

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ТА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ОБСЛУГОВУВАННЯ В БЕЗПРОВОДОВИХ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖАХ

У статті проведена класифікація і аналіз відомих методів забезпечення QoS у традиційних безпроводних мережах та безпроводних сенсорних мережах. Визначено основні відмінності методів для БСМ, вказано недоліки та переваги зазначених методів та надано рекомендації щодо розробки методів для забезпечення заданої якості обслуговування в безпроводних сенсорних мережах.

Стрела Т.С., Романюк В.А., Жук О.В., Олексенко В.П. Анализ методов повышения и обеспечения качества обслуживания в беспроводных сенсорных сетях. В статье проведена классификация и анализ известных методов обеспечения QoS в традиционных беспроводных сетях и беспроводных сенсорных сетях. Определены основные различия методов для БСС, указаны недостатки и преимущества этих методов и даны рекомендации по разработке методов для обеспечения заданного качества обслуживания в беспроводных сенсорных сетях специального назначения.

T. Strela, V. Romaniuk, A. Zhuk, V. Oleksenko Analysis of methods to improve and maintain quality of service in wireless sensor networks. The article classifies and analyzes the known methods QoS in traditional wireless networks and wireless sensor networks. The main differences in the development of methods for WSN are identified, the shortcomings and advantages of these methods are pointed out and recommendations are given for providing methods quality of service in wireless sensor networks.

Ключові слова: безпроводові сенсорні мережі, якість обслуговування, продуктивність мережі, методи QoS.

Постановка задачі в загальному виді. Безпроводові сенсорні мережі (БСМ) або *Wireless Sensor Networks* (WSN) – розподілені мережі, що складаються з маленьких сенсорних вузлів, з інтегрованими функціями моніторингу навколишнього середовища, обробки і передачі даних.

Сенсорні мережі спеціального призначення характеризуються: обмеженістю ресурсів вузлів мережі (по продуктивності процесора, пам'яті, потужності передавача, енергії батареї), обмеженою дальністю та пропускною спроможністю каналів радіозв'язку між вузлами концентрацією трафіка біля шлюза і т.д [1]. При цьому мережа повинна працювати в особливих умовах (проведення бою, розвідки і т.п) враховуючи можливість застосування деструктивних чинників противником (РЕБ, виявлення і знищення, попадання снарядів). Це призводить до істотного уповільнення доставки даних і зниження продуктивності, зменшення часу функціонування БСМ тощо.

Задана якість обслуговування (*Quality of service* – QoS) вводиться в мережах для визначення здатності мережі відповідати заданим вимогам. Якість обслуговування для БСМ визначає, чи може мережа виконувати завдання з моніторингу, обробки та передачі даних при певних умовах функціонування.

Тому доцільно провести аналіз методів забезпечення QoS безпроводових мереж, та методів забезпечення якості обслуговування для сенсорних мереж, визначити їх переваги та недоліки, а також доцільність їх застосування для тактичних безпроводових сенсорних мереж.

Аналіз останніх публікацій

За останні декілька років запропонована низка рішень для покращення якості передачі трафіку в безпроводових мережах [2 – 9]. В роботі [2] розглянуті вимоги щодо передачі трафіку в реальному часі. Також розглядаються сучасні технології та методи, що підтримують QoS мультимедійного трафіку, архітектура *IntServ (Integrated Services)* інтегрованих послуг та архітектура диференційованих послуг *DiffServ (Differentiated Services)*. Пропонується збільшити використання каналів мереж шляхом буферизації запитів

на передачу трафіку в реальному часі, що дозволить більш ефективно використовувати пропускну здатність мережі.

Питання побудови механізмів, алгоритмів і протоколів, що дозволяють реалізовувати необхідну якість обслуговування для різних додатків і послуг мережі зв'язку, побудованої на базі протоколу IP досліджується в роботі [3].

Значний вклад у вирішенні питань агрегації запропоноване Chebrolu і Rao [4]. У даній роботі було запропоновано оцінювати час отримання пакету даних одержувачем, використовуючи такі параметри мережі як доступна пропускна спроможність і затримка для кожного потоку, а також розмір кожного пакету.

V. Singh, A. Ahsani J. Ottv [5] запропонували розпаралелювати передачу даних трафіку реального часу. Для реалізації даного алгоритму в використовується протокол MPRTP (*Multipath transport protocol for real-time applications*), який ще не стандартизований. Використовуючи RTCP RR пакети (*Real-Time Transport Control, RR – Receiver Report*) і отримуючи дані про кількість втрат для кожного потоку, алгоритм визначає завантажені, частково завантажені і незавантажені потоки відповідно.

В роботі [6] пропонується використовувати протоколи з функціями QoS мережевого рівня для забезпечення заданої якості обслуговування.

Все розмаїття відомих методів забезпечення QoS традиційних безпроводових мереж можна розділити на три основні групи [7 – 9]. Класифікація методів зображена на рисунку 1. Перша група орієнтована на використання засобів, що збільшують пропускну здатність фізичних каналів, наприклад, за рахунок застосування високошвидкісного середовища передачі або поліпшення характеристик сигналів. Застосування цих методів направлено на забезпечення необхідного рівня QoS і виконується завдяки роботі користувачів в малонавантаженої мережі.

Методи розподілу мережевих ресурсів при обслуговуванні вузлів мережі, в залежності від джерел, трактуються як методи управління ресурсами або методи боротьби з перенавантаженням мережі. Розробка цієї групи методів обумовлена необхідністю отримання якісних послуг в умовах, коли можливість передавати інформацію обмежена нестачею пропускну спроможності мережевих каналів.

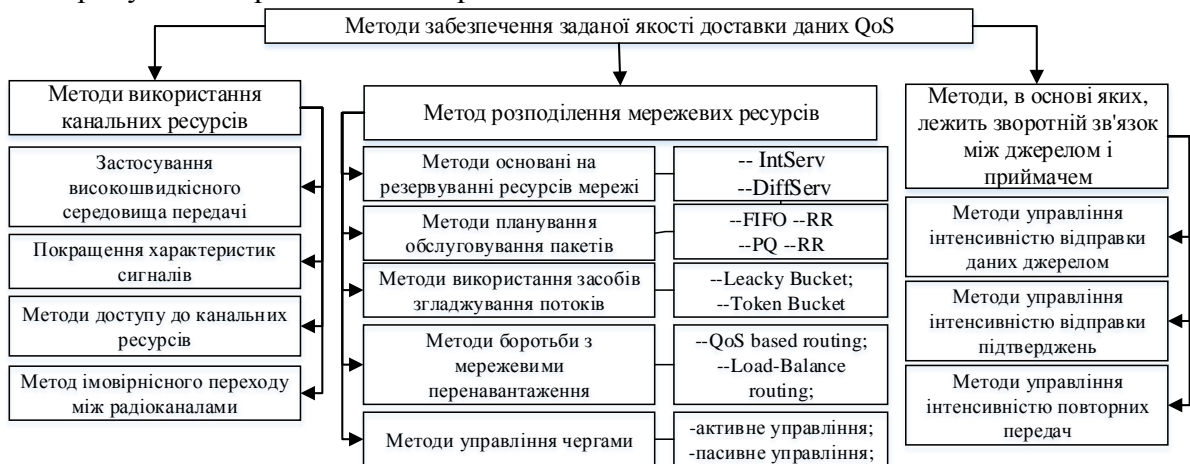


Рис.1 Класифікація методів підвищення і забезпечення QoS в безпроводових мережах

На підвищення продуктивності мереж передачі даних спрямовані методи, засновані на зворотному зв'язку між джерелом і приймачем (рис.2).

Частина аналізованих методів заснована на управлінні інтенсивністю відправки даних джерелом. До них можна віднести методи управління вікном перенавантаження, зміну інтервалів часу між відправкою пакетів, повідомлення джерела про перенавантаження в мережі, а також збільшення розміру пакету.



Рис.2 Класифікація методів, заснованих на зворотньому зв'язку між джерелом і приймачем

Зворотній зв'язок між джерелом і приймачем використовується в методах управління інтенсивністю відправки підтверджень. Якщо паузи між прийомом пакетів адресатом достатньо великі, то щоб не збільшувати процес відправки джерелом нових пакетів рекомендується здійснювати негайне підтвердження успішно отриманих даних.

Якщо ж інтенсивність отримання даних приймачем є високою, то доцільно відправляти одне підтвердження на групу доставлених пакетів, зменшуючи тим самим в мережі службовий трафік квитанцій.

З цих же міркувань за умови двостороннього обміну даними між джерелом і приймачем свідченням успішної доставки пакетів слід відправляти в переданих пакетах разом з даними.

В умовах невисокої завантаженості мережі відсутність квитанції на певний пакет може бути викликано спотвореннями інформації в фізичних каналах або порушенням порядку доставки пакетів одержувачем.

При цьому ефективним засобом управління інтенсивністю потоків даних є метод швидкої повторної передачі, що передбачає повторну відправку потрібного пакету при отриманні трьох однакових квитанцій поспіль, не чекаючи закінчення відповідного тайм-ауту, цей метод успішно застосовується в провідних ТСП-мережах.

Метою статті є проведення аналізу існуючих методів підвищення якості показників передачі трафіку та методів забезпечення QoS в безпроводових сенсорних мережах.

Виклад основного матеріалу

Безпроводова сенсорна мережа – це новий тип безпроводових мереж, зі своїми специфічними характеристиками та складовими. Вони складаються з сенсорних вузлів з інтегрованими функціями моніторингу певних параметрів зовнішнього середовища, їх обробки і передачі цієї інформації [10].

Задана якість обслуговування (*Quality of service* – QoS) вводиться в мережах для визначення здатності мережі відповідати заданим вимогам. Якість обслуговування визначає, чи може мережа виконувати завдання з моніторингу, обробки та передачі даних при заданих умовах. Іншими словами, якість обслуговування є інтегральною характеристикою і описується набором параметрів. У класичних мережах в якості таких параметрів використовують смугу пропускання, затримку при передачі пакетів, джиттер, а також ймовірність доставки пакета.

На відміну від класичних (безпроводних або проводових) мереж бездротові сенсорні мережі забезпечують не тільки передачу даних, але також збір даних та їх обробку. Відповідно якість обслуговування в безпроводових сенсорних мережах і її показники також будуть відрізнятися від класичного представлення.

Тактичні сенсорні мережі характеризуються:

I – обмеженими ресурсами вузлів мережі (по продуктивності процесора, пам'яті, потужності передавача, енергії батареї, обмеженою дальністю та пропускнуою спроможністю каналів радіозв'язку між вузлами концентрацією трафіка біля шлюза і т.д.)

II – особливостями функціонування (розгортання вузлів (випадкове, детерміноване), випадкова зміна топології (мобільні вузли, знищення вузла, розрядження акумулятора), надмірність даних (внаслідок щільного розташування вузлів), передача різних типів трафіку, велика масштабованість мережі (сотні, тисячі сенсорів), розгортання та функціонування мережі в заздалегідь невідомих географічних рельєфах місцевості та при можливих деструктивних впливах противника)

Існуючі методи по забезпеченню заданої якості обслуговування в БСМ поділяються на три категорії:

1. Традиційні методи забезпечення QoS:

а) використання протоколів з функцією QoS:

EART (*Energy-aware QoS Routing*) [11] протокол застосовується для передачі трафіку в режимі реального часу, який для балансування споживання енергії вузлів та продовження терміну функціонування мережі обирає маршрут з більшим енергозбереженням. Пропонований протокол розглядає параметри QoS маршрутизацію, затримку і підвищення надійності.

EQSR (*Efficient and QoS aware multi-path routing protocol*) [12] призначений для побудови маршрутів в умовах затримки повідомлень. В своїй основі використовує механізм протоколу *Directed Diffusion*. На етапі пошуку маршруту, в якості показника береться вартість кожного з'єднання. При побудові маршруту враховується величина відношення сигнал/шум, ємність буфера вузла та залишкова енергія батареї.

SAR (*Sequential Assignment Routing*) [13] один з перших протоколів маршрутизації в безпроводових сенсорних мережах.

Він базується на визначенні рівня пріоритету кожного пакета. Крім того, зв'язки і маршрути включають метрику, що характеризує їх можливість забезпечити якість обслуговування. Ця метрика визначається затримками і енерговитратами. На основі алгоритму створюється дерево маршрутів. Для цього враховуються кілька параметрів, таких як пріоритет пакетів, енергетичні ресурси, показники QoS.

Протокол періодично оновлює маршрути відповідно до стану мережі.

SPEED (*Stateless Protocol for Real-Time Communication in Sensor Networks*) [14] кожен вузол зберігає інформацію про своїх сусідів і дані про їх географічне положення для пошуку маршрутів передачі. Крім того, протокол намагається забезпечити певну швидкість доставки кожного пакета. Таким чином, можна заздалегідь оцінити затримку проходження пакета від відправника до одержувача, розділивши відстань на швидкість пакета та інші.

Перевагами використання протоколів є забезпечення енергозбереження та забезпечення якості обслуговування на мережевому рівні.

Недоліками є те, що протоколи орієнтовані на певні типи трафіку та передбачають невелику розмірність мережі.

б) Забезпечення параметрів QoS відповідно до режимів роботи вузлів по доставці даних [15]:

Постійний режим – передбачає передачу даних через певні інтервали часу, низьку швидкість передачі даних, передавач може включатись лише у моменти передачі, що відзначається енергозбереженням батареї.

Режим роботи за запитами – передача зібраних даних відбувається по запиту головного вузла або пункту управління, відрізняється наявністю двостороннього трафіку (запит-відповідь). Головними параметрами для QoS виступають швидкість і надійність доставки.

Режим роботи за подіями – передача інформації здійснюється після виявлення події, що визначена пріоритетною. Виявлення подій відбувається не часто, але в момент виявлення вимагається надійна, швидка передача в режимі реального часу з усуненням надмірності даних, що є критеріями для забезпечення заданої якості обслуговування);

в) застосування різного типу MAC–протоколів, які забезпечують QoS [16]:

S-MAC протокол канального рівня, був розроблений для контролю доступу до середовища передачі даних сенсорних мереж, для контролю енергії при обміні даними, управляє топологією мережі та визначає метод синхронізації вузлів.

D-MAC протокол який передбачає максимальне перебування вузлів у стані сну та зменшення потужності передавача для збільшення часу функціонування мережі,

B-MAC основною перевагою є його простота виконання, внаслідок обмеженого об'єму пам'яті вузлів.

Протокол передбачає періодичні переходи вузлів в стани сна і роботи. Механізм, що використовує цей протокол називається *Low Power Listening* – який означає, що в момент пробудження вузол визначає (прослуховує) чи є дані для передачі, якщо їх немає – відправляє повідомлення про відсутність, в іншому випадку здійснює передачу даних) тощо.

2. Методи QoS орієнтовані на надійність доставки:

RMST (*Reliable Multi-Segment Transport*) [17] – алгоритм взаємодії 3-х рівнів прикладного, транспортного та канального, який гарантує надійну доставку всіх пакетів повідомлення, має в основі методи *Direct Diffusion* для побудови та відновлення шляху маршрутизації.

ESRT (*Event-to-Sink Reliable Transport*) [18] – новий транспортний протокол, забезпечує надійність, управління перенавантаженням та забезпечення енергозбереження.

PSFQ (*Pump Slowly Fetch Quickly*) [19] протокол, який відрізняється низькою швидкістю передачі даних, проте швидким відновленням її при помилках або втраті пакетів. Використовує буферизацію для забезпечення заданої якості обслуговування.

3. Методи забезпечення QoS найбільш пріоритетних параметрів відповідно до завдання мережі:

RAS (*reliability availability and serviceability*) [20] – алгоритми, які забезпечують надійність, доступність та працездатність вузлів мережі, що є особливо важливими параметрами для мереж, у медичній, промисловій та інших сферах використання.

Метод агрегації даних [21] – застосовується для організації передачі даних та дозволяє вирішити проблему обмеженої пропускної здатності радіоканалів і забезпечує мінімальну затримку при передачі пакетів даних.

EQoSA [22] – алгоритм, який використовується для зменшення енергоспоживання при передачі даних вузлами і зменшення затримки доставки повідомлення від передавача до головного вузла, і т.п.

Недоліком цих трьох категорій методів QoS, є те, що кожна з них забезпечує або підвищує якість обслуговування лише окремих параметрів, тоді як задана якість обслуговування тактичних сенсорних мереж вимагає застосування всіх зазначених механізмів одночасно.

У семирівневій моделі OSI (*модель взаємодії відкритих систем*) QoS забезпечується за допомогою протоколів, які працюють на певному рівні мережевої моделі.

Задача підтримки QoS для всіх рівнів стеку протоколів однакова – це забезпечення заданого QoS для вирішення поставленої задачі при одночасному зменшенні споживання енергії та, як наслідок, збільшення терміну життя мережі.

В таблиці 1 зображені параметри QoS для безпроводових сенсорних мереж.

Кожен з рівнів моделі виконує свої функції, та має свої специфічні параметри, які використовуються для оцінки продуктивності та оцінки якості.

Різні комбінації запропонованих параметрів визначають різну QoS, тому для забезпечення необхідної якості обслуговування, необхідно розробити алгоритми, які б враховували параметри мережі на всіх рівнях.

Рівень OSI		Методи QoS	Основні оптимізовані параметри QoS
Прикладний рівень	Покриття	Координація та інтелектуалізація, організація роботи вузлів	Забезпечення необхідної якості покриття та типу покриття (зона, ціль, бар'єрний)
	Моніторинг	Методи управління моніторингом, організація роботи датчиків	Енергозбереження вузлів, збільшення ймовірності виявлення необхідних параметрів
	Передача даних	Алгоритми (протоколи) інформаційного обміну прикладного рівня, тимчасове відключення приймачів-передавачів, агрегація	Безпека передачі, час життя мережі, новизна даних, пріоритет даних, час відповіді
Транспортний рівень		Алгоритми передачі даних транспортного рівня (RMST, ESRT, PSFQ), адаптація протоколу TCP для сенсорних мереж.	Надійність доставки, пропускна здатність, затримка передачі
Мережевий рівень	Топологія	Алгоритми управління топологією	Топологія мережі (діаметр графу, енерговитрати вузлів, продуктивність мережі тощо)
	Маршрутизація	Алгоритми маршрутизації, методи управління чергами, алгоритми управління навантаженням	Обсяг службової інформації, параметри маршруту (час побудови та існування, пропускна здатність, час доставки, витрати енергії батарей тощо), енергоефективність протоколів маршрутизації, управління перенавантаженням
MAC рівень		MAC-алгоритми, механізми контролю помилок, механізми контролю споживання енергії тощо.	Пропускна здатність та час передачі в каналі, витрати енергії батарей, обсяг службової інформації, енергоефективність MAC-протоколів.
Фізичний рівень		Потужність (спрямованість) передачі, вид модуляції, тип коригуючого коду тощо.	Залежить від можливостей сенсорних компонентів, потужності передавача, ємності батареї

Існуючі підходи до проектування телекомунікаційних мереж зв'язку припускають незалежність функцій управління за рівнями OSI та використовують класичну мережеву модель (рис. 5 а), в якій протоколи кожного рівня працюють незалежно. Однак даний підхід не враховує особливості БСМ і не дозволяє забезпечити оптимізацію показників ефективності на кожному рівні OSI (або в цілому) при різних умовах функціонування мережі та вимогах конкретного типу трафіка (наприклад, відео або даних).

У безпроводових сенсорних мережах застосовують два основні підходи по забезпечення QoS по передачі даних: координаційну багаторівневу і координаційну крос-рівневу модель (Рис.5 б, в). Крім особливостей QoS при передачі даних в БСМ необхідно враховувати основні функції системи управління сенсорною мережею (покриття, моніторинг, управління топологією, побудова і підтримка маршрутів)

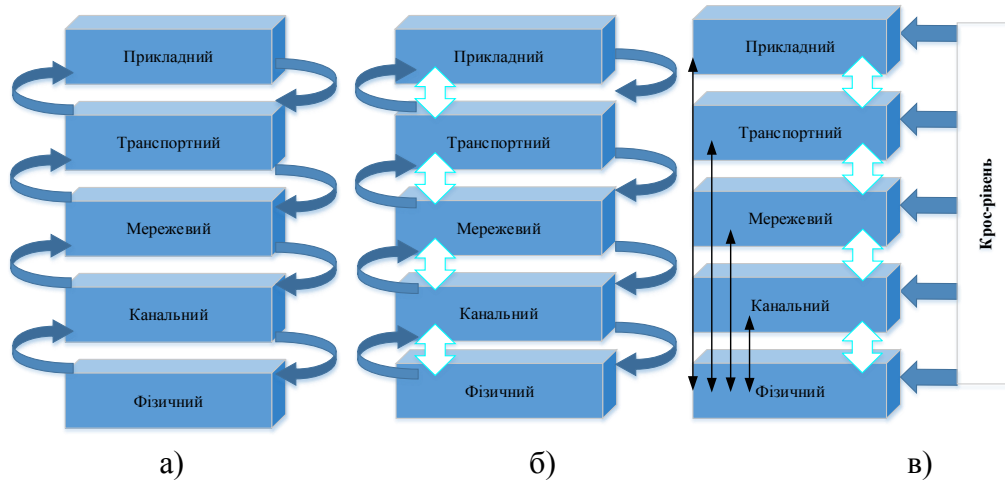


Рис.5 Архітектура OSI а) класична б) координаційна багаторівнева
в) координаційна крос-рівнева архітектура

Підкреслимо, що забезпечення QoS сенсорної мережі здійснюється при взаємодії трьох функцій системи управління БСМ (покриття, моніторинг та передача даних (топологія, побудова і підтримка маршрутів)). Тому, пропонується введення крос-рівневої надбудови над рівнями OSI, яка буде здійснювати узгодження та координацію рівнів моделі передачі даних та всіх функцій системи управління (покриття, моніторинг і передача даних) БСМ (5 в).

Необхідність переходу на крос-рівневу модель зумовлюється:

- з'єднання окремих та ізольованих механізмів QoS може спричинити конфлікти в забезпеченні заданої якості обслуговування;
- забезпечення QoS окремо для кожного з рівнів є неефективним рішенням;
- задана якість обслуговування, яка підтримується на окремому рівні моделі взаємодії не може гарантувати загальне забезпечення QoS.

Висновок: Таким чином, на даний час розроблена значна кількість методів для підвищення та забезпечення QoS в безпроводових сенсорних мережах. Проведений аналіз показав, що методи, які застосовуються в традиційних безпроводових (або проводових) мережах не ефективно використовувати в безпроводових сенсорних мережах, зважаючи на відмінності характеристик цих мереж.

Проведені дослідження показали, що не існує методів, які б враховували всі параметри сенсорної мережі та забезпечували QoS в повній мірі. Тому в статті запропоновані нові підходи до оцінки якості обслуговування в БСМ, а саме оцінювати три основні функції безпроводової сенсорної мережі: покриття, моніторинг та передача даних. Напрямок подальших досліджень є вдосконалення існуючих методів підвищення та забезпечення якості обслуговування, та їх використання в тактичних сенсорних мережах, та визначає подальші напрямки наукових досліджень.

ЛІТЕРАТУРА

1. Жук О.В. Моделі побудови покриття і виявлення цілей в безпроводових сенсорних мережах. / О.В. Жук, В.А. Романюк, В.В. Тарасов, Д.В. Ткаченко // Збірник наукових праць ВІТІ. – 2017. № 3. – С. 66 – 75.
2. Polschikov K. Methods and Technologies Analysis of The Real-Time Traffic Transmission Requests Servicing / K. Polschikov, K. Kubrakova, O. Odaruschenko // World Applied Programming. – Vol. 3, Issue 9. – 2013. – P. 446 – 450.
3. Куроуз Дж. Компьютерные сети: Пер. с англ. 2-е изд. / Дж. Куроуз, К. Росс. – СПб.: Питер, 2004. – 765 с
4. Wang Y, Liu X, Yin J. Requirements of Quality of Service in Wireless Sensor Network. Proceedings of the International Conference on Networking, International Conference on Systems

and International Conference on Mobile Communications and Learning Technologies. Morne, Mauritius, April 23 – 29, 2006.

5. Singh V., Ahsan A. and OttJ.MPRTP: Multipath Considerations for Real-time Media // MMSys '13, Proceedings of the 4th ACM Multimedia Systems Conference. – February 26-March 1, 2013. – P.190 – 201.

6. Joseph E Quality of Service in Wireless Sensor Networks / Joseph E. Mbowe, George S. Oreku// Wireless Sensor Network, 2014, 6, 19 – 26.

7. Polschykov K. Methods and Technologies Analysis of The Real-Time Traffic Transmission Requests Servicing / K. Polschykov , K. Kubrakova, O. Odaruschenko // World Applied Programming. – Vol. 3, Issue 9. – 2013. – P. 446 – 450.

8. Кучерявый Е.А. Управление трафиком и качество обслуживания в сети Интернет / Е.А. Кучерявый. – СПб.: Наука и техника, 2004. – 336 с.

9. M.A. Razzaque, M. H.U. Ahmed, C. S. Hong, and S. Lee, „QoS-aware distributed adaptive cooperative routing in wireless sensor networks,” *Ad Hoc Netw.*, vol. 19, pp. 28 – 42, Aug. 2014.

10. Стрела Т.С Аналіз методів маршрутизації в безпроводових сенсорних мережах// Стрела Т.С., Жук О.В., Романюк А.В. / Збірник наукових праць ВІТІ № 4 – 2017. – С.129 – 143.

11. A. Mahapatra QoS and energy aware routing for real-time traf_c in wireless sensor networks / A. Mahapatra, K. Anand, and D. P. Agrawal // *Comput. Commun.*, vol. 29, no. 4, pp. 437_445, 2006.

12. J. Ben-Othman „Energy ef_cient and QoS based routing protocol for wireless sensor networks,” / J. Ben-Othman and B. Yahya // *J. Parallel Distrib. Comput.*, vol. 70, no. 8, pp. 849_857, 2010.

13. Joseph Elias Mbowe, Quality of Service in Wireless Sensor Networks / Joseph Elias Mbowe, George S. Oreku // Wireless Sensor Network, 6, pp.19-26, 2014.

14. Tian, H. SPEED: A stateless protocol for real-time communication in sensor networks [Text] / H. Tian, J. A. Stankovic, L. Chenyang, T. Abdelzاهر // 23rd International Conference on Distributed Computing Systems, 2003. – P. 46 –55. doi: 10.1109/ icdcs.2003.1203451

15. S. Tilak, N.B. Abu-Ghazaleh, W. Heinzelman, A taxonomy of wireless micro-sensor network models, *SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review* 6 (2) (2002) 28 – 36.

16. Kabara, K.; Calle, M. MAC protocols used by wireless sensor networks and a general method of performance Evaluation. *Int. J. Distrib. Sens. Netw.* 2012, 1 – 11.

17. Sohrabi, K., Gao, J., Ailawadhi, V., and Pottie, G. J. Protocols for self organization of a wireless sensor network. *IEEE Personal Communication Magazine* 77 (October 2000), 16 – 27.

18. Reason, J. M., and Rabaey, J. M. A study of energy consumption and reliability in a multi-hop sensor network. *SIGMOBILE Mob. Comput. Commun. Rev.* 8, 1 (2004), 84 – 97.

19. Stann, F., and Heidemann, J. RMST: Reliable data transport in sensor networks. In *Proceedings of the First International Workshop on Sensor Net Protocols and Applications* (Anchorage, Alaska, USA, April 2003), IEEE, pp. 102 – 112.

20. S. Bhatnagar, B. Deb, and B. Nath, „Service Differentiation in Sensor Networks, „In *Proceedings of Fourth International Symposium on Wireless Personal Multimedia Communications*, September 2001.

21. U. Baroudi, EQoS: energy and QoS aware MAC for wireless sensor networks, in: 9th International Symposium on Signal Processing and Its Applications, ISSPA 2007, pp. 1 – 4. doi:10.1109/ ISSPA.2007.4555601, 2007.

22. Wang Y, Liu X, Yin J. Requirements of Quality of Service in Wireless Sensor Network. *Proceedings of the International Conference on Networking, International Conference on Systems and International Conference on Mobile Communications and Learning Technologies*. Morne, Mauritius, April 23 – 29, 2006.