

А. І. СЕГІН

Тернопільський національний економічний університет

Н. Д. КРУЦКЕВИЧ

Фізико-технологічний інститут металів та сплавів НАН України

А. Т. СОРОЦЬКИЙ

"AxonSoftware LLC"

СПЕЦІАЛІЗОВАНА КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА РОЗПІЗНАВАННЯ ДОРОЖНІХ ЗНАКІВ В РЕЖИМІ РЕАЛЬНОГО ЧАСУ ДЛЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

В статті представлена комп'ютерна система автоматичного розпізнавання дорожніх знаків в реальному режимі часу. Обґрунтовано архітектуру і апаратні засоби для побудови та реалізації такої системи, а також запропоновано методи обробки та розпізнавання зображень для ефективної роботи системи в режимі реального часу. Наведено результати випробування розробленої комп'ютерної системи розпізнавання дорожніх знаків та підтверджено її працездатність і конкурентну спроможність.

Ключові слова: система розпізнавання дорожніх знаків, квантування кольорів, перцептивний хеш.

A. I. SEGIN

Ternopil National Economic University

N. D. KRUTSKEYVICH

Physical-technological Institute of Metals and of the NAS of Ukraine

A. T. SOROTSKYJ

"AxonSoftware LLC"

SPECIALIZED COMPUTER RECOGNITION SYSTEM OF ROAD SIGNS IN REAL TIME FOR VEHICLES

Abstract – This paper presents the architecture and hardware developed computer recognition of traffic signs in real-time. Analyzed and proved methods of processing and pattern recognition, have been used in the developed system.

This paper analyzes the existing similar systems and their shortcomings, which are in open sources information. As a result, proposed own architecture of computer recognition of road signs and the choice of hardware for its implementation. Based on the study selected the most effective methods for processing and recognition of road signs. An improved method of adaptive colour quantization is based on the HSV-model colour reproduction. This method can reduce the noise level in the input image caused by various factors such as glare from the sun or other light, shadows, lighting different parts of the image, and others. The result is increased efficiency recognized road signs.

Developed computer system recognition of traffic signs has been experimentally tested on a video stream captured by the camera real way out of the cab car and recognition of road signs was 90% at day time period and 80% during the night time period.

Keywords: recognition system of road signs, colour quantization, perceptual hash.

Вступ

Швидкий розвиток мікропроцесорної техніки зумовив її широке використання в автомобілебудуванні. В сучасних автомобілях все більше функцій покладаються на мікропроцесорні пристрої і системи, які підвищують якісні характеристики автомобіля, створюють комфортніші умови водіння та підвищують безпеку для водіїв і пасажирів.

Однією з таких функцій є автоматичне розпізнавання дорожніх знаків, яка вже реалізована такими корпораціями як Opel (Opel Eye), Audi, BMW, Ford, Mercedes-Benz (Speed Limit Assist). Ці системи мають певні недоліки, які полягають в обмеженій кількості знаків, які вони можуть розпізнати, мають прив'язку до певного автомобіля, тобто не універсальні, є закритими та дорогими. В зв'язку з цим є необхідність в розробленні більш ефективних, автономних, універсальних і доступніших систем автоматичної ідентифікації дорожніх знаків.

Узагальнена структурна схема існуючих систем ідентифікації дорожніх знаків практично однакова і включає відеокамеру, операційний блок і екран. Операційний блок реалізується на певному мікроконтролері, який виконує всі обчислювальні операції, пов'язані з розпізнаванням дорожніх знаків на вхідному зображенні з камери.

При ідентифікації знаку на вхідному зображенні він відображається на спеціальному екрані вбудованому в панель приладів автомобіля. Очевидним є те, що така система не може бути реалізована на будь-якому автомобілі, який не має вбудованого екрану та спеціального мікропроцесорного пристрою.

Крім того, ефективність розпізнавання дорожніх знаків в існуючих системах не є стовідсотковою і потребує подальшого вдосконалення методів обробки зображень та ідентифікації дорожніх знаків.

Архітектура комп'ютерної системи розпізнавання дорожніх знаків

Структура розробленої системи розпізнавання дорожніх знаків показана на рис. 1

В наведеній схемі (рис. 1) операційним блоком є обчислювальний пристрій PlugPC на платформі SheevaPlug архітектури ARM9 з тактовою

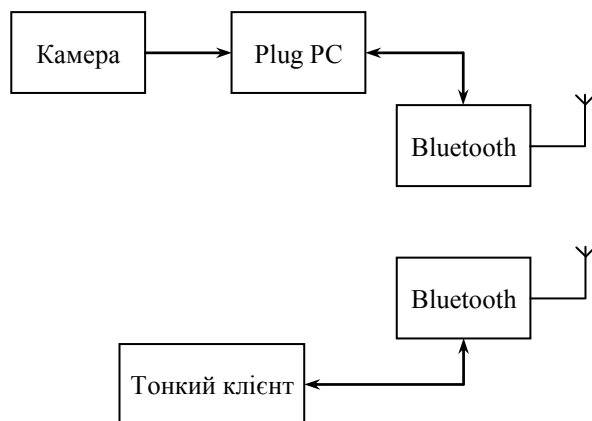


Рис. 1. Структурна схема системи розпізнавання дорожніх знаків

частотою 1.2 ГГц та об'ємом оперативної пам'яті 512 Мб, на базі ОС Linux Ubuntu. Під тонким клієнтом розуміють додатковий віддалений інтерфейс системи, в якості якого може бути КПК, мобільний телефон, GPS-навігатор, які мають модулі безпроводного зв'язку Bluetooth. Завдяки такому підходу, що забезпечує автономність, розроблена система може бути легко встановлена на будь-якому автомобілі, оскільки не потребує вбудованих спеціальних екранів, табло, інших пристроїв відображення та операційних блоків.

Алгоритм розпізнавання дорожніх знаків

Не менш важливу роль в ефективності роботи системи відіграє алгоритм розпізнавання дорожніх знаків, який базується на методах фільтрації, сегментації та ідентифікації зображень. Задачі розпізнаванню дорожніх знаків присвячено багато праць [1–4], в яких запропоновано різні підходи до її вирішення. Проте, при перевірці їх на практиці, вони виявились або надто повільними для використання в системах, що працюють в режимі реального часу, або надто неефективними, які не здатні розпізнавати знаки в реальних умовах – процент розпізнаних знаків менше 50%.

Загальний алгоритм роботи та методів обробки зображення з камери, запропонованих в цій статті, подано на рис. 2 і коротко обгрунтовано та описано нижче.



Рис. 2. Структурна схема загального алгоритму роботи системи розпізнавання образів

Модуль захоплення відео-потoku – виконує зчитування даних з пристрою введення – камери.

Модуль сегментації – призначений для виконання адаптивного квантування кольорів на зображенні та спрощення його вигляду для полегшення подальшого аналізу. Сегментовані зображення, які містять окремі зв'язні регіони передаються на модуль фільтрації цих регіонів.

Модуль фільтрації об'єктів – використовується для параметризації окремих сегментів для їх фільтрації за певними параметрами. Регіони, які пройшли фільтрацію на даному етапі, можна називати потенційними об'єктами інтересу і передаються на модуль ідентифікації, де порівнюються з еталонними.

Модуль ідентифікації об'єктів – виконує ідентифікацію знаків шляхом віднесенням знайдених об'єктів до певних класів та порівнюючи їх з базою еталонних знаків на основі методу перцептивного хешування. Якщо був ідентифікований певний знак, даний модуль передає його ідентифікатор на модуль виведення інформації.

Модуль виведення інформації про знак – повідомляє користувача про ідентифікований знак, використовуючи ідентифікатор одержаний модулем ідентифікації.

Менеджер модулів та задач – контролює виконання модулів та багатопотоковість. Він зв'язаний з усіма іншими, оскільки виконує контроль порядку виконання модулів.

В процесі ідентифікації дорожніх знаків необхідно вирішити декілька задач, які суттєво впливають на остаточний результат. Це попередня обробка вхідного зображення для подальшого спрощення виділення об'єктів, які потенційно можуть бути знаками. Спосіб такої попередньої обробки визначається тим, який метод в подальшому буде вибраний для виділення потенційних об'єктів – за формою чи за кольором. При дослідженні та аналізі цієї проблеми, на нашу думку, більш ефективним є метод виділення за кольором, оскільки ним простіше відділити об'єкти, які перекриваються чи дотикаються на зображенні.

Виходячи з цього, для попередньої обробки зображення було використане адаптивне квантування кольорів, використовуючи кольорову модель HSV [5]. Принцип методу квантування кольорів полягає у приведенні кольорів з деякого діапазону до єдиного значення відтінку, насиченості та яскравості. Така процедура необхідна внаслідок того, що вхідне зображення може бути зашумленим через різну освітленість, яка залежить від пори доби, погодних умов, відблисків, затінь та інших чинників. Це, в свою чергу, призводить до того, що кольори знаків на вхідних зображеннях можуть мати різні відтінки, яскравість та контрастність. Таким чином, виникає необхідно їх привести до єдиного еталонного значення кольору.

Як було згадано вище, для цього використовується модель передачі кольору HSV, графічне представлення якої зображено на рис. 3, а. Вибір цієї системи передачі кольорів обгрунтовується тим, що в ній є найбільш зручно оперувати з кольорами, відтінками, інтенсивністю кольору та яскравістю. В кольоровій моделі HSV значення відтінку H , коливаються в діапазоні від 0° до 360° , значення насиченості S та яскравості V – в

діапазоні від 0 до 1. Таким чином, весь спектр розділяється на сектори, і кожен відтінок, що належить певному сектору приводиться до відповідного базового кольору (рис. 3, б)

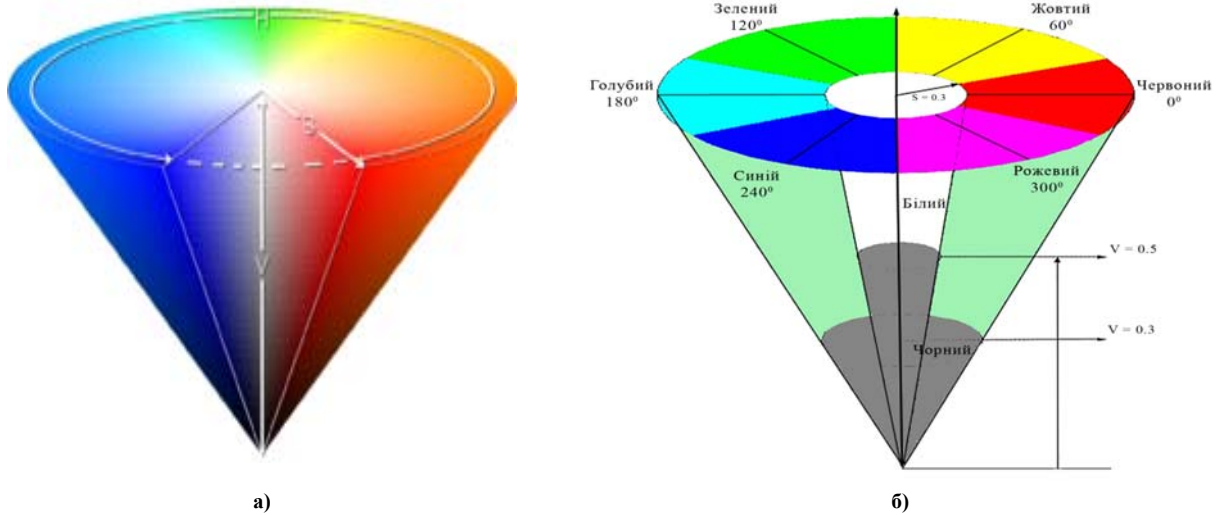


Рис 3. а) Графічне представлення моделі передачі кольорів HSV;
 б) Діаграма квантування восьми кольорів для методу сегментації з використанням моделі HSV

До уваги також потрібно брати значення насиченості та яскравості. Тобто, якщо насиченість елемента зображення менша за визначений поріг, а його яскравість більша за певний поріг, то цей колір буде приведений до білого. Якщо ж яскравість буде менша за деякий встановлений поріг, то, незалежно від його насиченості, цей колір буде визначений як чорний.

Порогові значення яскравості та насиченості кольорів використані у методі квантування кольорів на основі кольорової моделі HSV також відображені на діаграмі квантування кольорів (рис. 3, б.). При цьому, порогові значення визначаються динамічно на базі всього вхідного зображення, що дозволило враховувати загальну освітленість об'єкту та помилково не відфільтрувати його. Вдосконалений алгоритм аналізує контрастність та яскравість для окремого кольору з усього зображення та використовує цей параметр при нормалізації освітлення на окремих точках зображення, для яких виконується окрема умова визначення кольору, до якого вони належать.

Такий метод сегментації з використанням нормалізації базових кольорів записується виразом:

$$Color = \begin{cases} Blue, & \text{якщо } \pi < H < \frac{5\pi}{3} \wedge S > \bar{S}_{blue} \cdot \frac{A_{im}}{1 - A_{blue}}, \\ Red, & \text{якщо } \left(0 < H < \frac{\pi}{6} \right) \vee \left(\frac{5\pi}{3} < H < 2 \cdot \pi \right) \wedge S > \bar{S}_{red} \cdot \frac{A_{im}}{1 - A_{red}} \end{cases} \quad (1)$$

де $Color$ – колір квантування; H – відтінок точки зображення; S – контрастність точки; $\bar{S}_{blue(red)}$ – середнє значення контрастності для синього (червоного) кольору; $A_{blue(red)}$ – кількість синіх (червоних) точок на зображенні; A_{im} – загальна кількість точок зображення.

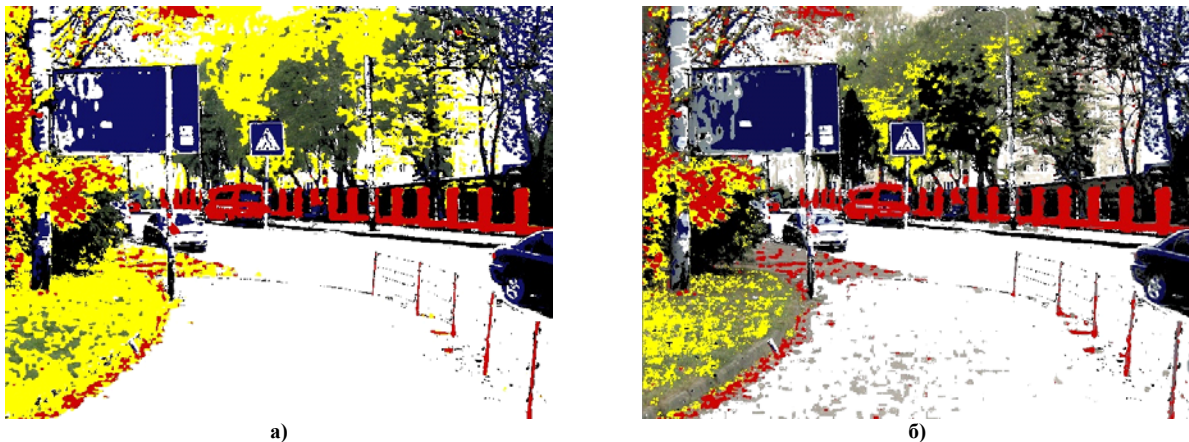


Рис. 4. Вихідні зображення а) класичного методу квантування кольорів; б) запропонованого методу адаптивного квантування кольорів

Для порівняння на рис. 4 представлено сегментовані зображення вхідного зображення класичним методом та із нормалізацією звідки видно, що сегментовані об'єкти стали більш чіткішими, значно зменшилась

кількість шумів та надлишкових об'єктів. Врахування динамічного освітлення забезпечило відсікання точок, які мають низьку контрастність та високу яскравість.

Мала кількість результуючих об'єктів після сегментації методом адаптивного квантування робить виконання наступних етапів розпізнавання швидшими та ефективнішими.

Після бінеаризації по трьох каналах кольорів адаптивно квантованого зображення отримуємо результат представлений на рис. 5.

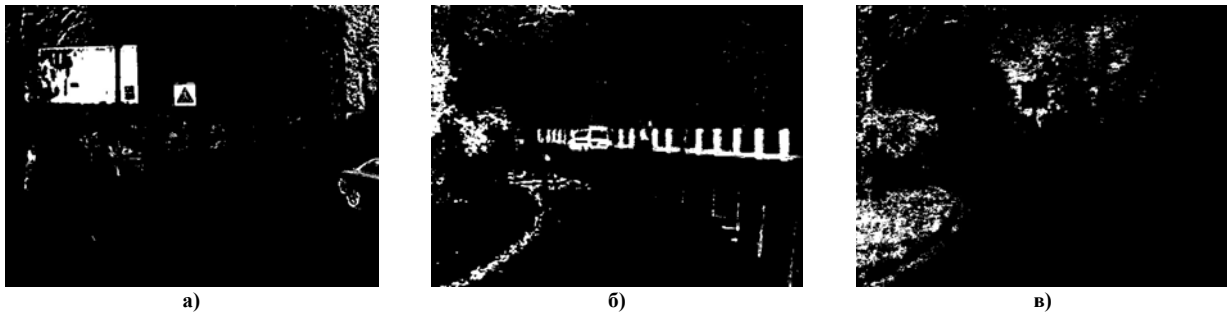


Рис. 5. Бінеаризоване зображення а) каналу синього кольору; б) каналу червоного кольору; в) каналу жовтого кольору;

Отримані на рис. 5 бінеаризовані зображення потребують фільтрації для зменшення об'єктів при подальшій ідентифікації. Це здійснюється шляхом обчисленням компактності об'єктів за виразом:

$$C = \frac{P}{A} \quad (3)$$

де C – шукана компактність сегмента,
 P – периметр сегмента,
 A – площа сегмента.

Вхідними параметрами для цього методу є:

- одно-канальне зображення, яке містить сегменти, що проходять фільтрацію за площею;
- мінімальне та максимальне значення площі, за яким будуть відсікатись певні сегменти при фільтрації;
- значення компактності, яке використовується як поріг для фільтрації за компактністю.

При реалізації на практиці, стандартний набір бібліотек для розпізнавання образів OpenCV, не містив усього потрібного функціоналу для маркування зв'язних компонентів та фільтрації одержаних сегментів, тому було використано додаткову бібліотеку – cvBlobsLib [5], яка містить широкий функціонал для роботи з об'єктами на зображенні, а саме: blobsThreshold – призначений для фільтрації сегментів на одноканальному зображенні за площею та компактністю, згідно з виразом (3).

На наступному етапі, методом зв'язаності компонентів виділяються окремі об'єкти.

Метод маркування компонентів зв'язності можна узагальнити в набір кроків, які необхідно виконати для виділення окремих регіонів на зображенні.

На першому етапі:

- Перебір кожного елемента по стовпцях, потім по рядах.

Якщо елемент не є фоном:

- отримати значення сусідніх елементів від поточного;
- якщо немає сусідів – присвоїти поточному елементу унікальну мітку та продовжити рух;
- в іншому випадку – знайти сусідній елемент з найменшим значенням мітки та призначити його поточному елементу.

- записати еквівалентності між сусідніми мітками.

На другому етапі:

- Перебір кожного елемента даних по стовпцях, потім по рядах.

Якщо елемент не є фоном:

- перепризначити мітку елемента на мітку з найнижчим еквівалентним значенням.

В результаті виконання методу маркування зв'язних компонентів одержуємо структуру даних, яка містить інформацію про усі мітки на зображенні. Дані про мітки можна використовувати для додаткового відсікання регіонів за певними параметрами, або ж виконувати інші обчислення одержаних об'єктів.

Після фільтрації, маркування зв'язаних елементів та об'єднання зображень по трьом каналам в одне функцією "АБО", отримуємо результуючим зображення (рис. 6).



Рис. 6. Результуюче зображення об'єднане за трьома каналами кольорів

Таким чином, отримане на рис. 6 зображення містить невелику кількість окремих об'єктів, які легко

Joint Conference on Neural Networks, – 2006, – P. 3955-3962.

5. Сайт розробників бібліотеки OpenCV [Електронний ресурс]: Бібліотека для маркування зв'язних областей cvBlobsLib – Режим доступу: <http://opencv.willowgarage.com/wiki/cvBlobsLib>.

6. J. C. Hsien, U.S. Liou, S.Y.Chen. Road Sign Detection and Recognition Using Hidden Markov Model / Asian Journal of Health and Information Sciences. – 2006 - Vol. 1, No. 1. - P. 85-100.

7. «Выглядит похоже». Как работает перцептивный хэш [Електронний ресурс] : Режим доступу: <http://habrahabr.ru/post/120562/>

References

1. C. Bahlmann, Y. Zhu, V. Ramesh, M. Pellkofer. "A system for traffic sign detection, tracking, and recognition using color, shape, and motion information." Intelligent Vehicles Symposium. – 2005. – Proceedings. IEEE, June 2005. pp. 255–260,

2. H. Ohara, I. Nishikawa, S. Miki, N. Yabuki. "Detection and recognition of road signs using simple layered neural networks" Neural Information Processing, 2002. – ICONIP '02. Proceedings of the 9th International Conference on. – 2 vol.2, Nov. 2002. pp. 626–630.

3. Paek P., Novovicov J. "Road sign classification without color information." In Proceedings of the 6th Conference of Advanced School of Imaging and Computing. – 2000.

4. Y. Y. Nguwi, A. Z. Kouzani. Automatic road sign recognition using neural networks [Text] / International Joint Conference on Neural Networks, – 2006, – P. 3955-3962.

5. Website Developer Library OpenCV [Електронний ресурс] : Library for labeling of connected regions cvBlobsLib Web Resource: <http://opencv.willowgarage.com/wiki/cvBlobsLib>

6. Road Sign Detection and Recognition Using Hidden Markov Model / J. C. Hsien, U.S. Liou, S.Y.Chen // Asian Journal of Health and Information Sciences. – 2006 - Vol. 1, No. 1. - P. 85-100.

7. "Looks like." How does the perceptual hash. Web Resource: <http://habrahabr.ru/post/120562/>

Рецензія/Peer review : 20.10.2013 р. Надрукована/Printed :24.11.2013 р.

Рецензент: Николайчук Я. М., д.т.н., проф. завідувач кафедри Спеціалізованих комп'ютерних систем Тернопільського національного економічного університету

УДК 004.492.3

А.Ф. КРИЩУК

Хмельницький національний університет

МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ ДІАГНОСТУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ НА НАЯВНІСТЬ БОТНЕТ-МЕРЕЖ

В роботі запропоновано нову модель процесу діагностування комп'ютерних систем на наявність ботнет-мереж з використанням мультиагентних систем. Кожен агент мультиагентної системи включає в себе набір сенсорів, які виконують антивірусне діагностування.

Процес діагностування складається з чотирьох підпроцесів: моніторинг подій в кожній комп'ютерній системі корпоративної мережі; сканування комп'ютерної системи на наявність шкідливого програмного забезпечення, реалізація зв'язків між агентами мультиагентних систем; обробка інформації, отриманої від сенсорів, щоб зробити висновок про наявність ботнет-мережі в корпоративній мережі.

Ключові слова: бот, ботнет-мережа, антивірусне діагностування, модель процесу антивірусного діагностування, модель антивірусного агента, модель мультиагентної системи, нечітка логіка, експертна система.

A. F. KRYSHCHUK

Khmelnitskyi national university

MODEL OF THE COMPUTER SYSTEM DIAGNOSIS PROCESS FOR BOTNET PRESENCE

Abstract. The new model of the computer system diagnosing process for botnet presence in the corporate area network is proposed. It is based on the use of multi-agent system. The new botnet detection technique based on multi-agent system with the use of fuzzy logic is proposed. The detection is performed in the situations of priori uncertainty of the botnet presence in the corporate area network with taking into account the botnet demonstrations in the several computer systems available in the network. Fuzzy expert system for making conclusion about botnet presence degree in computer systems is developed.

Keywords: bot, botnet, antiviral diagnosis, model of antiviral diagnosis process, antiviral agent model, multi-agent system model, fuzzy logic, expert system.

Вступ

З ростом складності ботнет-мереж і високого рівня навичок та організованості зловмисників у кіберпросторі знижується рівень безпеки та конфіденційності інформації в глобальній мережі Інтернет. З часом все складніше діагностувати комп'ютерні системи на наявність ботнет-мереж. Дуже великі розміри ботнет-мереж дозволяють відійти від загальноприйнятої клієнт-серверної структури, що дозволяє керувати окремими ботами, щоб виконувати різні типи атак за допомогою всієї ботнет-мережі.

Із створенням нових та вдосконаленням існуючих ботнет-мереж зловмисники створюють нові проблеми для інтернет-спільноти. Захист від вторгнення і визначення місця розташування зловмисника є досить складним завданням в силу різних фактів: 1) механізм, який використовується в побудові та підтримці ботнет-мереж і подальшому виконанні можливих атак є незалежним один від одного; 2) всі «боти» у ботнет-мережі є джерелами атак; 3) ботнет-мережі залишаються в стані спокою, поки не будуть задіяні для здійснення конкретної атаки.