

## ТЕХНОЛОГІЯ МОНІТОРИНГУ ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ БЕЗПРОВОДОВИХ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖ

Лисенко О.І.<sup>1</sup>, Чумаченко С.М.<sup>2</sup>, Валуйський С.В.<sup>1</sup>, Великий О.О.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ»*

<sup>2</sup>*Український науково-дослідний інститут цивільного захисту*

*E-mail: samubf@gmail.com*

### **Technology for water ecosystems monitoring using wireless sensor networks**

The article discusses new technology for water ecosystems monitoring using the underwater and surface wireless sensor networks. The article aims to develop principles of design and architecture of underwater and surface wireless sensor networks, which can be used for a wide range of tasks related to the monitoring and control of various environmental parameters of water ecosystems over large geographical areas.

Робота спрямована на розробку принципів побудови та архітектури безпроводових сенсорних мереж (БСМ) із самоорганізацією, які можуть бути використані для вирішення широкого спектру завдань, пов'язаних з моніторингом та контролем різних параметрів середовища водних екосистем на значних географічних територіях.

Технологія моніторингу водних екосистем із використанням інтелектуальної сенсорної техніки та безпроводових мереж представляє собою сукупність технічних рішень з побудови безпроводових сенсорних мереж із використанням моніторингово-сигнальних датчиків, безпілотних літальних апаратів та геоінформаційних технологій. Технологічний продукт дозволяє вирішувати такі важливі проблеми, як дистанційний 3D моніторинг зони спостереження водної екосистеми, оцінка ризиків для розведення цінних порід водних живих ресурсів, охорона водного простору та берегових ліній [1,2].

Для моніторингу життєдіяльності риб (рибного господарства) можливе використання наступних сенсорів:

1. Буйові (надводні) сенсори (для моніторингу морського покриву: хвилювання, денне світло).

2. Підводні сенсори для моніторингу:

- Забруднення.
- Підводної течії.
- Солоності.
- Швидкості і напрямку переміщення.
- Кисень, температура, рН.
- Розташування корзини.

3. Донні сенсори:

- Осадження фекальних відходів.

Для того, щоб зібрати данні з вище вказаних сенсорів необхідно будувати безпроводові мережі зв'язку підводного та/або надводного типу. Підводні мережі засновані на передачі гідроакустичних сигналів з сенсорів на надводну

станцію чи корабель, з подальшою ретрансляцією радіо сигналів через супутник або напрямку на наземний шлюз.

Можливі наступні варіанти архітектури підводних сенсорних мереж (рис. 1):

1. Із донним базуванням сенсорів (за кластерним типом).
2. Із якірним базуванням (за типом ad hoc).
3. Із якірним базуванням із застосуванням мобільних аквадронів.

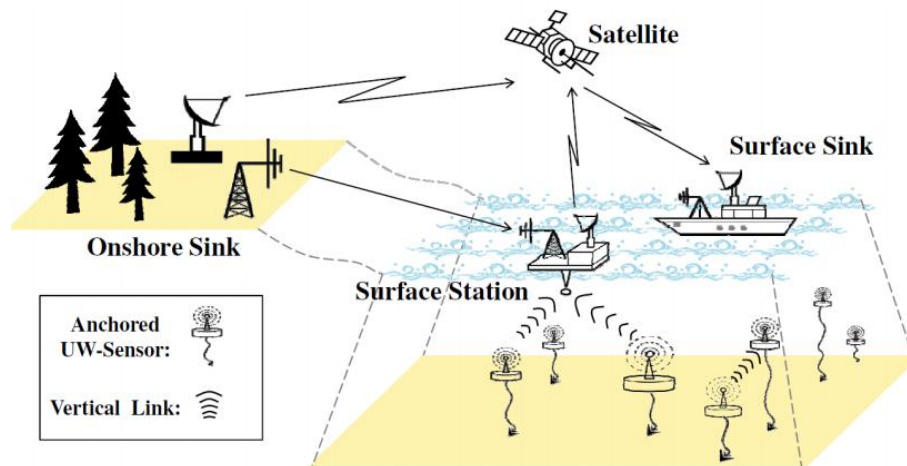


Рис.1 Приклад архітектури підводних сенсорних мереж UW-ASN

Розглянемо архітектуру надводної сенсорної мережі. Надводні (буйові) сенсорні мережі засновані на передачі радіосигналів. Спочатку з сенсорів на проміжні вузли (роутери) за допомогою ZigBee інтерфейсу.

Потім з роутерів на БС стільникового зв'язку за GPRS інтерфейсом, а на ZigBee координатор. Далі на сервер збереження та обробки даних, а звідти на термінали користувачів.

Розглянемо архітектуру надводного (буйового) сенсорного вузла. Він може містити наступні типові елементи (зліва на право і знизу вверх):

1. Хімічні, біологічні, фізичні сенсори
2. Модуль обробки сенсорної інформації
3. Центральний обчислювальний модуль.
4. Радіомодуль + антена.
5. Модуль живлення.

Алгоритм побудови і функціонування ZigBee мережі (покладений в основу програмного забезпечення) має наступні етапи:

1. Ініціалізація типу вузла (координатор, роутер, кінцевий пристрій (КП)).
2. Під'єднання до мережі.
3. Збір і передачі даних.

Відповідно координатор будує мережу та отримує дані з роутера і надсилає їх до сервера. Роутер прокладає маршрути, отримує дані з КП і надсилає їх координатору. КП здійснює моніторинг та передачу даних до відповідного роутера.

Отримана інформація візуалізується за допомогою веб-інтерфейсу. Програмне забезпечення містить наступні вкладки:

- Моніторинг параметрів в реальному часі (рівень O<sub>2</sub>, рН, рівень води, солоність, мутність, нітрит).
- Управління обладнанням.
- Запит даних.
- Аналіз кривих.
- Вид карти.
- Резервування даних.

Візуалізація даних також можлива із використанням мобільних додатків Android.

На сьогодні в інституті вже розроблено макет БСМ на основі радіо модулів XBee (на основі ZigBee протоколу) (рис.2).

Обчислення параметрів сенсору відбувається прямо в модулі без використання центрального процесору, що дозволяє суттєво скоротити вагу, енергоспоживання і вартість таких пристроїв (порядку 30-35 у.о.). Тривалість експлуатації батареї (з такими малими токами) може складати декілька років.

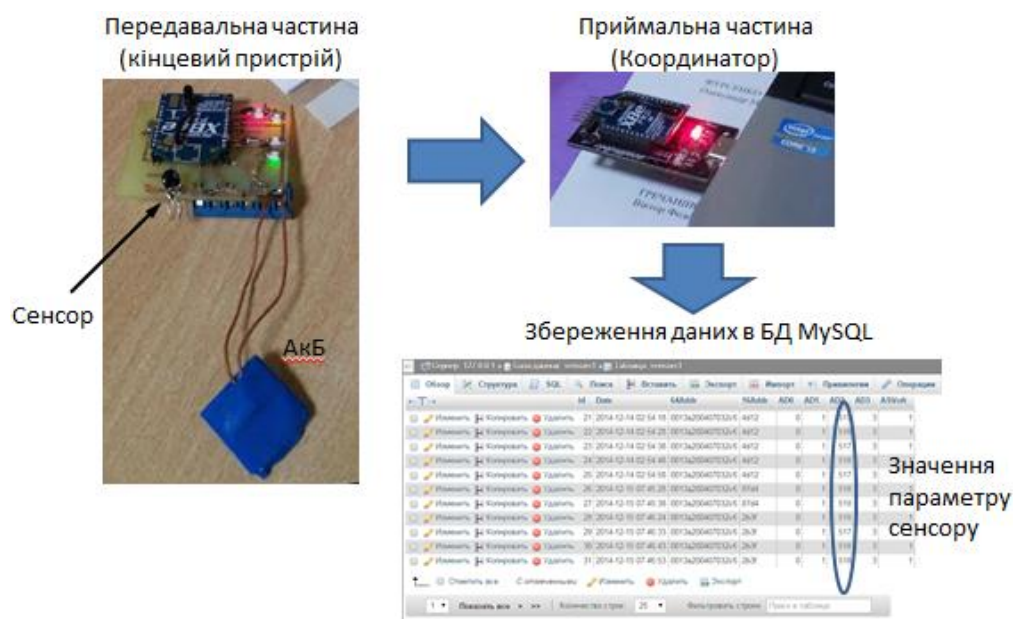


Рис. 2 Макет БСМ на основі радіо модулів XBee

Також в системі можуть бути застосовані БПЛА міні та мікро- класу для відео моніторингу водних ландшафтів. 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 он-лайнрежимі через WiFi на смартфон оператора на відстані до 2,5 км, та моментально публікувати результати зйомки в соціальних мережах або краудсорсингових системах. Такий квадрокоптер доцільно застосовувати для моніторингу локальних об'єктів, який може облітати певний заданий маршрут довжиною до 15 км і автоматично повертатися на базу.

Для польотів на більш дальні відстані поза містом доцільно використовувати БПЛА літакового типу, так звані «літаючі крила», наприклад БПЛА Патріот, який збирається на Україні за участю наших фахівців. Такі апарати можуть запускатися прямо з руки, а відеоспостереження може вестися або з пересувного пульта з LCD-дисплеєм (на задньому сидінні авто) або за допомогою спеціального FPV (first person view) комплекту, що складається з камери, прийомо-передаваного обладнання та окулярів із хедтрекером. При повороті голови оператора камера відпрацьовує відповідні повороти об'єктиву, створюючи відчуття польоту від першої особи.

Також в роботі ведеться наукове супроводження вирішуваної проблеми. Зокрема розроблено низку математичних постановок задач. Для синтезу раціональної топології БСМ необхідно спочатку сформульовано задачу оптимального розміщення сенсорів в області моніторингу. Розглянуто основні евристичні методи вирішення даної задачі, це: блокова евристика, гексагональна евристика, квадратна евристика. Усі методи дають прийнятні результати, вибір конкретного алгоритму диктується конкретними вимогами до задачі. Квадратна евристика незалежно від класу складності задачі дає завжди найгірший результат.

По-друге, здійснено математичну постановку задачі розміщення мережі ретрансляторів БСМ. БСМ можна представити у вигляді спрямованого зваженого графа, що складається з множини вершин (вузлів) і ребер (каналів зв'язку). 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.

### Література

1. Lysenko O.I., Valuiskyi S.V. Capacity increasing of sensor telecommunication networks / O.I. Lysenko, S.V. Valuiskyi // Telecommunication Sciences. – 2012. – vol. 3. – № 1. – P. 5–11.
2. 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.