

## МЕТОДИ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ БЕЗДРОВОЇ СЕНСОРНОЇ МЕРЕЖІ

**Балабан А.В., Алексєєва І.В.**

*Інститут телекомунікаційних систем НТУУ «КПІ»*

*E-mail: its@kpi.ua*

### **Methods of evaluating the performance of wireless sensor Network**

Methods for evaluating the performance of wireless sensor networks are considered. The main parameters of wireless system are described. We describe the evaluation criteria of sensor networks. The method of integrated assessment of the effectiveness of wireless sensor networks are suggested. The advantages of the proposed method are described. Necessity of a complex assessment of works of a wireless network is proved. The technique a lot of criteria overall performance estimations the gauge in offered a network. The way of testing of system by the separate criteria, focused on work in adverse conditions is described. Are resulted the formula for calculation of an overall performance of a network and a technique of a choice of weight factors. Advantages of the offered technique are described. Wireless sensor networks; method of evaluation; the evaluation criteria; complex evaluation.

Поняття «сенсорна мережа» є сьогодні усталеним терміном. Ця мережа являє собою розподілену, самоорганізуючу систему мініатюрних автоматичності датчиків. Як середовище передачі даних датчики використовують бездротовий канал зв'язку. Ключовою особливістю сенсорних мереж є здатність ретрансляції повідомлень від одного елемента до іншого, що дозволяє передавати інформацію на значну відстань при малої потужності передавачів.

В даний час фахівці різних областей техніки зацікавлені у використанні бездротових пристроїв. Такий інтерес обумовлений тим, що бездротові прилади забезпечують доступ до тієї інформації, яку раніше неможливо було отримати взагалі або доступ до якої вимагав великих витрат. Проблема доступу до інформації полягає в тому, що об'єкт вимірювання може розташовуватися на значній відстані від центру збору інформації або знаходитися в таких умовах, які не дозволяють використовувати кабельну мережу для передачі даних. Крім жорстких вимог до умов експлуатації, до бездротової системі висувається ряд функціональних метрик, яких необхідно дотримуватися для вирішення поставленого завдання. Кожна бездротова мережа володіє індивідуальним набором параметрів, що визначаються положенням пристроїв і їх технічними характеристиками [1]. Нижче перераховані найбільш значущі з них: 1) кількість вузлів в мережі; 2) швидкість передачі даних по каналах зв'язку; 3) топологія мережі - визначається наявністю або відсутністю радіоканалу між будь-якими двома вузлами; 4) щільність розміщення вузлів - середня кількість «сусідів» вузла мережі [2]. Цей параметр повністю визначається поточною топологією, однак може використовуватися для грубої оцінки мережі; 5) діаметр мережі - це мінімальна кількість ретрансляцій для передачі даних між двома найбільш віддаленими вузлами мережі. Так само як і щільність, цей параметр повністю визначається топологією і може використовуватися для комплексної оцінки мережі за допомогою єдиного параметра; 6) латентність - параметр, що визначає затримку від моменту виникнення події до появи інформації про нього на базової станції; 7) час роботи мережі - визначає час роботи системи без заміни або підзарядки акумуляторів; 8) пропускна здатність - цей параметр визначає обсяг інформації, що проходить через мережу в одиницю часу.

В силу того, що для різних додатків висуваються свої специфічні вимоги, при виборі системи, в першу чергу оцінюються параметри, які дозволяють їй найбільш ефективно вирішити поставлену задачу. Наприклад, для системи, що функціонує в режимі реального часу, найбільш важливим параметром є висока швидкість передачі даних і мала латентність,

а для бездротової протипожежної системи - максимальний час безперервної роботи, простота обслуговування і масштабованість.

На сьогоднішній день відсутня методика, що дозволяє провести комплексну оцінку ефективності роботи бездротової сенсорної мережі. Найпоширеніший метод визначення ефективності системи ґрунтується на оцінці її роботи по окремо взятому критерієм. Такий метод досить простий і дієвий. В даному випадку найбільш ефективною вважається та система, яка перевершує всі інші за обраним параметром.

Для оцінки якості мереж та їх каналів зазвичай використовуються такі параметри, як пропускна здатність і затримка [2]. Ці параметри дозволяють оцінити ефективність роботи мережі загального призначення. Бездротові мережі зі складною структурою складаються з відносно великої кількості вузлів і каналів зв'язку і при цьому фактично не є мережами загального призначення. Таким чином, ефективність мережі неможливо оцінити лише за допомогою показників якості для одиночного каналу або вузла [3]. Отже, оцінку ефективності по одиночному критерієм необхідно проводити для всієї мережі в цілому. Існує три критерії оцінки якості [2], орієнтовані на типові завдання, які вирішуються за допомогою бездротових сенсорних мереж:

1. Критерій сумарної середньої затримки:

$$\sum_{i=1}^N M(h_{iB}) \rightarrow \min$$

де  $N$  - кількість вузлів мережі;  $M(h_{iB})$  - математичне очікування часу доставки даних від вузла  $i$  до базової станції. Включає в себе час безпосередньої передачі, а також інші затримки, такі як час ініціалізації передачі каналним рівнем, очікування в чергах вузлів-маршрутизаторів, та інші. Такий критерій підходить для систем, де одинична затримка доставки пакета не критична, однак у цілому від мережі очікується ефективна продуктивність. Як приклад можна навести системи для наукових досліджень, збору статистичної інформації з метою подальшої обробки, системи обліку для промислових об'єктів. Передбачається, що збір і обробка інформації в таких системах - два різних, слабо пов'язаних за часом етапи.

2. Критерій максимальної затримки:  $\max(h_{iB}(t)) \rightarrow \min, t \in T, i = 1..N$

де  $T$  - час роботи системи;  $h_{iB}(t)$  - час доставки даних від вузла  $i$  до базової станції в момент часу  $t$ . Такий критерій може застосовуватися для системи реального часу, яка вимагає необхідного рівня якості зв'язку для кожного вузла, причому неприпустимо навіть короткочасне погіршення якості зв'язку.

Прикладами таких систем є: військові системи виявлення об'єктів, системи контролю технічного стану промислових агрегатів, системи попередження аварій на промислових об'єктах. Особливістю таких систем є можлива необхідність швидкої реакції у відповідь на зміну параметрів, що реєструються сенсорами.

3. Критерій середньої затримки:  $\max(M(h_{iB})) \rightarrow \min, i = 1..N$

Такий критерій можна використовувати для систем реального часу, що вимагають необхідного рівня якості зв'язку для кожного вузла, однак допускають короткочасні збої. Цей критерій підходить, наприклад, для систем, призначення яких носить розважальний характер. До таких систем пред'являються високі вимоги, однак тимчасові погіршення якості зв'язку не спричинять серйозних наслідків.

Такий метод оцінки ефективності гарний лише в тому випадку, коли необхідно вибрати систему, яка оптимальна по одному з вибраних параметрів при заданих умовах функціонування. Але що ж робити, коли ефективність роботи системи потрібно оцінити за двома і більше параметрами? При цьому всі параметри, за якими ведеться оцінка, повинні вносити певну вагу в підсумкову оцінку і найбільш повно відображати ефективність роботи при вибраних режимах функціонування.

Складні системи характеризуються багатьма параметрами, причому часто в одних систем близькі до оптимуму одні параметри, в інших - інші. В таких умовах непросто оцінити системи без спеціального формалізованого правила - критерію. Запропонована методика передбачає проведення оцінки ефективності за довільним кількістю параметрів. Оцінка ефективності проводиться в два етапи. На першому етапі з системою проводяться різні тести, за допомогою спеціально розроблених моделей. Тести дозволяють визначити значення окремих параметрів - критеріїв оцінки. Тести повинні проводитися при максимально можливих несприятливих умовах функціонування системи: високий рівень шуму в радіоефірі, наявність перешкод, вихід з ладу частини елементів мережі та ін. Кожен з тестів дозволяє оцінити один параметр системи при заданих умовах роботи. На другому етапі оцінки роботи системи пропонується використовувати ваговий критерій ефективності. Ваговий критерій дозволяє врахувати значимість приватних критеріїв, отриманих на першому етапі оцінки. Значення інтегрального критерію ефективності визначається виразом:

$$k = \sum_{i=1}^N \alpha_i k_i$$

де  $n$  - число приватних критеріїв,  $k_i$  - їх значення для оцінюваної системи, а  $\alpha_i$  - їх вагові коефіцієнти (ваги). Для усунення компенсації одного приватного критерію іншим їх значення використовуються в приведеній до максимуму формі. Найкраща система вибирається по максимальному значенню критерію:

$$k(s) = \max_{s \in S} \sum_{i=1}^N \alpha_i \frac{k_i}{k_{i \max}}$$

Вагові коефіцієнти беруться позитивними для максимізуючих і негативними для мінімізуючих окремих критеріїв. Для вибору величин вагових коефіцієнтів застосовується два підходи:

1. Як коефіцієнтів використовують дробові числа, сума яких для кожної системи дорівнює одиниці,
2. Використовують цілі коефіцієнти, причому для найменш важливого приватного критерію беруть одиничний коефіцієнт, а для решти беруть коефіцієнти, кратні одиниці.

У будь-якому випадку більш важливого приватному критерію відповідає більший за абсолютним значенням коефіцієнт.

У зв'язку з величезною кількістю алгоритмів, методів доступу до середовища і готових бездротових рішень, вибір системи і її основних параметрів, а також оцінка ефективності її роботи, стає нетривіальним завданням. Існуюча методика оцінки за одним критерієм виглядає просто, не дозволяючи повною мірою судити про ефективність роботи однієї системи в порівнянні з іншими. Запропонована методика багатокритеріальної оцінки дозволяє значно полегшити вибір системи і її параметрів для застосування в конкретних умовах. Методика дозволяє дати комплексну оцінку роботи системи. Також вона володіє високою гнучкістю, залишаючи вибір значень вагових коефіцієнтів користувачеві. Тим самим, даючи можливість проводити оцінку системи залежно від того, наскільки важливий кожен із критеріїв для роботи системи в заданих умовах.

### Література

1. Скрипов С. А. Імітаційне моделювання бездротових мереж зі складною структурою // Молодий учений. - 2010. - С. 59-66.
2. Скрипов С.А. Розробка протокле маршрутизації для бездротових мереж зі спеціальною топологією // IV Міжнародна науково-практична конференція "Сучасні інформаційні технології та ІТ освіти". - 2009.
3. Ogier R.G. et al. Topology Broadcast based on Reverse-Path Forwarding (TBRPF) // INTERNET-DRAFT, MANET Working Group. - 2002.
4. Статтю рекомендував до опублікування д.т.н., професор А.А. Зорі.