

Дмитро Могилевич, Валерій Правило, Микола Фомін

ВІТІ ДУТ

УДК 621.396

МЕТОДИ СТРУКТУРНОЇ НАДІЙНОСТІ МУЛЬТИСЕРВІСНИХ МЕРЕЖ ЗВ'ЯЗКУ

Анотація: Проведений аналіз методів структурної надійності мультисервісних мереж зв'язку, їх класифікація, визначення, основні показники. Розглянута можливість застосування методів структурної надійності для оцінки мультисервісних мереж спеціального призначення і запропоновано використання методів відповідно до вирішуваного завдання.

Summary: The paper analyzed the methods of structural reliability multiservice networks, classification, definition, key indicators. The possibility of applying the methods of structural reliability assessment for multi-service networks, special purpose and proposed use of methods, depending on the task.

Ключові слова: Структурна надійність, мультисервісна мережа зв'язку, додаткова гілка, якість обслуговування.

I Вступ

Постановка проблеми. Сучасний стан науково-технічного прогресу в області інформаційних технологій можна охарактеризувати як глобальну інформаційну революцію. З кожним роком спостерігається зростання кількості користувачів різних інформаційних мереж, а також послуг, що надаються цими мережами. Розвиток інформаційних послуг, який спостерігається протягом усього періоду існування телекомунікаційної індустрії, відбувається за двома основними напрямками: поява принципово нових послуг і підвищення вимог до якості вже існуючих послуг. Зрозуміло, цей розвиток неможливий без удосконалення відповідної програмно-апаратної інфраструктури, основою якої є, власне, телекомунікаційні мережі (ТКМ). Сучасні ТКМ являють собою різновид об'єктів технічного проектування і можуть створюватися «з нуля» або розвиватися на основі існуючих рішень. Незалежно від цього етапам технічної реалізації передують, як правило, етап моделювання з метою визначення тих чи інших параметрів мережі, важливе місце серед яких займає структурна надійність мережі. Надійність ТКМ з розгалуженою структурою безпосередньо пов'язана з результируючими показниками якості відповідних послуг, її оцінка – точна або найближча – є одним з важливих етапів проектування і аналізу структури мережі. Суть класичного поняття надійності визначається ДСТУ 2860-94 як властивість об'єкта зберігати протягом часу здатність виконувати потрібні функції у заданих режимах і умовах застосування. Надійність є комплексною властивістю, що залежно від призначення об'єкта і умов його застосування може містити в собі безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність та збережуваність або певні сполучення цих властивостей [1]. Найважливішим і найширше використовуваним показником надійності є ймовірність безвідмовної роботи об'єкта. Під структурною надійністю розуміють надійність, зумовлену структурою об'єкта, який аналізується або проектується. Показником структурної надійності об'єкта є ймовірність його безвідмовної роботи, яка розраховується на основі даних, що визначають структуру об'єкта. До таких даних належить інформація про ймовірності безвідмовної роботи вузлів і гілок. У разі, коли вузли мережі вважають абсолютно надійними, структурна надійність мережі розраховується на основі ймовірностей безвідмовної роботи лише гілок. Класичні методи дають змогу знайти аналітичне розв'язання задачі розрахунку надійності окремих зв'язків. На вищому рівні виникає задача оцінки структурної надійності мережі у комплексі як сукупності зв'язків, що реалізуються шляхами багатьох рангів. Така комплексна оцінка являє собою проблему, яка з об'єктивних причин не має тривіального вирішення.

Дмитро Могилевич, Валерій Правило, Микола Фомін ©

Аналіз досліджень та публікацій. Граничні і точні оцінки структурної надійності зв'язків були отримані ще у 70-х роках ХХ ст. [2]. Методи знаходження цих оцінок зводяться до відшукування множин шляхів між вузлами пари, що тяжіє, і визначення надійності кожного з них. Цей метод може бути застосований до зв'язків, утворених шляхами з порівняно невеликою кількістю вузлів (порядку 20). Сучасні телекомунікаційні мережі, однак, характеризуються більшою кількістю вузлів і зв'язків і нерідко містять підструктури, які явно не приводяться до паралельно-послідовних структур. Зі збільшенням кількості вузлів розрахунки точних оцінок можуть ставати доволі трудомісткими (складність зростає експоненціально) навіть під час використання сучасної обчислювальної техніки. Для зменшення складності обчислень замість точних оцінок запропоновано використовувати наближені методи оцінки. Як один із способів оцінки структурної надійності мережі в [3] запропоновано оцінювати її на підставі методу двосторонньої оцінки структурної надійності на основі оцінок Езарі-Прошана. Використання цього методу дає змогу істотно скоротити обсяг обчислень, необхідних для одержання оцінки із заданою точністю.

Формулювання мети статті. Існуючі методи оцінки структурної надійності мереж орієнтовані на застосування у мережах із заздалегідь відомою структурою, до того ж здебільшого лише для окремих їх частин. У той самий час на практиці у багатьох випадках виникає задача оцінки надійності мереж із заздалегідь відомою кількістю вузлів і гілок, але заздалегідь невідомою або не визначеною структурою. У таких випадках виникає необхідність у розгляді методів оцінки надійності мережі загалом, а також окремих її зв'язків. Такі методи можуть також виявитися корисними і у разі оцінки надійності структурно складних мереж із заданою структурою, коли застосування відомих методів утруднене або неможливе. Тому розгляд можливості застосування наближених методів структурної надійності для оцінки мультисервісних мереж спеціального призначення і аналізує ця робота.

II Значення показників структурної надійності ТКМ

У загальному випадку структурна надійність ТКМ визначається надійністю елементів, що входять до складу ТКМ, структурою й топологією мережі, а також наявністю зовнішніх факторів, що впливають. У зв'язку з тим, що функціонально мережа зв'язку розбивається на напрямки зв'язку, кожному з яких може бути задана своя якість обслуговування заявок, що надходять, структурна надійність оцінюється окремо для кожного із цих напрямків. Сукупність показників структурної надійності всіх напрямків зв'язку характеризує структурну надійність розглянутої мережі в цілому. Треба, однак, мати на увазі, що формально незалежна оцінка структурної надійності різних напрямків зв'язку не означає їхню функціональну незалежність. Це обумовлюється тим, що ті самі елементи мережі зв'язку входять в різні напрямки зв'язку. Розглядатимемо традиційну модель ТКМ.

Тоді структурну надійність ТКМ визначимо як характеристику, що визначає можливість абонентів обмінюватися інформацією по ТКМ зв'язку в умовах виникнення технічних відмов і експлуатаційних помилок на її елементах без помітного погіршення ймовірно-часових показників обслуговування заявок.

Структурна надійність ТКМ має ряд особливостей [4] порівняно з надійністю окремих радіотехнічних пристроїв:

- розгалуженість мереж зв'язку, розосереджене розміщення їх елементів на місцевості;
- багатофазне обслуговування заявок, що надходять;
- визначення надійності ТКМ по показниках для окремих напрямків зв'язку;
- наявність змінного статистичного резервування, властивого багатолінійним системам масового обслуговування;

- багатогиповість використовуваних засобів зв'язку, навіть на одному шляху встановлення з'єднання.

Фактори, що визначають структурну надійність ТКМ, можуть бути розділені на дві групи:

- процеси і явища, що викликають відмови елементів ТКМ;
- міри, прийняті на ТКМ, і її властивості, що перешкоджають виникненню відмов або забезпечують виконання значень показників якості обслуговування.

В першу групу факторів входять:

- вплив зброї супротивника;
- агресивні прояви навколишнього середовища;
- недостатня структурна надійність елементів ТКМ.

До другої групи факторів відносяться:

- раціональна побудова структури і топології ТКМ;
- використання стійкої до зовнішнього негативного впливу техніки зв'язку та засобів управління зв'язком;
- застосування спеціальних мір захисту елементів ТКМ.

Показником структурної надійності напрямків ТКМ прийнято вважати ймовірність $W(t)$ безвідмовного обслуговування заявок у напрямку зв'язку. Істотною ознакою для нормування $W(t)$ є прийнята на ТКМ

система обслуговування. Так, при обслуговуванні заявок у напрямку зв'язку по системі із втратами ймовірність $W(t)$ безвідмовного їхнього обслуговування буде дорівнювати

$$W(t) = f(R, q = 1 - p), \quad (1)$$

де R – ймовірність безвідмовної роботи елементів ТКМ (напрямок); q – якість обслуговування заявок у ТКМ (напрямок); p – ймовірність втрат через зайнятість обслуговуючих каналів (приладів) ТКМ (напрямок).

При обслуговуванні заявок по системі з очікуванням [5, 6], за показник структурної надійності напрямків зв'язку приймається ймовірність того, що час $t_{оч}$ очікування початку обслуговування не перевищить заданої величини τ , тобто

$$W(t) = \varphi[R, q = 1 - p(t_{оч} > \tau)] \quad (2)$$

Оскільки в даний час на ТКМ використовуються в основному системи обслуговування заявок із втратами, подальшу оцінку структурної надійності ТКМ будемо проводити по показнику, наведеному в (1). Виходячи із цього, ймовірність $W(t)$ безвідмовного обслуговування заявок на кожній гілці ТКМ буде описуватися виразом

$$W = R(t) \cdot (1 - p_v), \quad (3)$$

де $R(t)$ – ймовірність безвідмовної роботи гілки мережі, що визначається технічними відмовами, які впливають на дану гілку; p_v – ймовірність втрат заявок на гілці через зайнятість всіх каналів (ліній, обслуговуючих приладів та ін.).

Розглянемо більш детально складові частини формули (3). Ймовірність безвідмовної роботи гілки мережі $R(t)$, у даній формулі, визначає технічний стан засобів зв'язку, які утворюють, наприклад, гілку ТКМ (або напрямок зв'язку, або ТКМ в цілому). Величина $R(t)$ може бути визначена наступним чином:

$$R(t) = K_\Gamma e^{-t/T}, \quad (4)$$

де K_Γ – коефіцієнт стаціонарної готовності гілки виконувати поставлене їй завдання; t – безперервний час виконання цього завдання гілкою; T – середній час роботи засобів зв'язку гілки до технічної відмови (середній час напрацювання на відмову).

Коефіцієнт готовності гілки є величиною статистичною і може бути визначений для кожного типу гілки (кожного типу апаратури і типу ліній зв'язку, які утворюють дану гілку) і розраховується як

$$K_\Gamma = \frac{T}{T + T_B}, \quad (5)$$

де T_B – середній час відновлення працездатності ушкодженої гілки; T – середній час роботи засобів зв'язку гілки до технічної відмови.

Підставляючи вираз (5) і (4) в (3) одержимо повну формулу для розрахунку ймовірності W безвідмовного обслуговування потоку заявок на гілці мережі:

$$W = \frac{T}{T + T_B} e^{-t/T} (1 - p_v). \quad (6)$$

Відповідно до прийнятої системи обслуговування заявок на досліджуваній гілці ТКМ ймовірність p_v втрат заявок, за умови зайнятості всіх обслуговуючих каналів (приладів) на гілці ТКМ, буде визначатися по першій формулі Ерланга:

$$p_v = \frac{Z^V}{V!} / \sum_{k=0}^V \frac{Z^k}{k!}, \quad (7)$$

де Z – навантаження, яке надійшло від всієї групи джерел заявок; V – кількість обслуговуючих приладів (каналів) у повнодоступній схемі.

Підставляючи вираз (7) в (6), одержимо:

$$W = \frac{T}{T + T_B} e^{-t/T} \left(1 - \frac{Z^V}{V!} / \sum_{k=0}^V \frac{Z^k}{k!} \right) \quad (8)$$

Керівними документами визначаються мінімально припустимі значення даного показника структурної надійності для передачі різних повідомлень. Таким чином, для оцінки структурної надійності ТКМ необхідні методи, що дозволяють розрахувати ймовірність $W(t)$ безвідмовного обслуговування заявок у заданих

напрямах зв'язку. Розрахунок такої ймовірності є нескладним завданням, якщо як можливі шляхи передачі інформації можуть використовуватися тільки незалежні шляхи.

Однак, при цьому не завжди вдається забезпечити задані вимоги по показниках структурної надійності, якщо вони високі [7]. Крім того, сучасні мережеві протоколи мають можливість застосування залежних шляхів. Тому необхідно враховувати їх потенційні можливості по використанню ресурсів мережі. У цьому випадку процес розрахунку стає більш трудомісткою операцією, тому що безліч методів розрахунку показників структурної надійності ТКМ, як і будь-якої іншої складної системи, ділиться на дві самостійні підмножини: точних і наближених методів. Переваги й недоліки будь-якого методу розглядаються в кожному конкретному випадку.

Як видно на рис. 1, множина аналітичних методів містить вісім підмножин, що відрізняються один від одного використанням математичним апаратом.

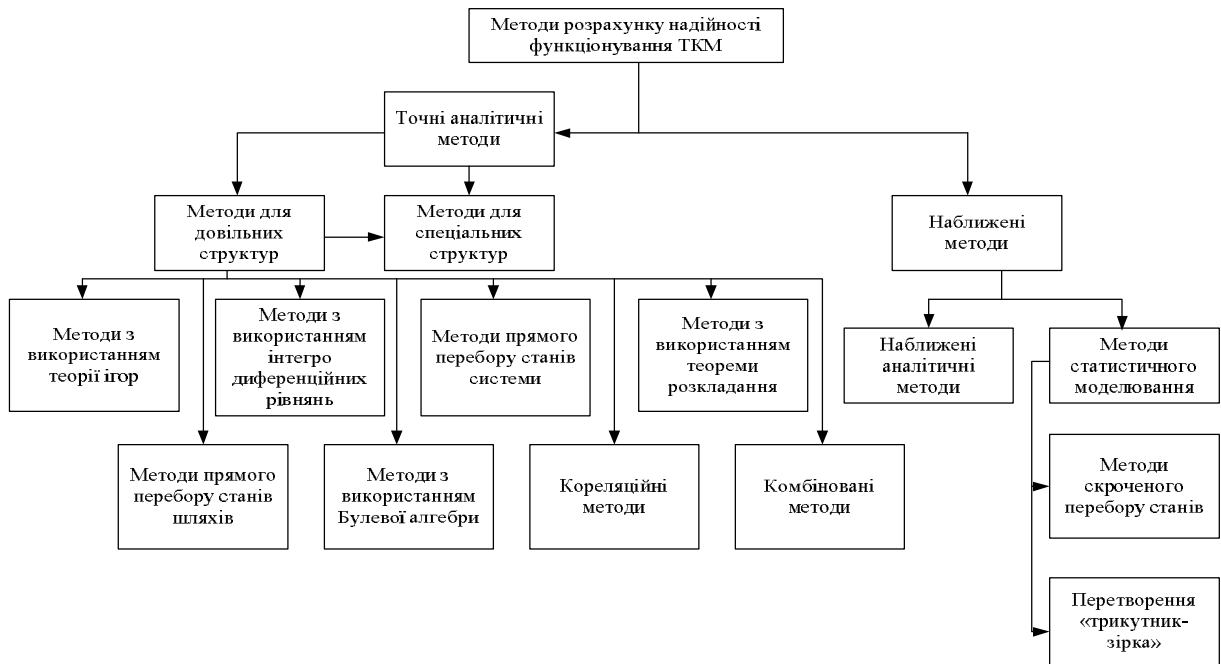


Рисунок 1 – Схема розподілу методів надійності функціонування ТКМ

Будь-який з точних методів неприйнятний при досить великій розмірності оцінюваної мережі [8] (розмірність оцінюється числом припустимих шляхів, числом елементів ТКМ або їхньою сумою). Для багатоелементних розгалужених мереж застосування названих методів стає просто неможливим через необхідність виконання великого числа важкоформалізованих операцій, що обмежує використання засобів обчислювальної техніки. Дуже висока розмірність оцінюваних мереж зв'язку обмежує можливості точних методів, бо починаючи з деякої межі витрати обчислювальних ресурсів ростуть приблизно експоненціально при будь-якому методі. В міру підвищення можливостей точних методів ускладнюються й методики розрахунку, а отже, і алгоритми. Це приводить до подовження машинних програм, збільшенню часу налагодження, настроювання й зниженню надійності їхньої роботи. Тому найчастіше оцінка структурної надійності проводиться наближеними методами. Дані оцінки дозволяють одержати наближені значення структурної надійності напрямку зв'язку за допомогою більш простих виразів, чим розглянуті вище точні методи.

Наближені методи [9, 10] також діляться на дві підмножини: наближені аналітичні методи й методи статистичного моделювання. Застосування кожного з наближених методів неминуче приводить до деяких похибок оцінки (величина похибки при використанні більшості аналітичних наближених методів задається).

Варто відмітити, що різні методи наближеної оцінки також різняться за складністю реалізації й точністю одержуваних результатів. Оптимальним з наближених методів оцінки структурної надійності для ТКМ є метод двосторонньої оцінки структурної надійності на основі оцінок Езарі-Прошана. Перші двосторонні оцінки одержали назву оцінок Езарі-Прошана (ОЕП), за прізвищами американських вчених, що їх запропонували. Для описання ОЕП необхідно ввести поняття простих шляхів і простих розрізів.

Простим шляхом (використовуються також терміни – мінімальний шлях, простий ланцюг) називається послідовність ребер, яка не має циклів та з'єднує між собою полюси мережі.

Простим розрізом (застосовуються також терміни – мінімальний розріз, простий перетин) називається мінімальна за включенням кількість ребер, видалення яких розриває всі шляхи між полюсами мережі. Мінімальність за включенням означає, що ніяка власна підмножина простого розрізу такою не є, тобто не розділяє полюсів мережі.

Можна чекати, що оцінка структурної надійності мережі із заданою кінцевою точністю дозволить скоротити трудомісткість розрахунків в тим більшій мірі, чим нижче необхідна точність оцінки. Дійсно, при розрахунку структурної надійності за сукупністю шляхів додавання кожного наступного шляху призводить до збільшення надійності, а при розрахунку за сукупністю перетинів додавання кожного наступного перетину приводить до зменшення структурної надійності, що створює передумови для двосторонньої оцінки структурної надійності з гарантованою точністю за обмеженими наборами шляхів і перетинів.

При використанні ОЕП повністю ігноруються взаємні зв'язки структурних елементів напрямку зв'язку. Наприклад, передбачається, що всі прості ланцюги (ПЛ), які можуть бути сформовані в даному напрямку як абсолютно незалежні шляхи передачі інформації, включені паралельно один одному. У цьому випадку, якщо всі ПЛ несправні, то в кожному з них буде хоча б по одному несправному елементу, що в результаті може призвести до настання події відмови в обслуговуванні. Нижня оцінка ймовірності безвідмовного обслуговування згідно з ОЕП, визначається як добуток ймовірностей відмови в кожному ПЛ хоча б одного елемента

$$Q_{s,t}^H = \prod_{\mu=1}^M (1 - W_{s,t}^{(\mu)}) = \prod_{\mu=1}^M \left(1 - \prod_{i \neq j \in \mu}^{n_{\mu}} p_{i-j} \right), \quad (9)$$

де M – число ПЛ у напрямку зв'язку, n_{μ} – кількість елементів в μ -му ПЛ.

Протилежне припущення про неповну подію зв'язності може бути сформовано при розгляді послідовного з'єднання простих перетинів (ПП), тобто мінімальної сукупності гілок графу, видалення яких призводить до відсутності зв'язності. Згідно з ОЕП передбачається, що всі ПП, як абсолютно незалежні, включені послідовно один одному. Оскільки ПП виконує завдання роз'єднання, то в справному ПП всі елементи, що входять в нього, перебувають у несправному стані. І, навпаки, у несправному ПП знайдеться хоча б один елемент, що перебуває в справному стані. При послідовному з'єднанні ПП, якщо всі вони несправні, може наступити подія зв'язності. Тоді ймовірність неповної події безвідмовного обслуговування визначається як добуток ймовірностей безвідмовного обслуговування в кожному ПП хоча б одного елемента

$$W_{s,t}^H = \prod_{\rho=1}^P (1 - W_{s,t}^{(\rho)}) = \prod_{\rho=1}^P \left(1 - \prod_{i \neq j \in \rho}^{n_{\rho}} q_{i-j} \right), \quad (10)$$

де P – кількість ПП у напрямку зв'язку, $W_{s,t}$ – ймовірність безвідмовного обслуговування мережі в напрямку зв'язку; n_{ρ} – кількість елементів в ρ -ому ПП.

Однак, необхідно сказати, що ОЕП володіють і низкою недоліків. Основний з них полягає в тому, що для побудови ОЕП необхідне знаходження всіх простих шляхів і розрізів. Для великих мереж це завдання досить трудомістке. Якщо ж число простих шляхів і розрізів виявляється неповним, то побудовані на їх основі оцінки можуть бути невірними, тобто “нижня оцінка” може виявитися більше “верхньої”.

III Висновки

Для оцінки структурної надійності телекомунікаційної мережі необхідно застосовувати методи, що дозволяють розрахувати ймовірність $W(t)$ безвідмовного обслуговування заявок у заданих напрямках зв'язку. Для розрахунку такої ймовірності повинні використовуватися як можливі шляхи передачі інформації тільки незалежні шляхи. У зв'язку з тим, що функціонально мережа зв'язку розбивається на напрямки зв'язку, кожному з яких може бути задана своя якість обслуговування заявок, що надходять, структурна надійність оцінюється окремо для кожного із цих напрямків. Сукупність показників структурної надійності всіх напрямків зв'язку характеризує структурну надійність розглянутої мережі в цілому [11]. Для зменшення складності обчислень запропоновано використовувати наближені методи оцінки. Як один зі способів оцінки структурної надійності мережі запропоновано оцінювати її на підставі методу двосторонньої оцінки

структурної надійності на основі оцінок Езарі-Прошана. Використання цього методу дає змогу істотно скоротити обсяг обчислень, необхідних для одержання оцінки із заданою точністю.

Практичне застосування того або іншого методу визначається постановкою завдання, наявним парком обчислювальної техніки, ступенем точності вихідних ймовірностей $w(t_i)$ безвідмовного обслуговування заявок на елементах і розмірністю оцінюваної телекомунікаційної системи.

Список використаної література: 1. Надійність техніки. Терміни та визначення: ДСТУ 2860-94 – [Чинний від 1996–01–01]. – К.: Держспоживстандарт України, 1996. – 76 с. – (Національний стандарт України). 2. Щербина Л. П. Основы теории сетей военной связи. – Л.: ВАС, 1984. – 170 с. 3. Вермишев Ю. Х. Методы автоматического поиска решений при проектировании сложных технических систем. – М.: Радио и связь, 1982. – 152 с. 4. Кутузов О. И. Татарникова Т. М. Моделирование телекоммуникационных сетей. – С.-П.: СПГУТ, 2005, – 80 с. 5. Мизин И. А., Богатырев В. А., Кулешов А. П. Сети коммутации пакетов / Под ред. В. С. Семенухина. – М.: Радио и связь, 1986. – 408 с. 6. Гадасин В. А. Методы расчета структурной надежности сетей связи. – М.: 1986. 7. Волик В. Г., Рябинин И. А. Эффективность, надежность и живучесть управляющих систем. / Автоматика и телемеханика, 1984, № 12. 8. Надійність технічних систем / Під ред. І.А. Ушакова. – М.: 1985. 9. Романов А. И. Телекоммуникационные сети и управление. – К.: ИПЦ „Киевский университет”, 2003. – 247 с. 10. Антонов А. В., Нікулін М. С. Статистичні моделі в теорії надійності. М.: Абрис: 2012. 11. Рябінін І. А. Надійність і безпека структурно-складних систем. СПб.: Видавництво Санкт-Петербурзького університету, 2007 р., 278 с.

Анна Чунарьова, Руслана Зюбіна
Національний авіаційний університет
УДК 004.056.53(045)

НОВІТНІ МЕТОДИ АУТЕНТИФІКАЦІЇ В БЕЗДРОТОВИХ СИСТЕМАХ ТА МЕРЕЖАХ

Анотація: Проведено аналіз стандартів автентифікації в сучасних бездротових мережах. Розроблено рекомендації щодо використання новітніх методів автентифікації користувачів в сучасних бездротових мережах та запропонована множина захисних функцій автентифікації на еліптичних кривих.

Summary: The analysis of authentication standards in modern wireless networks. The recommendations on the use of new methods of user authentication in wireless networks and proposed a variety of protective functions authentication basic on elliptic curves.

Ключові слова: Аутентифікація, ідентифікація, еліптична крива, бездротові мережі, криптосистеми.

І Вступ

Захист інформаційних ресурсів є базовим чинником процесу проектування будь-яких інформаційних систем незалежно від виду комутації (дротові або бездротові мережі). Розробка політики безпеки, процедури формування моделей порушників, а також методи захисту інформаційних ресурсів мають будуватись на однакових засадах як для дротових, так і для бездротових мереж. Однак існують певні організаційно-технічні відмінності даних процесів.

Базовою відмінністю бездротових систем та мереж (БСМ) є використання частотного ресурсу для передачі інформаційних потоків даних від джерела повідомлення до користувача з урахуванням територіального рознесення об'єктів. Сам принцип бездротової передачі даних включає в себе можливість несанкціонованого підключення як до вузлів передачі, так і до джерел інформації. Безпека бездротових мереж включає в себе два аспекти: захист від несанкціонованого доступу та шифрування інформаційних потоків. У даному випадку розширюється клас можливих загроз інформаційним ресурсам та послугам системи.