

Технічні науки

УДК 004.942

**Черба Олена Анатоліївна**

*студентка Інституту комп'ютерних систем  
Одеського національного політехнічного університету*

**Черба Елена Анатольевна**

*студентка Института компьютерных систем  
Одесского национального политехнического университета*

**Cherba Olena**

*Student of the Institute of Computer Systems  
Odessa National Polytechnic University*

**Науковий керівник:**

**Мартинюк Олександр Миколайович**

*кандидат технічних наук, доцент кафедри КІСМ  
Одеський національний політехнічний університет*

**ДОСЛІДЖЕННЯ МОДЕЛІ WEB-СЕРВІСУ ДЛЯ ВБУДОВУВАННЯ  
ЦИФРОВИХ ВОДЯНИХ ЗНАКІВ У РАСТРОВІ ЗОБРАЖЕННЯ  
ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛИ ВЕБ-СЕРВИСА ДЛЯ ВСТРАИВАНИЯ  
ЦИФРОВЫХ ВОДЯНЫХ ЗНАКОВ В РАСТРОВЫЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ  
RESEARCH OF WEB SERVICE MODEL FOR EMBEDDING DIGITAL  
WATERMARKS IN BITMAP IMAGE**

*Анотація. Об'єктом дослідження є веб-сервіс, що дозволяє стеганографічним методом вбудувати (та вилучити) спеціальну інформацію (цифрові водяні знаки, далі - ЦВЗ) в мультимедійні файли, а саме – растрові зображення. Визначено, що поки що не існує спеціально прилаштованих веб-сервісів для вбудовування інформації в растрові зображення, при якому не помітно візуальних змін зображення.*

*Проаналізовано сучасні аналоги професійних програм для вбудовування ЦВЗ, відзначено їх недоліки, основний з яких - надвелика вартість. Побудована мережа Петрі відображає роботу веб-сервісу та дозволяє зробити висновки щодо продуктивності та доцільності використання запропонованих методів проектування системи. Особливість моделі полягає у введенні умов та дій додаткової обробки в алгоритмі, що робить зображення з вбудованим ЦВЗ стійким до змін. Побудована загальна структура системи, що відображає обмін даними між клієнтською і серверною сторонами. В результаті моделювання система пройшла верифікацію та може використовуватись для задоволення реальних потреб користувачів.*

**Ключові слова:** веб-сервіс, клієнтська сторона, серверна сторона, стеганографія, цифровий водяний знак, мережа Петрі.

**Аннотація.** *Объектом исследования является веб-сервис, который позволяет стеганографическим методом встроить (а так же изъять) специальную информацию (цифровые водяные знаки, дальше - ЦВЗ) в мультимедийные файлы, а именно - растровые изображения. Пока что не существует специально пристроенных веб-сервисов для встраивания информации в растровые изображения, при котором не заметно визуальных изменений изображения. Проанализированы современные аналоги профессиональных программ для встраивания ЦВЗ, отмечены их недостатки, основной из которых – высокая стоимость. Построенная сеть Петри отображает работу веб-сервиса и позволяет сделать выводы относительно производительности и целесообразности использования предложенных методов проектирования системы. Особенность модели заключается во вводе условий и действий дополнительной обработки в алгоритме, который делает изображение со встроеным ЦВЗ стойким к изменениям. Построена общая структура*

системы, которая отображает обмен данными между клиентской и серверной сторонами сервиса. В результате моделирования система прошла верификацию и может использоваться для выполнения реальных задач.

**Ключевые слова:** веб-сервис, клиентская сторона, серверная сторона, стеганография, цифровой водяной знак, сеть Петри

**Summary.** The work analyzes the methods and technologies used to develop Web services, discusses the foundations of steganography, the principles of embedding digital watermarks into images, requirements and peculiarities of implementation, noted the drawbacks of modern analogue embedding of digital watermarks. The article investigates a web service for embedding digital watermarks in bitmap images and removing them. The web service implements an embedding algorithm similar to the Koch and Zhao algorithm, but differs in that the information is placed in the spatial area of the image, embedding information is performed by changing the brightness of the pixels. Developed a web service for embedding DWM in the image. The structure of the web service, its client and server side are described in detail. The interaction between the client and the server in the system takes place via HTTP protocol. The customer part is responsible for the ability of users to interact with software products. Here information is displayed, data is collected and processed and requests are generated, which are then sent to the server for further processing. The interaction between the user and the client is due to the user interface. The user interface in the web server is built thanks to the hypertext markup language HTML, cascading style sheet CSS and JavaScript. The server part of the developed web service is responsible for data processing, saving files, embedding the DWM in the image or removing it.

**Key words:** web service, client side, server side, steganography, digital watermark, Petri Net.

**Постановка проблеми.** У зв'язку з бурхливим розвитком технологій мультимедіа, гостро постало питання захисту авторських прав на інтелектуальну власність, представлену в цифровому вигляді. Прикладами можуть бути фотографії, аудіо, відеозаписи та інші мультимедійні продукти. Такі продукти є найбільш вразливими до крадіжок та модифікацій, тому, щоб цього уникнути розробляються різні заходи захисту інформації організаційного і технічного характеру.

**Аналіз аналогічних реалізацій в області захисту інформації.** Налічується декілька програмних забезпечень, котрі виконують функції схожі до розробленого сервісу. Основними аналогами є MyPictureMac і EIKONAmark. MyPictureMac вставляє цифрові водяні знаки по технології Digimarc (знак ©, особиста інформація про номер користувача і ряд додаткових даних), які повністю підтверджують авторське право на зображення. EIKONAmark призначена для трансформації ідентифікаційного номера власника авторського права (ID) в невидиму цифрову мітку і вставки її в зображення. Ідентифікаційний номер може бути доповнений логотипом автора, який також буде вставлений як невидима водяна мітка. В якості логотипу можуть використовуватися тільки бінарні зображення. Крім того, засоби Adobe Photoshop реалізують захист авторських прав за допомогою технології Digimark [1].

Головним недоліком цих професійних програм є їх надвелика вартість. Розроблений веб-сервіс на відміну від аналогів є вільним для користування.

На даний момент не існує веб-сервісів, які б дозволяли проводити вбудовування ЦВЗ в зображення в онлайн режимі. Тому доцільно вважати, що розроблений веб-сервіс буде корисним для тих користувачів, котрі бажають захистити свої мультимедійні файли від копіювання і несанкціонованого використання або користуватись реалізованим стеганографічним методом для таємного обміну інформацією.

**Мета статті.** Мета полягає у покращенні захисту веб-сервісу для вбудовування цифрових водяних знаків у растрові зображення для надання користувачам можливості ідентифікації мультимедійних файлів.

**Короткі відомості про стеганографію та цифрові водяні знаки.** Один з найбільш ефективних технічних засобів захисту мультимедійної інформації полягає у вбудовуванні в об'єкт невидимих міток, що захищаються - цифрових водяних знаків. Вбудовування ЦВЗ безпосередньо має відношення до стеганографії. Стеганографія - наука про захист інформації шляхом приховання факту передачі повідомлення [2, с. 125].

Існують два основні напрями в комп'ютерній стеганографії: пов'язане з цифровою обробкою сигналів і не пов'язане. У останньому випадку повідомлення можуть бути вбудовані в заголовки файлів, заголовки пакетів даних. Цей напрям має обмежене застосування у зв'язку з відносною легкістю розкриття і/або знищення прихованої інформації. Більшість поточних досліджень в області стеганографії, так або інакше, пов'язані з цифровою обробкою сигналів. Це дозволяє говорити про цифрову стеганографію. Можна виділити дві причини популярності досліджень в області стеганографії нині: обмеження на використання криптозасобів у ряді країн світу і поява проблеми захисту прав власності на інформацію, представлену в цифровому виді [2, с. 154].

**Розробка системи та моделювання.** В розроблюваному веб-сервісі користувачі матимуть змогу вбудувати цифровий водяний знак (ЦВЗ) в растрове зображення, а також вилучити із зображення попередньо вбудований ЦВЗ. Формат растрового зображення обирається користувачем з наступного ряду: BMP, PNG, TIFF.

При реалізації, звертається увага на те, що ЦВЗ повинні відповідати наступним вимогам: непомітність для користувача, індивідуальність алгоритму нанесення, можливість для автора виявити несанкціоноване

використання файлу, неможливість видалити неуповноваженими особами, стійкість до змін носія-контейнера (до зміни його формату і розмірів, масштабування, стискування, повороту) [3, с. 103].

Концепція проекту полягає у застосуванні «клієнт-серверної» архітектури. При взаємодії клієнта з сервером відбувається вбудовування і зчитування секретної інформації із зображення. Стеганографічний метод вбудовування ЦВЗ повинен забезпечувати приховування факту наявності секретного коду у файлі. При роботі з веб-сервісом існує два основних сценарії по яким відбувається функціонування системи. Перший випадок – це коли користувачеві необхідно вбудувати ЦВЗ в зображення, та другий – коли необхідно провести його вилучення. Порядок роботи системи залежить від того, який сценарій обере користувач. Після того, як вибір був зроблений, на веб-сторінці шляхом обробки даних JavaScript відображає модуль форми для вбудовування або для вилучення.

Алгоритм обробки зображення обраний для реалізації є схожим до алгоритму Коха-Жао, проте основна відмінність в тому, що приховання інформації відбувається не в частотній області зображення, а в просторовій, тобто маніпуляція над пікселями відбувається за рахунок зміни їх яскравості.

Стеганографічний ключ служить основою для алгоритму. Лише знаючи правильний набір значень параметрів ключа, користувач, бажаючи вилучити інформацію із зображення, буде здатен це зробити. Першим компонентом ключа є кольоровий канал зображення (R, G, B). Користувач сам обирає в який саме канал буде поміщена інформація. Другий компонент це значення числа Seed - використовується для обчислення початкового значення послідовності випадкових чисел при утворенні маски, приймає лише цілочисельні значення від 0 до 100. Третій компонент це цілочисельне значення E – необхідна різниця між заданими середніми значеннями яскравості, або «поріг».

Узагальнений алгоритм зображено на рис. 1. Блоки 2-5 для початку алгоритмів вбудовування та вилучення є однаковими.



Рис. 1. Узагальнена граф схема алгоритму

Для аналізу і верифікації веб-сервісу використовується мережа Петрі (загальний вид зображено на рис.2), яка дозволяє змоделювати поведінку системи [5, с. 57]. Умовно роботу моделі було розподілено на 4 частини:

- 1) Генерація та обробка запитів користувача на стороні клієнта.
- 2) Обробка запитів клієнта на стороні сервера.
- 3) Збереження інформації у файловій системі.
- 4) Збір та обробка інформації для статистичного аналізу.



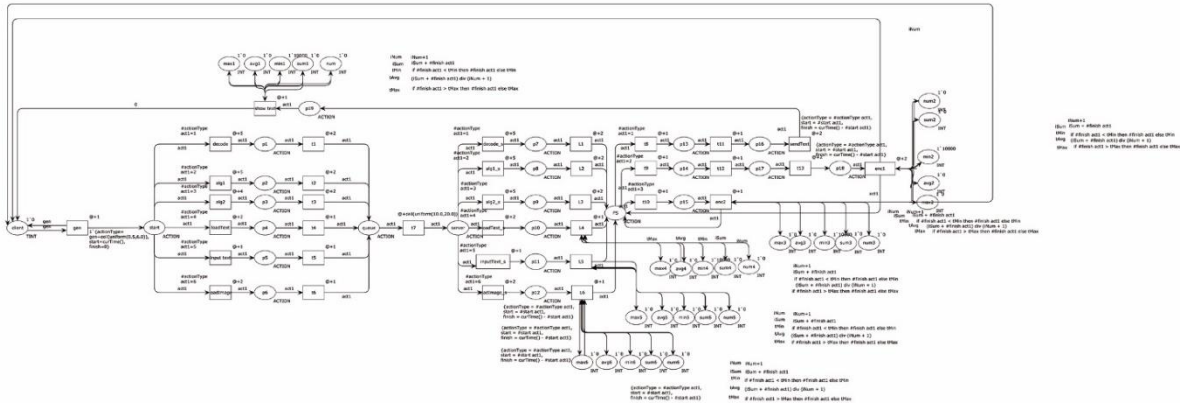


Рис. 2. Загальна мережа Петрі веб-сервісу

Основна частина навантаження системи припадає на серверну сторону – рис. 3. Через складність алгоритмів схему було максимально спрощено для кращого розуміння загальної роботи сервісу. Після тестування отриманих зображень з вбудованими ЦВЗ шляхом зміни їх розмірів та корекції кольорів було виявлено, що в деяких випадках закодована інформація може змінюватись. Тому для кращої стійкості було прийнято рішення покращити алгоритм вбудовування, шляхом вбудовування інформації в частотну область контейнера і відносної заміни величин коефіцієнтів дискретного косинусного перетворення на позиціях  $P = \{p_{17}, p_{18}\}$  та переходах  $T = \{t_{13}, enc1\}$ .

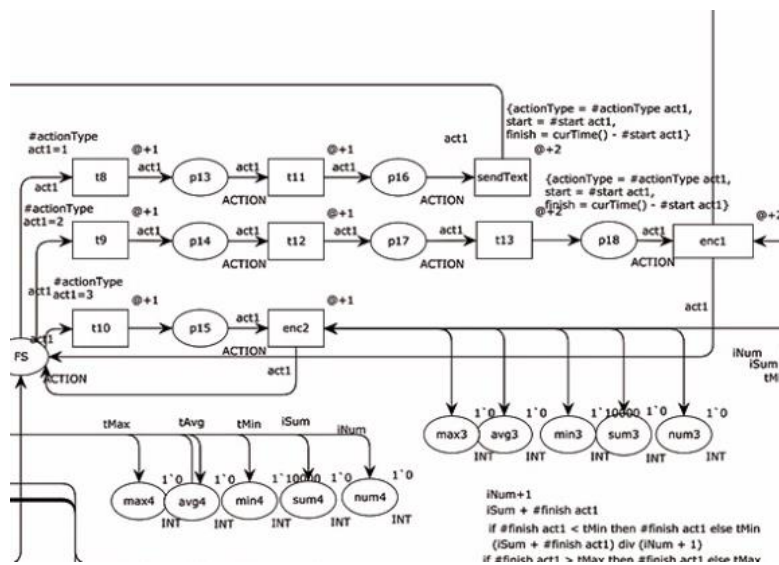


Рис. 3. Серверна частина системи у вигляді мережі Петрі



Формальне подання мережі Петрі виглядає наступним чином:

$$C = (P, T, E),$$

де  $P$  – непушта кінцева множина позицій мережі,

$T$  – непушта кінцева множина переходів,

$E = (P \times T) \cup (T \times P)$  – відношення інцидентності позицій та переходів (множина дуг мережі).

Для отриманої мережі:

$$P = \{client, start, p_{1...19}, queue, server, fs\}.$$

$$T = \left\{ \begin{array}{l} gen, decode, alg1, alg2, loadText, inputText, loadImage, t_{1...13}, l_{1...6}, \\ decode_s, alg1_s, alg2_s, loadText_s, inputText_s, loadImage_s, \\ enc1, enc2, showText \end{array} \right\}.$$

Залежності між компонентами моделі та їх стани можна зобразити за допомогою графу досяжних маркувань, що відображає послідовність роботи в залежності від типу запитів користувача. Частина, що мають циклічний вид виконують запити вбудовування та вилучення ЦВЗ із зображення, при цьому виконується передача даних між клієнтською та серверною сторонами. Кінцеві частини графу відповідають за завантаження тексту та зображень у файлову систему.

**Реалізація та апробація.** На рис. 4 зображена модель структури розроблюваного веб-сервісу.

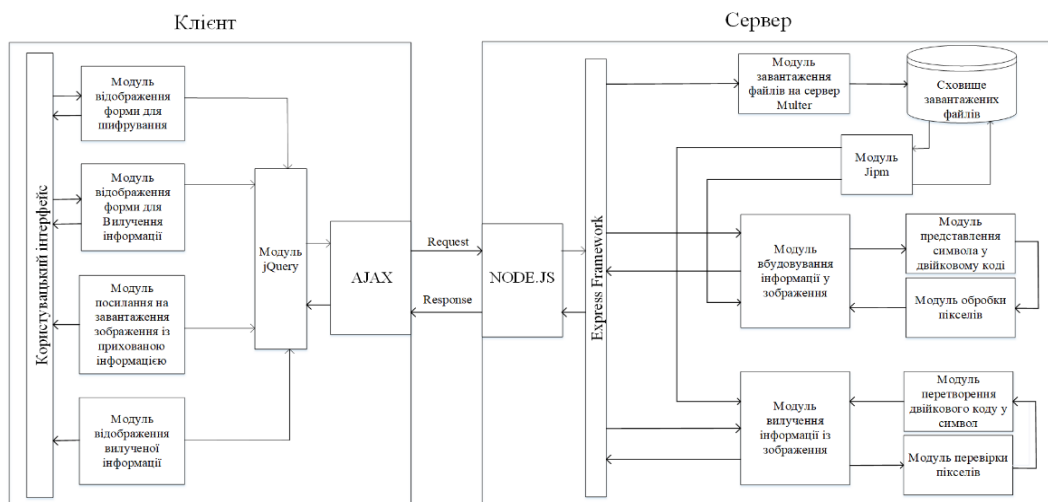


Рис. 4. Клієнт-серверна структура розроблюваного веб-сервісу

Взаємодія між користувачем і клієнтом відбувається за рахунок користувацького інтерфейсу. Користувацький інтерфейс у веб-сервісі будується завдяки мові гіпертекстової розмітки HTML, каскадній таблиці стилів CSS та JavaScript. Взаємодія між клієнтом і сервером у системі відбувається по HTTP протоколу. На клієнтській стороні відображається інформація, збираються і оброблюються дані та формуються запити, які надалі відсилаються на сервер для подальшої обробки. Серверна частина розроблюваного веб-сервісу відповідає за обробку даних, збереження файлів, виконання вбудовування ЦВЗ в зображення або його вилучення та надсилання відповіді клієнту у вигляді JSON-об'єкта, що містить дані про зображення [5].

Моделювання системи проводилося у середовищі CPNTools v.4.0 на апараті з наступними характеристиками: процесор – Inate® Pentium® CPU 4415U 2.30 GHz, оперативна пам'ять – 8 Гб. Результати моделювання мережі Петрі представлені у таблиці 1.

Таблиця 1

### Результати моделювання

К-сть кроків	Середній час 1, мс	Середній час 2, мс	Середній час 3, мс	Середній час 4, мс	Середній час 5, мс	Середній час 6, мс
2000	32	50	51	17	18	19
6000	32	57	56	17	18	19
12000	33	60	58	17	18	19
20000	32	61	59	17	18	19
26000	31	54	54	17	18	19

По результатам аналізу видно, що найменше часу витрачається на четвертий, п'ятий та шостий типи запитів, а саме на «Завантаження тексту з текстового рядка», «Завантаження тексту з текстового файлу», «Завантаження зображення» у файлову систему. Ці запити потребують найменше часу оскільки не потребують складних обчислювальних процесів. Найбільше часу займають типи запитів при яких відбувається

вбудовування ЦВЗ у растрове зображення. Для вбудовування ЦВЗ зі сторони клієнта поступає запит на сервер, де відбуваються обчислення та процес кодування інформації після чого готовий результат посилається назад клієнту.

**Висновок.** В роботі досліджено веб-сервіс для вбудовування цифрових водяних знаків в растрові зображення та їх вилучення. Досліджено та проаналізовано модель Web-сервісу за допомогою UML діаграм та мережі Петрі.

Для кращої стійкості стегоконтейнерів було покращено алгоритм вбудовування, шляхом вбудовування інформації в частотну область контейнера і відносної заміни величин коефіцієнтів дискретного косинусного перетворення.

На даний момент не існує веб-сервісів, які б дозволяли проводити вбудовування ЦВЗ в зображення в онлайн режимі, а програмне забезпечення, що для цього слугує є досить високовартісним та недоступним для кожного користувача .

Розроблений веб-сервіс буде корисним для користувачів, котрі бажають захистити свої мультимедійні файли від копіювання і несанкціонованого використання або користуватись реалізованим стеганографічним методом для таємного обміну інформацією.

### Література

1. Водяной знак для фотографии. Светлана Шляхтина. URL: <https://compress.ru/article.aspx?id=9686> (дата звернення -10.04.2019)
2. Цифровая стеганография / В.Г. Грибунин, И.Н. Оков, И.В. Туринцев. М.: СОЛОН-Пресс, 2002.
3. Архитектура клиент-сервер. Intelligent system design. URL: <http://www.intelsd.com/?tc=175&sc=197&lvl=2> (дата звернення 10.04.2019)

4. Котов В. Е. Сети Петри. М.: Наука, 1984. 160 с.
5. Змерзлий І. Клієнт-сервер архітектура та ролі серверів. Medium.com.  
URL: <https://medium.com/@IvanZmerzlyi/>