукупності наукових результатів і практичних положень представлених в роботі Комолова Д.І. дозволяє зробити висновок про їх внутрішню єдність

та засвідчує про особистий внесок автора в науку. Він полягає в тому, що здобувач розвинув елементи теорії цифрової обробки зображень щодо розробки методів виявлення та приховування найбільш енергетично значимих семантичних структурних одиниць базового відеокадру.

Дисертаційна робота написана зрозуміло і грамотно, науково-технічна термінологія використовується коректно, логічно.

Основні результати досліджень опубліковано досить повно на потрібному науковому рівні у 10 наукових статтях, з них 5 статей у наукових періодичних виданнях, включених до міжнародних наукометричних баз та 5 статей у наукових фахових виданнях України.

Структура і зміст автореферату відповідають тексту дисертації.

**Практична значимість** отриманих автором результатів полягає у впровадженні технології підвищення пропускної здатності закритого відео каналу у відомчі інфокомунікаційні системи, і при цьому дозволяє:

1. Для розробленого методу досягається виявлення і приховування до 90% значимих структурних одиниць. Це забезпечує виконання відомчих вимог по конфіденційності відеоінформаційного потоку.

2. Середні значення пікового відношення сигнал/шум для передбачених кадрів в групі відеокадрів при спробі несанкціонованого доступу в залежності від режимів обробки відеопотоку знаходяться в межах від 5 до 9 дБ;

3. Забезпечується найбільша пропускна спроможність закритого відеоканалу в разі використання єдиної відомчої цифрової телекомунікаційної мережі в відеоформаті Full HD (1920×1080) і досягає 407 Мбіт/с.

4. Розроблений метод забезпечує пропускну спроможність закритого відео каналу на рівні 59 Мбіт/с в умовах використання польових вузлів (супутникових комплектів зв'язку з пропускною спроможністю мережі 5 Мбіт/с) для проведення сеансів відомчої відеоконференцзв'язку в відеоформаті SD (640×480) при виконанні відомчих вимог щодо оперативності, достовірності і конфіденційності.

5. Використання розробленого методу селекції значимих структурних одиниць базового відеокадру для відеоформату Full HD (1920×1080) забезпечує вигреш по пропускній спроможності закритого відеоканалу на 23-51% в порівнянні з відомими методами послідовного шифрування і на 26-42% в порівнянні з методами селекції всіх структурних одиниць базового відеокадру в залежності від якості переданих відеоданих.

#### **Недоліки та зауваження**

1. В дисертації не беруться до уваги витрати часу з врахуванням обчислювальних обмежень переносного обладнання систем відеоконференцзв'язку. Це підкреслило б важливість розробленого автором методу підвищення пропускної спроможності закритого відеоканалу.

2. В роботі не враховувалась можливість закриття векторів, які описують інформацію про компенсацію руху між кадрами в відеопотоці. На мій погляд таке рішення додатково б підняло рівень приховування відеопотоку.

3. Не проводились оцінки можливості виявлення значимих фрагментів в трансформованих кадрах, які отримані з використанням вейвлет-перетворення. На мою думку це б надало більше обґрунтованості вибору дискретно-конусного перетворення для трансформації кадрів та проведення селекції значимих структурних одиниць.

4. Не представлені експертні оцінки відносно якості надання відеосервісу у випадку авторизованого доступу. Це б надало додаткові можливості для підвищення оперативності передачі відеоданих з врахуванням вимог експертів.

Однак виявлені недоліки не впливають на значимість отриманих у дисертації наукових та практичних результатів і не знижують їх наукової цінності.

#### **Загальні висновки**

Дисертаційна робота Комолова Дмитра Івановича за темою “Метод підвищення пропускної здатності закритого відеоканалу для відомчих інфокомунікаційних систем” є закінченою науково-дослідною роботою. Дисертаційна робота відповідає паспорту спеціальності 05.12.02 – телекомунікаційні системи та мережі. За науковим рівнем та практичною значимістю дисертація задовольняє вимогам ДАК, які висуваються до дисертації на здобуття вченого ступеня кандидата технічних наук (пункти 9, 11-14 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 р. №567), а її автор Комолов Дмитро Іванович заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.02 – телекомунікаційні системи та мережі.

Офіційний опонент,  
професор кафедри  
кібербезпеки та захисту інформації  
Київського Національного університету  
імені Тараса Шевченка,  
доктор технічних наук, професор

С.В. ТОЛЮПА

