

КОМП'ЮТЕРНІ СИСТЕМИ ТА КОМПОНЕНТИ

УДК 004.358

Б. В. Блощинський, Я. М. Клятченко

**ЕФЕКТИВНІСТЬ КОМП'ЮТЕРНИХ ЗАСОБІВ
КЕРУВАННЯ АВТОМАТИЧНИМ НАПРАВЛЕННЯМ
АНТЕН У БЕЗДРОТОВИХ СИСТЕМАХ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ

Анотація. Сучасні телекомунікаційні системи набули значної популярності завдяки, в першу чергу, ефективним засобам передачі інформації. Однак, незалежно від способу передачі інформації, ефективність будь-якої системи може бути обмежена максимальною швидкістю та дальністю цієї передачі. Також, ефективність та доцільність використання, наприклад, бездротових систем передачі даних залежить від рельєфу, швидкості розгортання, економічних показників та тривалості використання. В системах бездротової передачі даних в приймачах (передавачах) використовуються антени спрямованої дії, які мають бути розгорнуті для встановлення каналу зв'язку шляхом направлення на джерело (приймач) сигналу. Але значний вплив на швидкість розгортання таких бездротових систем передачі даних із спрямованими антенами чинить процес автоматичного направлення антени. Підвищення ефективності засобів автопозиціонування антен досягається за рахунок нової запропонованої їхньої структурної організації, вдосконалених алгоритмів керування направленням антени та застосування сучасної елементно-компонентної бази. Проведено аналіз та порівняння експериментальних результатів роботи запропонованого рішення для бездротових систем передачі даних. Також, запропоновано структури системи автоматичного направлення антени, реалізовано діючий прототип, створено керуюче програмне забезпечення та проведено тестування його функціонування згідно розроблених алгоритмів. Продемонстровано широкі можливості сучасної елементно-компонентної бази для реалізації апаратури засобів автоматичного направлення антен. При аналізі отриманих результатів тестування створеного прототипу було показано ефективність запропонованих алгоритмів, яка досягається за рахунок їхнього комбінування для отримання гарантованого результату. Запропоновано схему застосування цих алгоритмів, суть якої полягає в тому, що один алгоритм має керувати направленням антени, яке буде приблизним, а інший алгоритм буде виконувати точне позиціонування, тобто коригувати та завершувати направлення антени.

Ключові слова: бездротові системи передачі даних, мікроконтролер, автопозиціонування, направлення антени, бездротовий зв'язок.

Abstract. Modern telecommunication systems have gained considerable popularity thanks, first of all, to effective means of information transmission. However, regardless of the method of information transmission, the effectiveness of any system can be limited by the maximum speed and range of this transmission. Also, the effectiveness and feasibility of using, for example, wireless data transmission systems depends on the terrain, speed of deployment, economic indicators and duration of use. In wireless data transmission systems, directional antennas are used in receivers (transmitters), which must be deployed to establish a communication channel by directing the signal to the source (receiver). But the automatic antenna pointing process has a significant impact on the speed of deployment of such wireless data transmission systems with directional antennas. Increasing the efficiency of the means of auto-positioning of antennas is achieved due to the newly proposed structural organization of them, improved algorithms for controlling the direction of the antenna and the use of a modern element-component base. An analysis and comparison of the experimental results of the proposed solution for wireless data transmission systems was carried out.

Also, the structure of the automatic antenna direction system was proposed, a working prototype was implemented, the control software was created and its functioning was tested according to the developed algorithms. The broad capabilities of the modern element-component base for the implementation of equipment for automatic antenna pointing are demonstrated. The analysis of the test results of the created prototype showed the effectiveness of the proposed algorithms, which is achieved by combining them to obtain a guaranteed result. A scheme of application of these algorithms is proposed, the essence of which is that one algorithm should control the direction of the antenna, which will be approximate, and the other algorithm will perform exact positioning, that is, correct and complete the direction of the antenna.

Key words: wireless data transmission systems, microcontroller, auto positioning, antenna pointing, wireless.

DOI: <https://doi.org/10.31649/1999-9941-2023-58-3-33-40>.

Вступ

В сучасних телекомунікаційних системах вплив засобів для організації бездротового зв'язку стає все більш помітним та відіграє ключову роль завдяки підключенню віддалених об'єктів до спільної мережі. Наприклад, ці засоби є незамінними при створенні магістрального каналу мережі операторів зв'язку коли неможливо підключитись до віддаленої комп'ютерної мережі або у випадку, коли економічно недоцільно прокладати волоконно-оптичну магістраль. Основними перевагами сучасних бездротових ліній зв'язку є: швидке розгортання ліній зв'язку при відносно низьких грошових витратах; можливість безперешкодного проходження мережі через транспортні магістралі та по водній поверхні; висока рентабельність роботи бездротового ретранслятора; мінімальна вартість експлуатації мережі; ефективна організація якісного зв'язку в складних географічних і кліматичних умовах; багатофункціональне викорис-

тання каналів для забезпечення доступу до засобів Інтернету для передачі електронних документів, головної та відеоінформації. [1].

Актуальність

Для того щоб встановити бездротовий канал зв'язку, необхідно встановити приймач або передавач і розгорнути антену. Але проблемним питанням використання спрямованої антени є її направлення на джерело або приймач сигналу. Зазвичай кінцеві станції передають або приймають сигнали з одного напрямку зв'язку, а проміжні станції і приймають, і передають сигнали в обох напрямках. Для забезпечення стабільності, антени сусідніх станцій розташовують на природних височинах, щоглових пристроях або баштах з дотриманням умови, що на шляху сигналу немає жодних перешкод. До однієї із функцій проміжних станцій можна віднести ретрансляцію, яка буває т. з. чиста (наскрізна) та вузлова. Чиста ретрансляція використовується у випадках, коли необхідно прийняти, перетворити, посилити і передати наступній станції отриманий сигнал повністю. Вузлова ретрансляція використовується, коли потрібно оперативно відокремити частину отриманої на станції інформації і замінити її на нову, наприклад, отриману з інших джерел. Отже, постає задача розробки, реалізації та підвищення ефективності засобів автоматичного направлення антен для систем бездротового зв'язку.

Мета

Метою роботи є підвищення ефективності засобів направлення антен шляхом відображення завдань і алгоритмів на структуру, склад та функціональні можливості цих засобів.

Задачі

1. Аналіз можливостей та особливостей застосування сучасної елементно-компонентної бази для апаратних структур засобів автоматичного направлення антен.
2. Дослідження і реалізація алгоритмів керування направленням антени, а також аналіз їхньої ефективності.
3. Оцінка результатів роботи створеного прототипу реалізованої системи.

Розв'язання задач

Організація бездротового зв'язку зводиться до побудови лінії зв'язку, що у свою чергу залежить від засобів для точного та швидкого направлення антен, які характеризуються наявністю в своєму складі системи команд управління, ручним/автоматичним позиціонуванням, наявністю складових для контролю і аналізу вхідних даних та організацією обміну даними через послідовний інтерфейс. Також сюди можна включити програмне забезпечення, яке має керувати орієнтацією антени по азимуту і куту місця. Цей пристрій за допомогою спеціальних алгоритмів має забезпечувати направлення антени на джерело сигналу з певною точністю. Оскільки пристрій встановлюється у комплекси зв'язку для керування іншими системами цього комплексу, то необхідно забезпечити можливості для розширення кількості одиниць периферійного обладнання, що могло б підключатися до розробленого пристрою. Для реалізації пристрою [2] вибрано одноплатний мінікомп'ютер – RaspberryPi 3B+ [3]. На цій платформі система побудована на базі комплексу розробника – Arduino UNO, виконаного на базі 8-бітного мікроконтролера ATmega 328P [4].

Пропонується наведена нижче структура системи автоматичного направлення антени (рис.1).

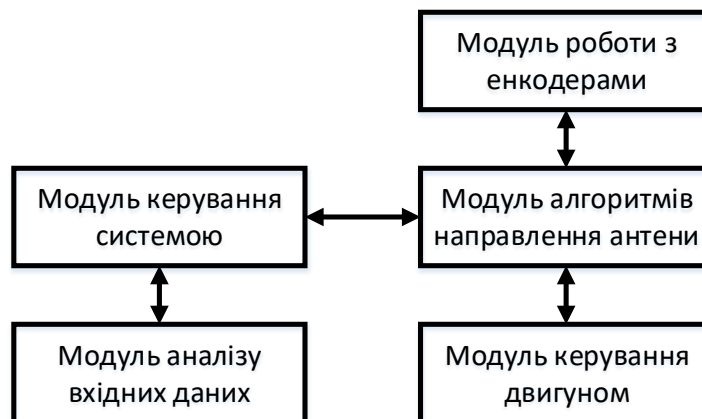


Рисунок 1 – Структура системи автоматичного направлення антени

Модуль керування системою призначено для отримання та виконання команд, які надходять від оператора системи. До таких команд можна віднести, наприклад, команду повернути приймач на певний кут в одній із площин або ініціювати процедуру направлення на сигнал за одним із алгоритмів.

До функцій модуля аналізу вхідних даних входять: зчитування показників від приймача, їхній аналіз та перетворення у цифровий вигляд для подальшого використання. У модулі алгоритмів направлення реалізовано декілька алгоритмів направлення приймаючого пристрою на джерело сигналу. Цей модуль пов'язаний з модулем керування двигунами і модулем роботи з енкодерами. Цей модуль, аналізуючи дані, отримані від енкодера, керує двигунами.

Для того, щоб визначитись із способом орієнтації у просторі, тобто як програмне забезпечення системи має визначити місце розташування антени у конкретний момент часу, оптимальним рішенням є застосування крокового двигуна [5] з енкодером [6]. Модуль роботи з енкодерами збирає інформацію від енкодерів і передає її до модуля алгоритмів направлення.

Модуль керування двигунами відповідає за надсилання керуючих сигналів на мікросхему-драйвер керування кроковими двигунами (базі мікросхеми A4988) [7]. Крокові двигуни використовуються для керування позицією об'єкта або для обертання певного вузла з фіксованою швидкістю на заданий кут. Перед використанням двигуна необхідно провести налаштування драйвера, а саме обмежити максимальний струм, що протікає через обмотки двигуна. Після конфігурування виконується цикл, під час якого на вивід драйвера посилюються імпульси для обертання двигуна.

Для оцінки запропонованих рішень створено прототип (макет) для тестування роботи системи автоматичного направлення антен [2]. Корпус пристрою виконано із пластмаси, він представляє собою короб, до якого кріпляться усі необхідні для його роботи компоненти, а саме: два енкодера, два крокових двигуна, плата Arduino UNO, два драйвери крокових двигунів, фоторезистор (див. рис.2).

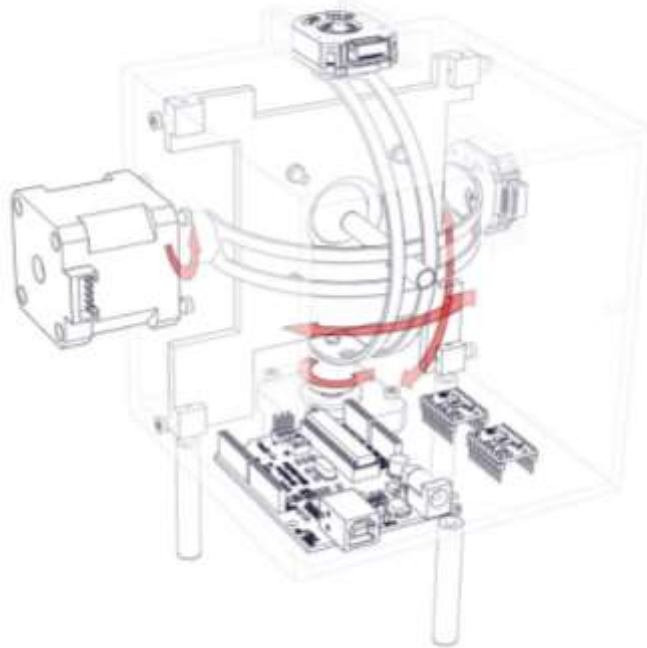


Рисунок 2 – Вигляд прототипу системи автоматичного направлення антен

У розробленому прототипі системи автоматичного направлення антени для проведення тестування у ролі приймаючого пристрою використовується фоторезистор. Як вхідні дані використовується значення напруги, яка знімається між двома резисторами, один з яких є фоточутливим. Коли світло потрапляє на поверхню фоторезистора, його опір зменшується, і таким чином, знаходиться напрямок джерела світла.

При роботі система може наводитись на джерело сигналу, працюючи за двома алгоритмами. Перший алгоритм – це алгоритм прямокутних спіралей, який працює за таким принципом: починаючи процес пошуку у центрі, “око” переміщується у заданому напрямку, доки покази напруги з фоторезистора не почнуть зменшуватись. Після цього “око” повернеться у останню точку по заданій координаті, де напруга не зменшувалася, і почне рухатися у перпендикулярному напрямку, також аналізуючи значення напруги. Результат роботи алгоритму зображено на рис.3. Зірка показує місце розташування джерела сиг-

налу. Пунктирна лінія зображує приблизний шлях, який проходить "око" для направлення на джерело сигналу.



Рисунок 3 – Схематичне зображення роботи алгоритму прямокутних спіралей

Спрощену блок-схему алгоритма представлено на рис.4.

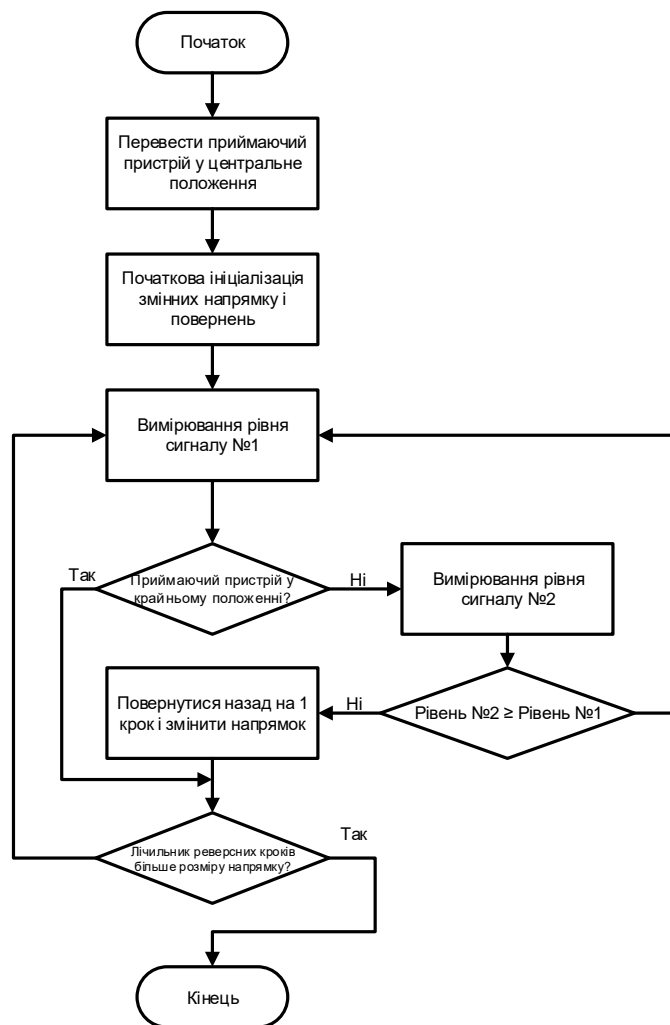


Рисунок 4 – Спрощена схема алгоритма прямокутної спіралі

Другий алгоритм – алгоритм простого сканування (рис.5). "Око" сприймає видиму йому область як матрицю, і сканує її, порівнюючи значення напруги у кожній її клітинці. Після знаходження найбільшого значення напруги, алгоритм запам'ятовує декілька параметрів, таких як значення напруги, координату X, координату Y. Після проходження по всій області, "око" повертається у точку з координатами X і Y, у якій значення напруги найбільше з усієї області, що доступна для "ока".

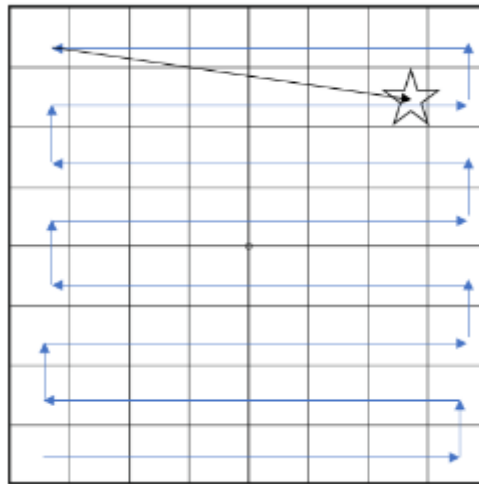


Рисунок 5 – Схематичне зображення роботи алгоритму простого сканування

Крокові двигуни керуються через драйвери сигналами з плати Arduino UNO. До валу кожного двигуна прикріплено кулісу, яка вигнута у формі півкола (див. рис. 6). Дві куліси закріплені під прямим кутом. У область, що утворюється при перетині куліс, вставляється палець з вмонтованим на протилежній стороні фоторезистором. З іншої сторони палець вставляється у сферу, яка затискається між двома пластинами, і тим самим утворюється шаровий механізм. Таким чином, при обертанні валу двигуна куліса, що закріплена на ньому, теж обертається. При обертанні куліса рухає палець з фоторезистором у площині другої куліси. Кут повороту контролюється енкодерами.

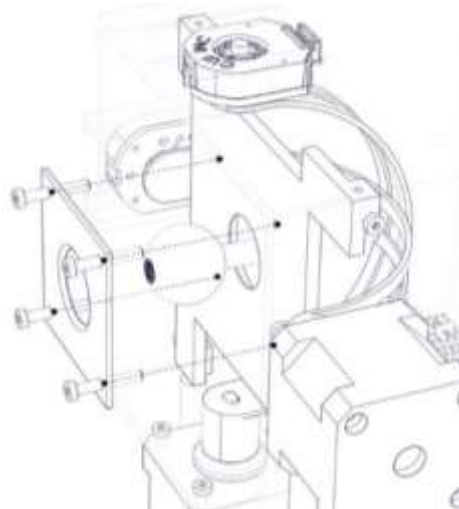


Рисунок 6 – Рухома частина прототипу

Аналіз результатів роботи створеного прототипу реалізованої системи направлення антени показав наступне. Тестування складалося із чотирьох частин:

- незалежне тестування кожного алгоритму з одним джерелом світла;
- незалежне тестування кожного алгоритму з двома джерелами світла;
- тестування комбінації алгоритмів з одним джерелом світла;
- тестування комбінації алгоритмів з двома джерелами світла.

При тестуванні алгоритму простого сканування з одним джерелом світла процес направлення тривав 37,3 секунди. У результаті приймаючий пристрій було повернуто у сторону передавача у горизонтальній площині, але у вертикальній площині приймаючий пристрій було піднято надто високо. Також на основі отриманих даних було побудовано дві діаграми (див. рис. 7). З їх допомогою можна оцінити характер розповсюдження світла по області видимості.

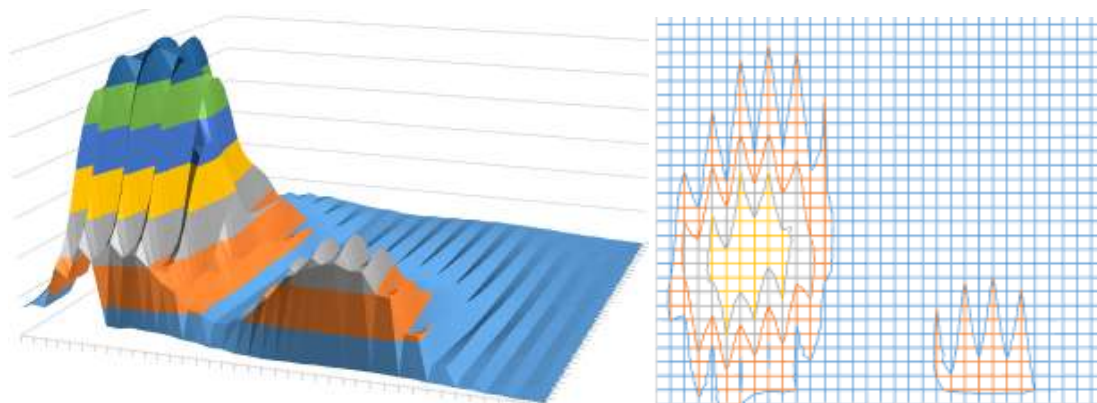


Рисунок 7 – Об'ємна та плоска діаграми, що ілюструють розповсюдження сигналу по області сканування із одним джерелом світла

На цих графіках можна виділити дві групи сигналів, один з яких більше за інший. Оскільки використовувалось світло у ролі сигналу, то можна стверджувати, що через неідеальність зовнішніх умов проведення випробувань світло може відбиватися від предметів, що знаходяться поруч із стендом для випробувань.

При тестуванні алгоритму прямокутної спіралі з одним джерелом світла направлення куліси із фоточутливим елементом тривало 3,3 секунди. Як результат, приймаючий пристрій було повернуто у сторону передавача. При використанні цього алгоритму з одним джерелом сигналу було встановлено, що точність направлення виявилася краще, ніж при використанні першого алгоритму.

При тестуванні пристрою за алгоритмом простого сканування з двома джерелами світла для випробувань було взято два джерела світла, одне з яких більш потужне за інше. Процес направлення тривав 37,3 секунди. У результаті приймаючий пристрій було повернуто у сторону більш потужного передавача з невеликим зсувом по вертикалі. На основі отриманих даних також було побудовано два графіка.

При цьому тестуванні на графіках (рис.8) чітко видно дві окремі групи сигналів, що відображають окремі джерела сигналів, де група вищих піків – це потужне джерело світла, а група менших – це слабше.

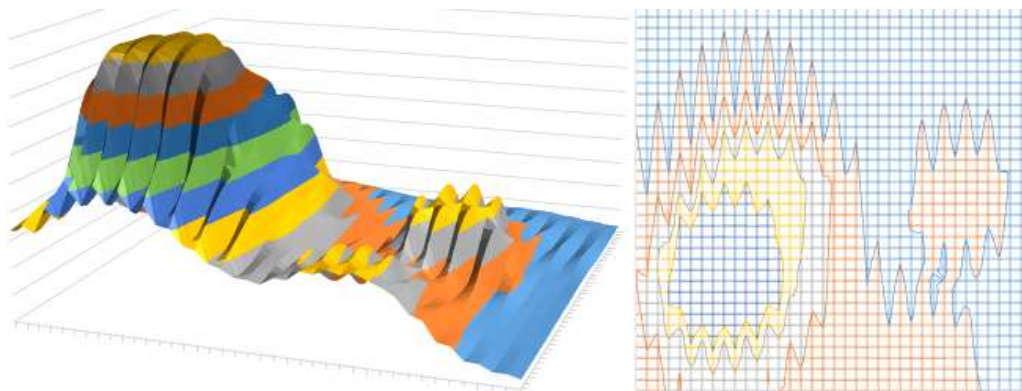


Рисунок 8 – Об'ємна та плоска діаграми, що ілюструють розповсюдження сигналу по області сканування з двома джерелами світла

Направлення куліси із фоточутливим елементом за алгоритмом прямокутної спіралі з двома джерелами світла тривало 3,1 секунди. В результаті роботи приймаючий пристрій було направлено у сторону слабшого джерела світла, що обумовлено особливістю реалізації алгоритму, оскільки менш потужне джерело на маршруті обходу знаходиться першим, і тому алгоритм вважає його єдиним, і виконує направлення антени лише на нього.

Під час тестування роботи системи, що працює за комбінацією алгоритмів з одним і двома джерелами світла процес направлення антени тривав 40,2 секунди. В обох випадках приймаючий пристрій було повернуто у напрямку джерела світла, точніше ніж при використанні алгоритмів окремо один від одного (у випадку з двома джерелами сигналу, приймаючий пристрій виконав направлення антени на потужне джерело сигналу).

Керування направленням антени в реалізованому прототипі здійснюється в ручному та автоматичному (програмне керування) режимах. Для ручного керування використовується система команд та про-

грамне забезпечення, що уможливило зв'язок через послідовний інтерфейс. Керування за допомогою програмного забезпечення відбувається через програму Guidance Control (рис. 9).

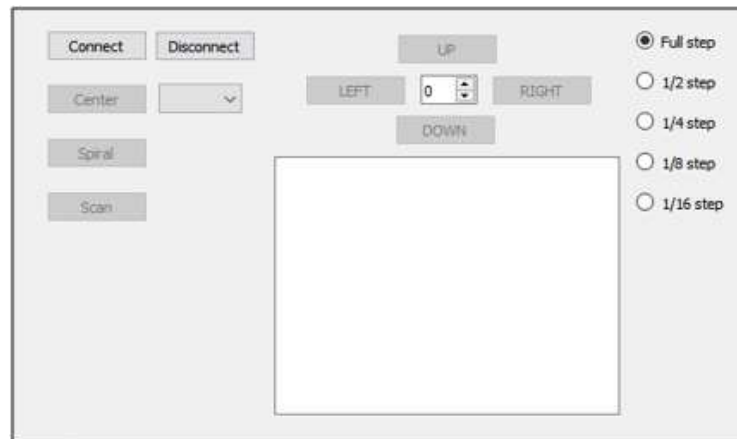


Рисунок 9 – Інтерфейс програми Guidance Control

До основних функцій цього програмного засобу можна віднести: підключення пристрою, який з'єднано з обраним портом (кнопка "Connect"), надсилання команди для виконання центрування приймаючого пристрою (кнопка "Center"), надсилання команди для виконання направлення приймаючого пристрою за алгоритмом прямокутної спіралі (кнопка "Spiral"), виконання направлення приймаючого пристрою за алгоритмом простого сканування (кнопка "Scan"), відключення пристрою (кнопка "Disconnect"), керування поворотом приймаючого пристрою у відповідному напрямку, на кількість кроків задану у полі з стрілками (кнопки "UP", "DOWN", "LEFT", "RIGHT"), налаштування дільника кроків крокових двигунів ("Full Step", "1/2 step ... 1/16 step").

Висновки

1. Можливості сучасної елементно-компонентної бази для реалізації апаратури засобів автоматичного направлення антен дозволяють ефективно вирішити широкий спектр завдань.
2. В результаті аналізу отриманих результатів тестування створеного прототипу було виявлено, що запропоновані алгоритми виконують поставлену їм задачу, але для досягнення гарантованого результату необхідно їх комбінувати. В розрізі цього запропоновано схему застосування цих алгоритмів, де один із них має керувати направленням антени, яке буде приблизним, а інший алгоритм буде виконувати точне позиціонування. В результаті проведених з прототипом експериментів з'ясовано, що алгоритм простого сканування виконує приблизне позиціонування, а алгоритм прямокутної спіралі є коригуючим і має завершувати направлення антени.

Список літератури

- [1] Янко А.С. Основні тенденції та перспективи розвитку радіорелейного зв'язку [Електронний ресурс] / А.С. Янко, В.В. Авдєєв // Новітні інформаційні системи та технології – Modern information system and technologies. – Полтава : ПолтНТУ, 2018. – № 9.
- [2] Блощинський, Б. В. Система керування автопозиціонуванням антен радіорелейного зв'язку : дипломний проект ... бакалавра : 123 Комп'ютерна інженерія / Блощинський Богдан Вікторович. – Київ, 2020. – 66 с.
- [3] «Raspberry Pi 3 Model B+»/ Посилання: <https://arduino.ua/prod2590-raspberry-pi-3-b-plus>
- [4] «ATMEGA328P Datasheet (PDF) - ATMEL Corporation» / Посилання: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/1425641/ATMEL/ATMEGA328P.html>
- [5] 17HD4401 2 Phase Hybrid Stepper Motor/ Посилання: <https://datasheetspdf.com/pdf-file/928661/MotionKing/17HS4401/1>
- [6] AMT20 MODULAR ABSOLUTE ENCODER/ Посилання: <https://www.cuidevices.com/product/resource/amt20-v.pdf>
- [7] Драйвер крокового двигуна A4988/ Посилання: <https://www.mini-tech.com.ua/ua/dravyver-shagovogo-dvigatelya-a4988>

References

- [1] Yanko A.S. The main trends and prospects for the development of radio relay communication [Electronic resource] / A.S. Yanko, V.V. Avdeev // Modern information system and technologies. – Poltava: PoltNTU, 2018. – No. 9.
- [2] Bloschynskyi, B.V. System for controlling the auto-positioning of radio relay antennas: diploma project ... bachelor's degree: 123 Computer engineering / Bohdan Viktorovich Bloschynskyi. - Kyiv, 2020. - 66 p.
- [3] «Raspberry Pi 3 Model B+»/ Посилання: <https://arduino.ua/prod2590-raspberry-pi-3-b-plus>
- [4] «ATMEGA328P Datasheet (PDF) - ATMEL Corporation» / Link: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/1425641/ATMEL/ATMEGA328P.html>
- [5] 17HD4401 2 Phase Hybrid Stepper Motor/ Link: <https://datasheetspdf.com/pdf-file/928661/MotionKing/17HS4401/1>
- [6] AMT20 MODULAR ABSOLUTE ENCODER/ Link: <https://www.cuidevices.com/product/resource/amt20-v.pdf>
- [7] Stepper motor driver A4988/ Link: <https://www.mini-tech.com.ua/ua/drayer-shagovogo-dvigatelya-a4988>

Стаття надійшла: 15.11.2023 р.

Відомості про авторів

Блощинський Богдан Вікторович – провідний інженер ТОВ Науково-впроваджувальної фірми «Криптон», Київ.

Bloschynskyi Bohdan Viktorovich – Senior Engineer of Crypton LTD company.

Клятченко Ярослав Михайлович – кандидат технічних наук, доцент кафедри системного програмування і спеціалізованих комп'ютерних систем Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Klyatchenko Yaroslav Mikhailovich – PhD, associate professor of Department of System Programming and Specialized Computer Systems of Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute.

B.V. Bloschynskyi, Y.M. Klyatchenko

EFFICIENCY OF COMPUTER MEANS FOR AUTOMATIC ANTENNAS DIRECTION IN WIRELESS DATA TRANSMISSION SYSTEMS

National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv