

УДК 621.396.946

Чумаченко С.М., д.т.н., с.н.с.;
Валуйський С.В., к.т.н.;
Тесленко О.М.,
УкрНДІ цивільного захисту;
Лисенко О.І., д.т.н., професор
НТУУ «КПІ»

КОНЦЕПЦІЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ КРАУДСОРСИНГОВОЇ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ НА ОБ'ЄКТАХ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ МІСТА

Запропоновано концепцію та структурно-функціональну схему автоматизованої краудсорсингової системи моніторингу надзвичайних ситуацій на об'єктах критичної інфраструктури міста, що дозволить підвищити оперативність виявлення та реагування на надзвичайні ситуації підрозділами ДСНС України.

Предложена концепция и структурно-функциональная схема автоматизированной краудсорсингово-исследовательской системы мониторинга чрезвычайных ситуаций на объектах критической инфраструктуры города, что позволит повысить оперативность обнаружения и реагирования на чрезвычайные ситуации подразделениями ГСЧС Украины.

It was proposed the concept and structural and functional scheme of automated crowdsourcing system of emergencies monitoring on critical infrastructure of the city, which will increase the efficiency of detection and emergency response of units of state service for emergencies of Ukraine.

Вступ. Критичною інфраструктурою називають такі засоби, обладнання, мережі та служби, які, у разі їх пошкодження чи руйнування, будуть значно впливати на здоров'я, безпеку, економічний стан чи ефективне функціонування нашої столиці та в цілому держави. Така інфраструктура, у разі її незахищеності, може бути вразливою до дій катастроф природного характеру чи спричинених діяльністю людини, а також терористичних атак. Захист критичної інфраструктури базується на збереженні її функціональності, стійкості та надійності. Це комплексний захід, що виходить за межі національних кордонів, зважаючи на інтегрованість та взаємозалежність суспільства нашої держави та європейських суспільств (енергетичне постачання, засоби зв'язку, транспортні мережі тощо). Пошкодження інфраструктури в столиці нашої держави може серйозно впливати на загальний стан безпеки сусідніх європейських країн та мати в подальшому каскадні наслідки. Захист

критичної інфраструктури є ключовим у заходах цивільного планування НАТО на випадок надзвичайних ситуацій, в яких беруть участь всі держави – члени Ради Євroatлантичного партнерства.

Отже, зважаючи на останні події, що відбуваються на сході країни, та постійну загрозу мінування об'єктів критичної інфраструктури столиці, виникає гостра необхідність розробки сучасних засобів попередження надзвичайних ситуацій із використанням сучасних інформаційно-телекомунікаційних технологій. Зважаючи на зростаючу соціальну активність населення щодо подій, що відбуваються на Україні, доцільним інструментом у запобіганні надзвичайним ситуаціям може бути краудсорсинг. Тому *метою* роботи є розробка концепцію та структурно-функціональну схему автоматизованої краудсорсингової системи моніторингу надзвичайних ситуацій на об'єктах критичної інфраструктури міста.

Аналіз досліджень і публікацій. Термін «краудсорсинг» у перше запропонований Джефом Хау у 2006 році [1]. Перше успішне застосування краудсорсингової системи Ushahidi відбулося під час заворушень на виборах в Кенії в 2008 році, і далі набула широкого розповсюдження. Зважаючи на останні події в Україні, вважаємо за доцільне започаткувати розробку подібної системи для потреб ДСНС України. Колективом авторів у попередніх роботах було започатковано методологію створення сенсорної телекомунікаційної системи оперативного моніторингу в зоні надзвичайних ситуацій із використанням безпілотних літальних апаратів (БПЛА) [2,3], що дістане подальшого розвитку.

Концепція автоматизованої краудсорсингової системи моніторингу надзвичайних ситуацій (АКСНС) на об'єктах критичної інфраструктури України. При визначенні елементів критичної інфраструктури враховуються такі основні групи: економічна безпека; безпека життєдіяльності (забезпечення роботи аварійно-рятувальних служб, екстреної допомоги населенню; недопущення техногенних аварій регіонального або національного масштабів); державна безпека і оборона (недопущення порушення керованості державою, зниження боєздатності Збройних Сил, розголошення таємної інформації); національна самоповага та імідж держави (збереження культурних цінностей, авторитету держави).

В Українському науково-дослідного інституті цивільного захисту розроблено концепцію створення автоматизованої краудсорсингової системи моніторингу надзвичайних ситуацій на об'єктах критичної інфраструктури держави (див. структурно-функціональну схему), завдяки її впровадженню з'явиться можливість завчасно виявляти уражальні чинники надзвичайних ситуацій, прогнозувати та приймати рішення з ліквідації небезпеки, що виникла, та своєчасно залучати до реагування чергові підрозділи ДСНС України та інших державних силових структур. У першу чергу, краудсорсингова система використовує потенціал

множинного доступу соціально активних людей до інформаційних мереж та забезпечує оперативний екологічний моніторинг і залучає сучасні технічні засоби аналізу інформації, а саме: інтелектуальні сенсори (дозиметри, газоаналізатори, сейсмічні датчики та ін.), безпроводні сенсорні мережі, відеореєстратори з інтелектуальною платформою виявлення терористичної загрози, мобільні пристрої, супутниковий моніторинг, інтернет та безпілотні літальні апарати (БПЛА). Планується створити ситуаційний кризовий центр для м. Києва з метою оперативного отримання інформації, прийняття рішень та своєчасного реагування на виклики, загрози та небезпеки для нашої столиці.

Головним чинником досягнення оперативності є відповідні дії свідків на місці надзвичайної ситуації, що обумовлює отримання первинної інформації від населення, та інформування про виникнення НС через мобільні пристрої, а саме: телефонуванням, відправкою СМС-повідомлень та завдяки програмному додатку (Android або iOS) цієї краудсорсингової системи. Ресурс краудсорсингової системи буде відкритий кожному громадянину на зовнішньому веб-порталі, що сприятиме суспільній соціально активній та екологічно відповідальній діяльності населення та держави.

Розглянемо структурно-функціональну схему даної системи (рис.1). Слід зазначити, що джерелами інформації можуть бути не тільки датчики, а й різноманітні персональні пристрої: телефони, смартфони, планшети, відокамери, а також бортове обладнання БПЛА або супутників. Для того, щоб зібрати та обробити такий великий обсяг інформації необхідний потужний центр обробки даних (ЦОД), оснащений відповідними серверами. Спочатку дані через мережу Інтернет або виділені канали потрапляють на внутрішній сервер, потім обробляються працівниками центрального або регіональних кризових центрів, а потім публікуються на зовнішньому сервері. В залежності від типу даних, що надходять, для обробки використовується відповідні сервери: сервер ГІС, сервер обробки поточкових даних, сервер відеоаналітики, поштовий, файловий або сервер відоконференцій.

Розглянемо детальніше елементи системи. Інтелектуальний сенсорний пристрій може містити такі елементи (рис.2): обчислювальна платформа (наприклад, Arduino, Waspote, RaspberryPi тощо), платформа датчика радіації з трубкою Гейгера, радіо модуль ZigBee, GPS модуль, GPRS модуль, літєва акумуляторна батарея. Пристрій періодично зчитує імпульси, що генеруються трубкою Гейгера, та відправляє данні за допомогою радіо інтерфейсу ZigBee в базу даних центру моніторингу. У випадку перевищення заданого порогу здійснюється інформування персоналу за допомогою SMS повідомлення, використовуючи GPRS інтерфейс.

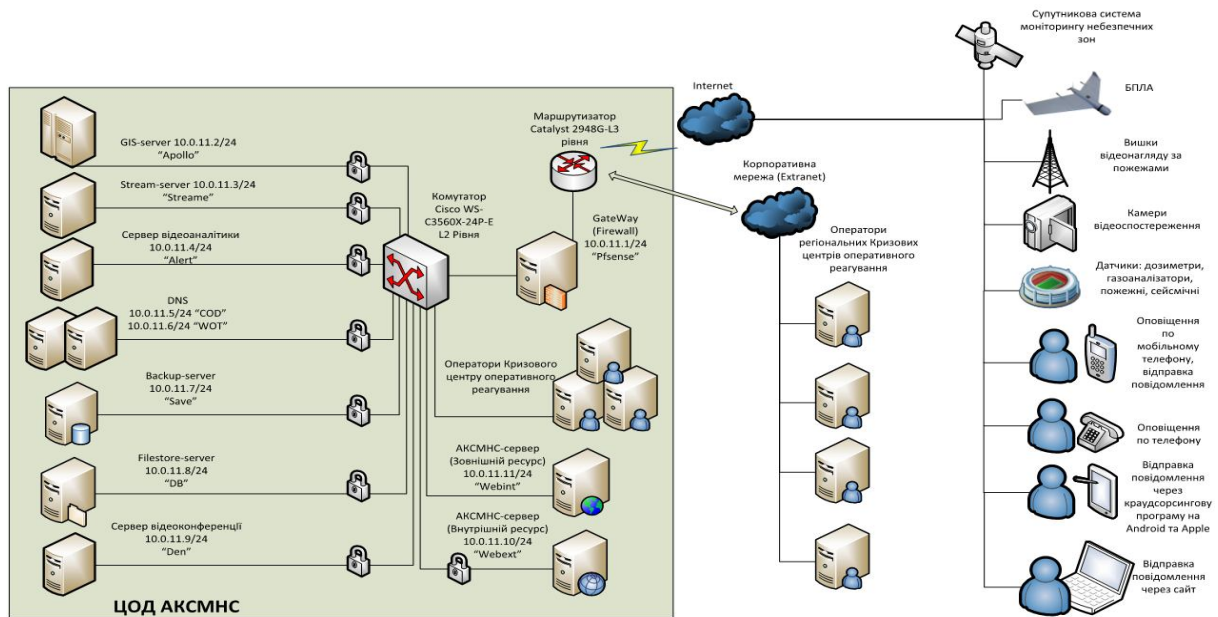


Рис. 1. Структурно-функціональна схема АКМНС на об'єктах критичної інфраструктури

Також передається інформація про GPS координати (широта, довгота, висота), щоб визначити точне місце розташування джерела випромінювання та забезпечити 3D візуалізацію в ГІС.

Також в системі можуть бути застосовані БПЛА міні та мікро-класу. На ринку сьогодні представлений широкий спектр іноземних розробок, а також ведуться власні розробки. Наприклад, цікавим продуктом є квадрокоптер DJI Phantom 2 Vision+. Оснащений високоякісною камерою він може передавати відео в онлайн режимі через WiFi на смартфон оператора, та моментально публікувати результати зйомки в соціальних мережах або краудсорсингових системах. Такий квадрокоптер доцільно застосовувати в місті, який може облітати певний заданий маршрут довжиною до 15 км і автоматично повертатися на базу.



Рис. 2. Типова комплектація інтелектуального сенсорного пристрою

Для польотів на більш дальні відстані поза містом доцільно використовувати БПЛА літакового типу, так звані «літаючі крила», наприклад фірми Skywalker. Такі апарати можуть запускатися прямо з руки, а відеоспостереження може вестися за допомогою спеціального FPV (firstpersonview) комплексу, що складається з камери, прийомопередаваного обладнання та окулярів із хедтрекером. При повороті голови оператора камера відпрацьовує відповідні повороти об'єктиву, створюючи відчуття польоту від першої особи.

В кінці кінців зібрані візуалізуються за допомогою краудсорсингової платформи Ushahidi, інтерфейс якої представлений на рис.3. В програмі можна вибрати шар, що відображає події відповідної категорії: техногенна небезпека, природна небезпека тощо. Для того, щоб скористатися системою необхідно завантажити за свій смартфон відповідний доданок з GooglePlay або AppStore.

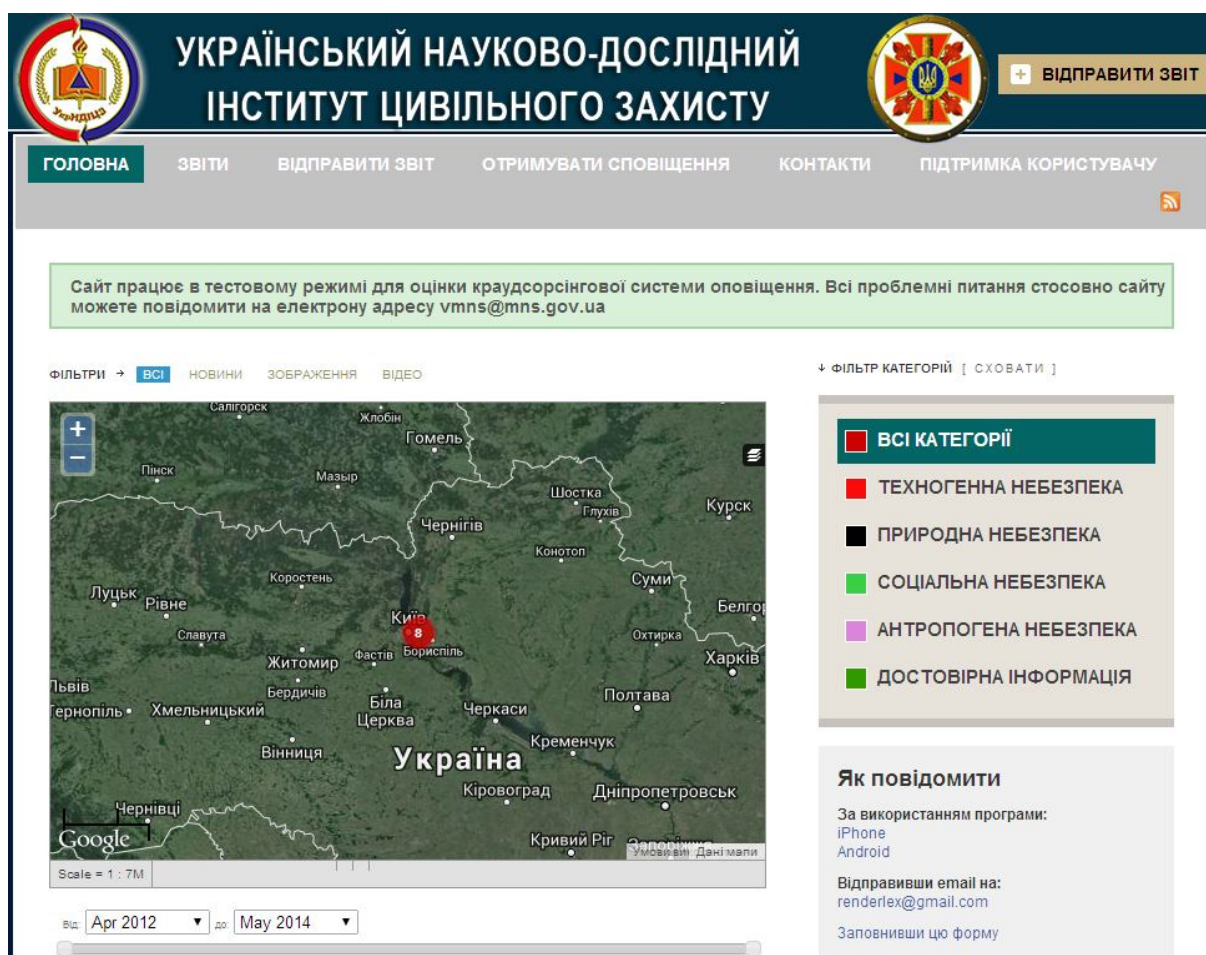


Рис. 3. Інтерфейс АКЧС на об'єктах критичної інфраструктури

Також авторами ведеться наукове супроводження вирішуваної проблеми. Зокрема розроблено низку математичних постановок задач. Для

синтезу раціональної топології безпроводових сенсорних мереж (БСМ) необхідно спочатку вирішити задачу оптимального розміщення сенсорів в області моніторингу. Зона моніторингу сенсора (дальність детектування) зазвичай представляється у вигляді кола радіусу r з центром в місці розташування сенсора. А зона моніторингу зазвичай має довільну форму, яку можна легко апроксимувати багатозв'язним ортогональним багатокутником. Тоді задачу можна сформулювати наступним чином: необхідно розмістити мінімальну кількість сенсорів (кругів радіусу r), що забезпечують моніторинг (покриття) всієї області потенційно-небезпечного об'єкту. Розглянуто основні евристичні методи вирішення даної задачі, це: блокова евристика, гексагональна евристика, псевдо гексагональна евристика та еволюційна мета евристика. Усі методи дають прийнятні результати, вибір конкретного алгоритму диктується конкретними вимогами до задачі.

По-друге, здійснено математичну постановку задачі розміщення мережі ретрансляторів БСМ. Розглянемо приклад архітектури БСМ із застосуванням БПЛА (рис.4). Нехай БСМ складається із сукупності N сенсорів, кінцевих вузлів (КП), розміщених з координатами $(x_i, y_i), i = \overline{1, N}$, на деякій території розміром r , яку часто називають сенсорним полем. Для того, щоб зібрати дані з сенсорів і передати на шлюз використовується сукупність K ретрансляторів (маршрутизаторів) на основі мініатюрних БПЛА, розміщених на висоті h з координатами проекції $(x_{0k}, y_{0k}), k = \overline{1, K}$ і радіусом зони радіопокриття R . Якщо сенсор знаходиться в зоні радіопокриття БПЛА, дані мережею ретрансляторів потрапляють на шлюз, а потім через глобальні мережі в центр оброблення даних.

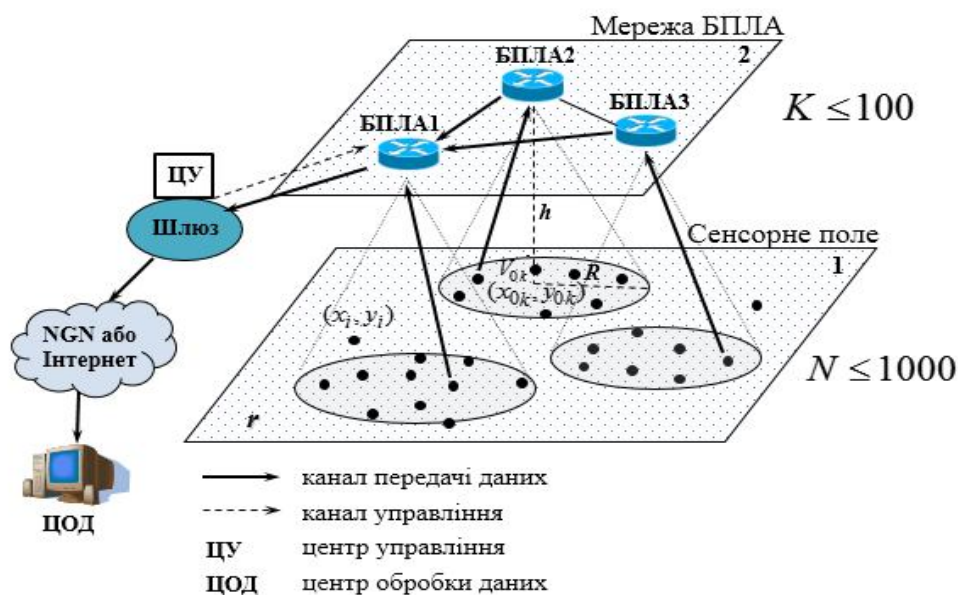


Рис. 4. Приклад архітектури БСМ із застосуванням БПЛА

Побудова маршрутів від КП до шлюзу здійснюється за допомогою алгоритму динамічного програмування – методу Беллмана-Форда. Критеріальна функція цього алгоритму (функція Беллмана) визначає умовну вартість транспортування потоку даних між сусідніми вузлами маршруту. Таким чином, можемо сформулювати наступну *математичну постановку задачі* – знайти таку топологію мережі (місце розташування ретрансляторів), яка мінімізує вартість транспортування потоків даних від сенсорів до шлюзу, при виконанні обмежень на ресурси мережі, забезпеченні структурної зв'язності і показників функціонування мережі. В подальших дослідженнях буде розроблено метод вирішення даної задачі.

Висновки. В роботі розроблено концепцію та структурно-функціональну схему автоматизованої краудсорсингової системи моніторингу надзвичайних ситуацій на об'єктах критичної інфраструктури міста, що дозволить підвищити оперативність виявлення та реагування на надзвичайні ситуації підрозділами ДСНС України. Проаналізовано склад, основні елементи системи та принцип її функціонування. Наведено типову комплектацію інтелектуального сенсорного пристрою. Розроблено низку постановок математичних задач синтезу раціональної топології безпроводових сенсорних мереж.

Використані джерела інформації:

1. Джефф Хау Краудсорсинг. Коллективный разум как инструмент развития бизнеса = Crowdsourcing: Why the Power of the Crowd is Driving the Future of Business. – М.: «Альпина Паблишер», 2012. – 288 с.
2. Lysenko O.I., Valuisky S.V. Capacity increasing of sensor telecommunication networks / O.I. Lysenko, S.V. Valuisky // Telecommunication Sciences. – 2012. – vol. 3. – № 1. – P. 5–11.
3. Лисенко О.І. Сенсорна телекомунікаційна система оперативного моніторингу в зоні надзвичайних ситуацій техногенного характеру / О.І. Лисенко, С.М. Чумаченко, П.І. Кірчу, С.В. Валуйський // Проблеми телекомунікацій : 7-а Міжнар. наук.-техн. конф., 16-19 квіт. 2013р. : матеріали конф. – К., 2013. – С. 37–39.