

АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ЛАЗЕРНИХ СИСТЕМ ЗВ'ЯЗКУ ТА ПОБУДОВА ІМІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ ЇХ ЗАХИСТУ

У роботі проведено аналіз особливостей різноманітних систем зв'язку насамперед кабельних, оптоволоконних з використанням радіоканалу та лазерного зв'язку. Показані переваги та слабкі властивості цих систем. Собівартість цих чотирьох реалізацій порівняно однакові, час на розгортання у лазерної системи 1-2 тижня, що в декілька разів менше ніж у інших; пропускна спроможність порівняно однакові, однак максимальна діяльність зв'язку коротша – всього до 1200м. Показано, що суттєва перевага лазерних систем полягають у тому, що вони мають прозорість для більшості протоколів; швидкість передачі даних у анонсованому обладнанні до 1 Гбіт/с; висока якість зв'язку; відсутність необхідності дотримання спеціального дозволу; відносно низька собівартість обладнання тощо.

Крім того, в статті ставиться за основну мету узагальнення процесу імітаційного моделювання для створення захищеного лазерного каналу зв'язку за окремими етапами з формулюванням задач на кожному з них. Це дозволяє підвищити якість проведення досліджень та дає можливість створення нової конкурентоспроможної продукції. Під імітацією розуміється досягнення суті явища, не прибігаючи до експериментів на реальному об'єкті. При створенні концептуальної моделі практично паралельно формується область вихідних даних (інформаційний простір). На даному етапі виявляються кількісні характеристики (параметри) функціонування об'єкта і його елементів, чисельні значення яких складають вихідні дані для моделювання. Звично, що значна частина параметрів системи – це ймовірні величини. Тому особливе значення при формуванні вихідних даних має вибір законів розподілу ймовірних величин, апроксимація функцій тощо.

Ключові слова: лазерний зв'язок, обмін інформацією, швидкість передачі даних, захищений лазерний канал зв'язку, імітаційне моделювання, модель, параметри системи.

Вступ та аналіз останніх досліджень. Сьогодні у світі існує велика кількість мереж, що виконують різноманітні функції та вирішують багато технічних, соціальних, військових та безпекових завдань. Слід відзначити, що постійно існує низка проблем подальшого розвитку зв'язку, одним з найважливіших з них є підвищення пропускної здатності і особливо захисту від несанкціонованого проникнення [1].

Лазерний зв'язок на відміну від GSM дозволяє здійснювати з'єднання типу «точка - точка» зі швидкістю передачі інформації до 155 Мбіт/с. У комп'ютерних та телефонних мережах лазерний зв'язок забезпечує обмін інформацією в режимі повного дуплексу. Разом з тим, що не потрібна надвисока швидкість наприклад у системах управління, технологічного та охоронного телебачення, є можливість включати в канал декілька потоків інформації. Захищеність лазерного каналу також є найвищий рівень серед інших, насамперед кабельного, оптоволоконного та з використанням радіоканалу. Собівартість цих чотирьох реалізацій порівняно однакові, час на розгортання у лазерної системи 1-2 тижня, що в декілька разів менше ніж у інших; пропускна спроможність порівняно однакові, однак максимальна дія зв'язку коротша – всього до 1200м.

Іншими переваги лазерних систем є наступні [2]:

- прозорість для більшості протоколів;
- швидкість передачі даних у анонсованому обладнанні до 1 Гбіт/с;

- висока якість зв'язку;
- відсутність необхідності дотримання спеціального дозволу;
- відносно низька собівартість обладнання тощо.

У самої технологічно розвинутої країни світу США використовуються три провідних найбільш популярних лазерних систем – Loo, OmniBeam – 2000 та Omni Beam – 4000. Сімейство Loo є базовим і дозволяє передачу даних і голосових повідомлень на відстані до 1000м. Сімейство Omni – Beam – 2000 має такі ж характеристики, але дозволяє передачу на 1200м і дозволяє передавати відеозображення і комбінації його з голосом. Сімейство Omni Beam – 4000 високоскоросне 34 – 52 Мбіт/с на відстані 1200м та 100 – 155 Мбіт/с до 1000м і має великі спроможності до модернізації [3]. Якість та надійність роботи лазерних систем та приладів залежать від властивостей основних функціональних матеріалів, особливостей конструкцій та технології їх виготовлення [4].

В статті ставиться за основну мету узагальнення процесу імітаційного моделювання для створення захищеного лазерного каналу зв'язку за окремими етапами з формулюванням задач на кожному з них. Це дозволить підвищити якість проведення досліджень та дасть можливість створення нової конкурентоспроможної продукції. Під імітацією розуміється досягнення суті явища, не прибігаючи до експериментів на реальному об'єкті. Частіше за все під імітаційною моделлю розуміється логіко-математичний опис об'єкта, який може бути використаний для експериментування на комп'ютері з метою проектування, аналізу й оцінки функціонування об'єкта [5]. Імітаційне моделювання – техніка чисельних експериментів, за допомогою яких можливо отримати емпіричні оцінки ступеня впливу різноманітних факторів, які точно не визначені, на залежні від них результати. Мета імітаційного моделювання складається з відтворення поведінки досліджуваної системи на підставі результатів аналізу найбільш важливих взаємозв'язків між її елементами.

Основні результати досліджень. Для моделювання необхідно створити модель і провести її дослідження. Процес створення моделі проходить декілька стадій. Він починається з дослідження реальної системи, її внутрішньої структури і змісту взаємозв'язків між її елементами. В укрупненому плані імітаційне моделювання припускає наявність наступних етапів:

- розробка концептуальної моделі;
- підготовка вихідних даних;
- вибір засобів моделювання;
- розробка програмної моделі;
- перевірка адекватності моделі і її коригування;
- планування імітаційних експериментів;
- проведення імітаційних експериментів;
- 1. аналіз результатів моделювання.

Побудова імітаційної моделі звично починають з представлення об'єкта в вигляді «чорного» ящика з множиною входів X і виходів Y (рис.1).

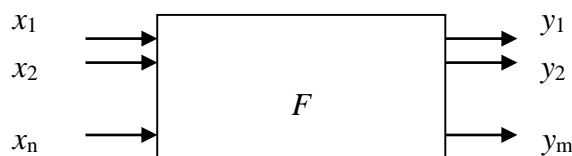


Рисунок 1 – Формальне представлення об'єкта

Під входами розуміється будь-які впливи на об'єкт, наприклад, натискування кнопки «пуск», атмосферні впливи, сигнали генератора тактової частоти і т.ін. реакцію об'єкта досліджують на виходах Y , які можуть буди зміни форми сигналу, значення коефіцієнту готовності тощо. Для побудови моделі необхідно описати сукупність вхідних (незалежних) змінних $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, задати закон змін – функціональну залежність F і визначити вихідні данні (показники) Y . Тоді математична модель системи або процесу має вигляд:

$$Y = F(x_1, x_2, \dots, x_n).$$

По мірі вивчення логіки функціонування пристрою його структурну модель деталізують різноманітними блоками і взаємозв'язками між ними. Для одного і того ж самого об'єкта можливо скласти велику множину таких моделей. Вони будуть відрізнятися ступеню деталізації і урахування той чи іншої особливості режимів функціонування об'єкта. Тому всі етапи імітаційного моделювання пронизані наперед сформульованою метою досліджень. Метою досліджень може бути визначення вірогідності приймання сигналу, визначення показника похибки вимірювання, дослідження впливу показників середовища розповсюдження сигналу і т.ін.

Після визначення мети моделювання будується концептуальна модель досліджуваного об'єкта. Концептуальна модель – це абстрактна модель, яка визначає склад і структуру об'єкта, властивості елементів і причинне - наслідкові зв'язки, які притаманні об'єкту і суттєві для досягнення мети моделювання. Так, наприклад, суттєвими елементами лазерного каналу зв'язку є лазерний випромінювач та приймач лазерного випромінювання, які повинні бути обов'язково пов'язані між собою за основними параметрами. В концептуальній моделі звичайно в словесної формі доводяться відомості про природу і параметри (характеристики) елементарних явищ (властивостей) об'єкта дослідження, про вид та ступень взаємодії між ними, про місце і значення кожного елементарного явища в загальному процесі функціонування об'єкта. Елементарними явищами для цього прикладу є: пряmlinійність розповсюдження лазерного випромінювання, спектральні та імпульсні характеристики передавача та приймача лазерного випромінювання повинні співпадати тощо. Наступним кроком на шляху створення концептуальної моделі є вибір рівня деталізації моделі (стратифікація). Модель об'єкта уявляється у вигляді сукупності частин (елементів). В цю сукупність включаються всі частини, які забезпечують досягнення мети моделювання. Звісно, що для оцінки максимальної протяжності каналу зв'язку обов'язково потрібно врахувати параметри оптичної системи як передавача та і приймача випромінювання.

При створенні концептуальної моделі практично паралельно формується область вихідних даних (інформаційний простір). На даному етапі виявляються кількісні характеристики (параметри) функціонування об'єкта і його елементів, чисельні значення яких складають вихідні дані для моделювання. Звично, що значна частина параметрів системи – це ймовірні величини. Тому особливе значення при формуванні вихідних даних має вибір законів розподілу ймовірних величин, апроксимація функцій тощо.

Так, в загальному випадку будь-яка система зв'язку може бути подана наступним набором елементів (рис. 2). При цьому для моделі лазерної системи зв'язку потрібна більша деталізація (рис. 3).

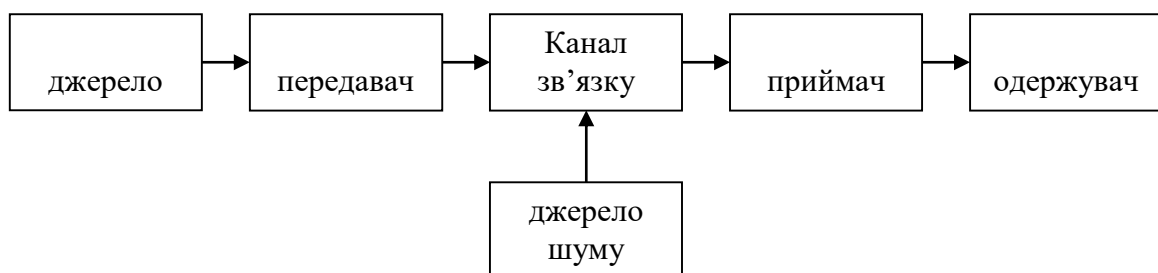


Рисунок 2 – Спрощене представлення системи зв'язку

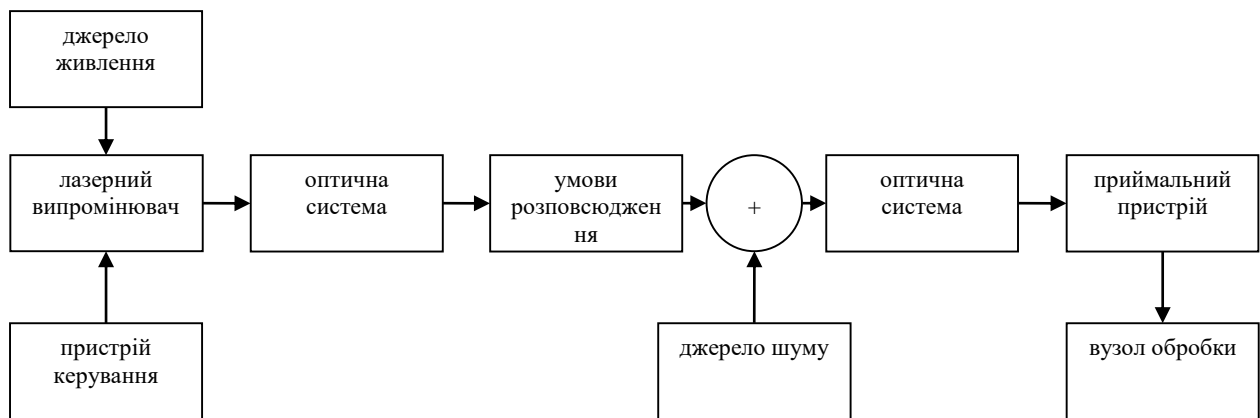


Рисунок 3 – Представлення моделі лазерної системи зв'язку

Поодиноким випадком лазерного каналу зв'язку може бути вимірювальний канал лазерного далекоміра (рис. 4), де передавачем відображеного лазерного сигналу є сама ціль з характеристиками, які залежать від її розміру, покриття, взаємного розташування та її оточення.



Рисунок 4 – Структура вимірювального каналу лазерного далекоміру

Програмні і технічні засоби моделювання вибираються з урахуванням ряду критеріїв. Неодмінна умова при цьому – достатність і повнота засобів для реалізації концептуальної моделі. Серед інших критеріїв можна назвати доступність, простоту і легкість освоєння, швидкість і коректність створення програмної моделі. Якщо вибір технічних засобів в дійсний час не викликає особливих забруднень, то вибір програмних засобів достатньо складний. В наступний час відомо більш 500 мов моделювання: Simulink, ИМИТАК [8], Triad.net, AnyLogic, Aimsun [9], Arena [10], GPSS, simuLab [11] та інші. Автори статті вивчили низку мов моделювання та мають підстави стверджувати, що найбільш зручною мовою для моделювання каналів зв'язку є система MATLAB з пакетом Simulink [12]. Пакет Simulink дозволяє здійснювати моделювання поведінки динамічних нелінійних систем. Користувач здійснює графічну збірку будь-якої системи з окремих блоків, які зберігаються в бібліотеках Simulink. В результаті такої збірки утворюється модель системи (S-модель), яка зберігається в файлі з розширенням .mdl. Наприклад, систему зв'язку (див. рис.2) в Simulink [13] можливо представити наступним чином (рис. 5).

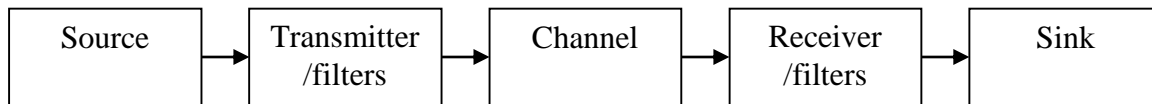


Рисунок 5 – Представлення системи зв'язку у пакеті Simulink

Прикінцеві етапи побудови моделі не менш важливі за ступенем відповідальності. Частіше за все їх визначають, як оцінку адаптації розробленої системи, і часто не враховують, що тут мають місце дві різноманітні по суті проблеми. Перша – верифікація, тобто наскільки створена модель близька реально існуючому явищу. Друга – наскільки дана модель придатна для дослідження нових, ще не спробуваних значень аргументів і параметрів системи. Перша проблема вирішується ретроспективним методом або методом контрольних точок. Звично в системі задаються такі значення параметрів і початкових значень, в які вона повинна прийти через визначену кількість кроків модельного часу до стану, яке звісно досліднику. Імітаційне моделювання має особливі труднощі при рішенні проблеми адекватності моделі, оскільки багатий інформаційний фонд і сама модель:

- сукупність великої кількості моделей;
- методи зовнішньої оцінки, де експерт оцінює входи, виходи, структуру, приблизні результати;

- необхідна трасування моделі, де аналізується логіка моделювання;
- внутрішня оцінка, де використовуються статистичні критерії типу критерію Фішера;
- можливе використання історичних підходів.

При плануванні імітаційних експериментів припускається рішення наступних проблем:

- визначення обсягу вибірки;
- визначення кількості факторів впливу;
- багатокomпонентність функції реалізації.

Проведення імітаційних експериментів здійснюється відповідно до вибраного плану. Особливо значення відводиться підготовці вихідних даних і діалогової системі [14]. Якісну діалогову структуру визначає повністю зв'язаний граф. Скорочення часу моделювання систем може бути досягнуте за рахунок використання більш точних методів оцінювання. Як звісно з математичної статистики, найбільшу точність при заданому обсязі вибірки мають ефективні оцінки. Оптимальна фільтрація і метод максимального правдоподібності дають загальний метод отримання таких оцінок.

Висновки

1. В роботі показано переваги лазерних систем зв'язку перед провідниковими кабельними, оптоволоконними та з радіоканалом.

2. Проведено аналіз результатів моделювання заснований на математичній обробці отриманих результатів. Тут використовуються методи математичної статистики: параметричне і непараметричне оцінювання, перевірка гіпотез тощо, прикладом параметричної оцінки є вибіркове середнє показника ефективності.

3. Серед непараметричних методів оцінки найбільш розповсюдженим є метод гістограм.

4. Результати моделювання доцільно представляти у вигляді чисельних значень, графіками, гістограмами.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Методы и средства защиты информации. Несанкционированное получение информации. Монография / С.В. Ленков, Д.А. Перегудов, В.А. Хорошко. – Харьков: ТОВ «Фактор-Друк», 2008. – Том 1. – 464 с.

2. Ленков С.В., Сельюков О.В. Історія і тенденції розвитку спеціальної техніки лазерної далекометрії // Журнал «Сучасна спеціальна техніка». – К., 2010. - №4(23). – С.– 47 – 53.

3. Кулик Т.К., Прохоров Д.В. Методика сравнительной оценки работоспособности лазерных линий связи // *Технология и средства связи*, 2000, №6, С. 8 – 18.
4. Напівпровідникові лазери з електронним накачуванням. Том 2. Активні середовища. Розробка приладів. Монографія / О.С. Гаркавенко, С.В. Ленков, В.А. Мокрицький, В.В. Видолоб. – Одеса, Поліграф, 2006. -456 с.
5. Хемди А. Иммитационное моделирование.-М.: «Вильямс», 2007., 216 с.
6. Строгалев В.П., Толкачева И.О. Иммитационное моделирование.-М.: МГТУ им. Баумана, 2008., 172 с.
7. Ленков С.В., Джулій В.М., Мірошніченко О.В., Бойко Б.О. Метод передачі прихованої інформації без спотворення растрового зображення // *Збірник наукових праць Військового інституту Київського національного університету імені Тараса Шевченка*. – К., 2017. – № 58. – С.115 – 123.
8. <http://imitak.ru>
9. <http://www.aimsun.com>
10. <http://www.arenasimulation.com>
11. <http://www.simulab.ru>
12. SIMULINK. Dynamic System Simulation formatlab/Version 2.2. Math works Inc., 2006/
13. Математическое моделирование систем связи: методические указания к лабораторным работам по дисциплине “Математическое моделирование каналов и систем телекоммуникаций».-Ульяновск, УЛГТУ, 2007.-24 с.
14. Методы и средства защиты информации. Информационная безопасность. Монография / С.В. Ленков, Д.А. Перегудов, В.А. Хорошко. – Харьков: ТОВ «Фактор-Друк», 2008. – Том 2. – 342 с.

REFERENCES:

1. Lenkov S.V., Peregudov D.A. and Horoshko V.A. (2008). *Metody i sredstva zashhity informacii. Nesankcionirovannoe poluchenie informacii*. Har'kov: Faktor-Druk», vol. 1, 464 p.
2. Ljenkov S.V., Sjeljukov O.V. (2010). *Istorija i tendencii' rozvytku special'noi' tehniky lazernoi' dalekometrii'*. *Suchasna special'na tehnika*. Kyiv, no. 4(23), pp. 47 – 53.
3. Kulik T.K., Prohorov D.V. (2000). *Metodika sravnitel'noj ocenki rabotosposobnosti lazernyh linij svjazi. Tehnologija i sredstva svjazi*, no. 6, pp. 8 – 18.
4. Garkavenko O.S., Ljenkov S.V., V.A. Mokryc'kyj and Vydolob V.V. (2006). *Napivprovodnykovi lazery z elektronnyim nakachuvannjam*. Vol. 2. Aktyvni sere dovys'ha. Rozrobka prykladiv. Odesa, Poligraf, 456 p.
5. Hemdi A. (2007). *Immitacionnoe modelirovanie*. M.: «Vil'jams», 216 p.
6. Strogalev V.P., Tolkacheva I.O. (2008). *Immitacionnoe modelirovanie*. Moscow: MGTU im. Baumana, 172 p.
7. Ljenkov S.V., Dzhulij V.M., Miroshnichenko O.V. and Bojko B.O. (2017). *Metod peredachi pryhovanoi' informacii' bez spotvorennja rastrovogo zobrazhennja*. *Zbirnyk naukovyh prac' Vijs'kovogo instytutu Kyi'vs'kogo nacional'nogo universytetu imeni Tarasa Shevchenka*. Kyiv, no. 58, pp. 115 – 123.
8. *Imitacionnoe modelirovanie jekonomicheskikh sistem*, available at :<http://imitak.ru>.
9. *Modelirovanie i II dlja mobil'nosti budushhego*, available at : <http://www.aimsun.com>
10. *Programmnoe obespechenie dlja modelirovanija areny*, available at: <http://www.arenasimulation.com>
11. available at : <http://www.simulab.ru>.
12. SIMULINK. Dynamic System Simulation formatlab/Version 2.2. Math works Inc., 2006.
13. *Matematicheskoe modelirovanie sistem svjazi: metodicheskie ukazanija k laboratornym rabotam po discipline “Matematicheskoe modelirovanie kanalov i sistem telekommunikacij»*. Ul'janovsk, UIGTU, 2007, 24p.
14. Lenkov S.V., Peregudov D.A and Horoshko V.A. (2008). *Metody i sredstva zashhity informacii. Informacionnaja bezopasnost'*. Har'kov: Faktor-Druk, vol. 2, 342 p.

**D.Sci. Tech., prof. Lienkov S.V., PhD Pampukha I.V., Ryaba L.O., Miroschnichenko K.O.
ANALYSIS OF FEATURES OF LASER SYSTEMS CONNECTION AND CONSTRUCTION
OF SIMULATION MODEL OF THEIR PROTECTION**

The analysis of features of various communication systems first of all cable, fiber-optic with use of a radio channel and laser communication is carried out in work. The advantages and disadvantages of these systems are shown. The cost of these four implementations is relatively the same, the time for deployment in the laser system is 1-2 weeks, which is several times less than in the others; bandwidth is relatively the same, but the maximum communication activity is shorter - only up to 1200m. It has been shown that a significant advantage of laser systems is that they have transparency for most protocols; - data transfer rate in the announced equipment up to 1 Gbps; - high quality of communication; - no need to comply with a special permit; - relatively low cost of equipment, etc.

In addition, the main goal of the article is to generalize the process of simulation to create a secure laser communication channel in separate stages with the formulation of tasks on each of them. This improves the quality of research and enables the creation of new competitive products. Simulation means achieving the essence of the phenomenon without resorting to experiments on a real object. When creating a conceptual model, the area of source data (information space) is formed almost in parallel. At this stage, the quantitative characteristics (parameters) of the object and its elements are revealed, the numerical values of which are the initial data for modeling. It is usual that a significant part of the system parameters are probable values. Therefore, the choice of the laws of distribution of probable quantities, approximation of functions, etc. is of special importance in the formation of the initial data.

Keywords: *Methods and means of information protection. Information security.*

