

## **ЗАСТОСУВАННЯ СЕНСОРІВ СПРЯМОВАНОЇ ДІЇ В МОБІЛЬНИХ БЕЗПРОВОДОВИХ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖАХ**

**Сушин І.О., Лисенко О. І., Авдєєнко Г.Л.**  
*Навчально-науковий інститут телекомунікаційних  
систем КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна  
E-mail: rubin268@ukr.net*

### **APPLICATION OF DIRECTIONAL ACTION SENSORS IN MOBILE WIRELESS SENSOR NETWORKS**

The article describes antennas used for mobile sensor network nodes using telecommunication aerial platforms. The advantages of using directional antennas to increase the length of the communication line between the telecommunications aerial platform and the node are shown.

Сенсорні вузли є невід'ємними компонентами безпроводових сенсорних мереж, які оснащуються змінними або постійними антенами. Останні відіграють вирішальну роль у їх функціональності і бувають різних типів, розроблені відповідно до конкретних вимог, що базуються на таких факторах, як дальність зв'язку, енергоспоживання та умови навколишнього середовища. Тому можливість встановлювати антени різного типу попередньо або безпосередньо в польових умовах може змінювати кількість необхідних ресурсів наземно-повітряної мережі, НПМ, (БПЛА 1-го, 2-го рівнів, енергетичних ресурсів тощо), що дає вигоду у часі функціонування мережі, обміні/зборі інформації тощо. Перш за все їх поділяють на дві групи: спрямованої та всеспрямованої дії.

Сенсори (вузли) всеспрямованої дії у БСМ (безпроводних сенсорних мережах) є класичним варіантом пристроїв, які можуть приймати або передавати сигнал в усіх напрямках навколо них. Вони охоплюють (покривають) повне коло навколо своєї точки кріплення (згідно діаграми спрямованості антени, що використовується), що робить їх придатними для застосувань, коли події або зміни в середовищі можуть відбуватися з будь-якого напрямку, тобто область покриття має дозволяти їм передавати дані на центральний вузол або інші датчики поблизу. Споживання електроенергії є критичним фактором для сенсорних вузлів, особливо у БСМ, що працюють від одноразових або багаторазових джерел живлення.

Для вузлів всеспрямованої дії зазвичай використовують наступні розповсюджені типи антени:

1. Монопольна антена (рис. 1) [1]. Їх зазвичай використовують у вузлах через їх простоту та компактний розмір.

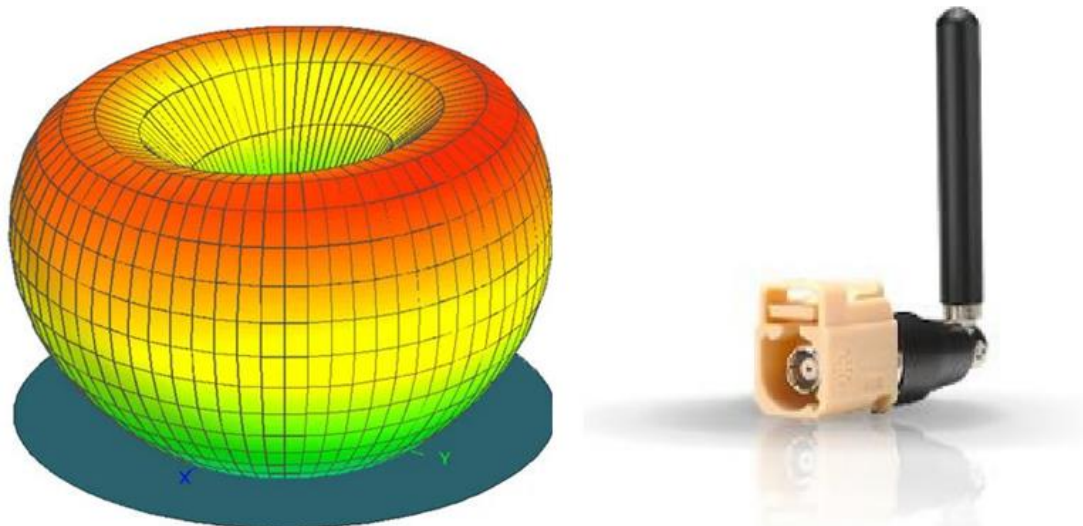


Рисунок 1. Монопольна антена та її діаграма спрямованості.

2. Дипольна антена . Це другий тип простих, але ефективних антен, які використовуються в різноманітних сценаріях, включаючи сенсорні вузли та бездротові сенсорні мережі.

3. Діско-конічна антена. Це універсальні широкопasmові антени, розраховані на вертикальну поляризацію.

Вони відносно компактні порівняно з деякими іншими широкопasmовими антенами [2]. Зазвичай мають помірне посилення, часто в діапазоні 2-5 дБі. Основною перевагою є їх широке охоплення частот, а не високе посилення.

4. Перевернуті F антени мають плоску структуру, яку можна легко інтегрувати в дизайн невеликих пристроїв. Вхідний опір даної антени залежить від відстані точки живлення від заземленого кінця. Частина антени між точкою живлення та площиною заземлення по суті поводить себе як шлейф короткого замикання. Таким чином, розробник може узгодити антену з опором лінії живлення, встановивши положення точки живлення вздовж елемента антени [3].

5. Також широко розповсюдженими є планарні антени, відомі своїм низьким профілем і придатністю для інтеграції в невеликі пристрої:

5.1. Планарна перевернута F антена (PIFA). Вона складається з плоского елемента з'єднаного із короткозамкнутою або заземленою площиною.

5.2. Друкована монопольна антена — це плоска конструкція, яка часто розроблена на друкованій платі (PCB). Складається з прямого або складеного провідника з одного боку друкованої плати та заземленої площини з іншого боку.

5.3. Подібно до друкованих монопольних антен, друковані дипольні антени є планарними структурами, але мають два плеча, що простягаються в протилежних напрямках.

5.4. Планарна дискова антена — це плоска структура круглої форми, яка складається з круглого дискового елемента з заземленою площиною під ним.

5.5. Планарні щілинні антени створюються шляхом витравлювання прорізів або отворів на плоскій поверхні [4].

5.6. Мікросмугові патч-антени — це плоскі антени, які складаються з патча, надрукованого на діелектричній підкладці з заземленою площиною з іншого боку.

Маючи свої переваги, всеспрямовані датчики можуть зіткнутися з проблемами, такими як перешкоди від інших пристроїв, обмежену дію на великих відстанях і потреба в ефективних алгоритмах обробки даних для отримання даних, які передає вузол.

Спрямовані антени відіграють вирішальну роль у БСМ, фокусуючи своє випромінювання в певному напрямку, що призводить до збільшення області покриття в цільовому напрямку. Це особливо корисно для зв'язку на великі відстані, так як забезпечується більший коефіцієнт посилення порівняно з всеспрямованими антенами, що призводить до покращення потужності сигналу.

Для вузлів спрямованої дії можна використати наступні розповсюджені типи антени:

1. Антена Уда-Ягі (рис. 2). Складається з вібратора (диполя), рефлектора та одного або кількох директорів.

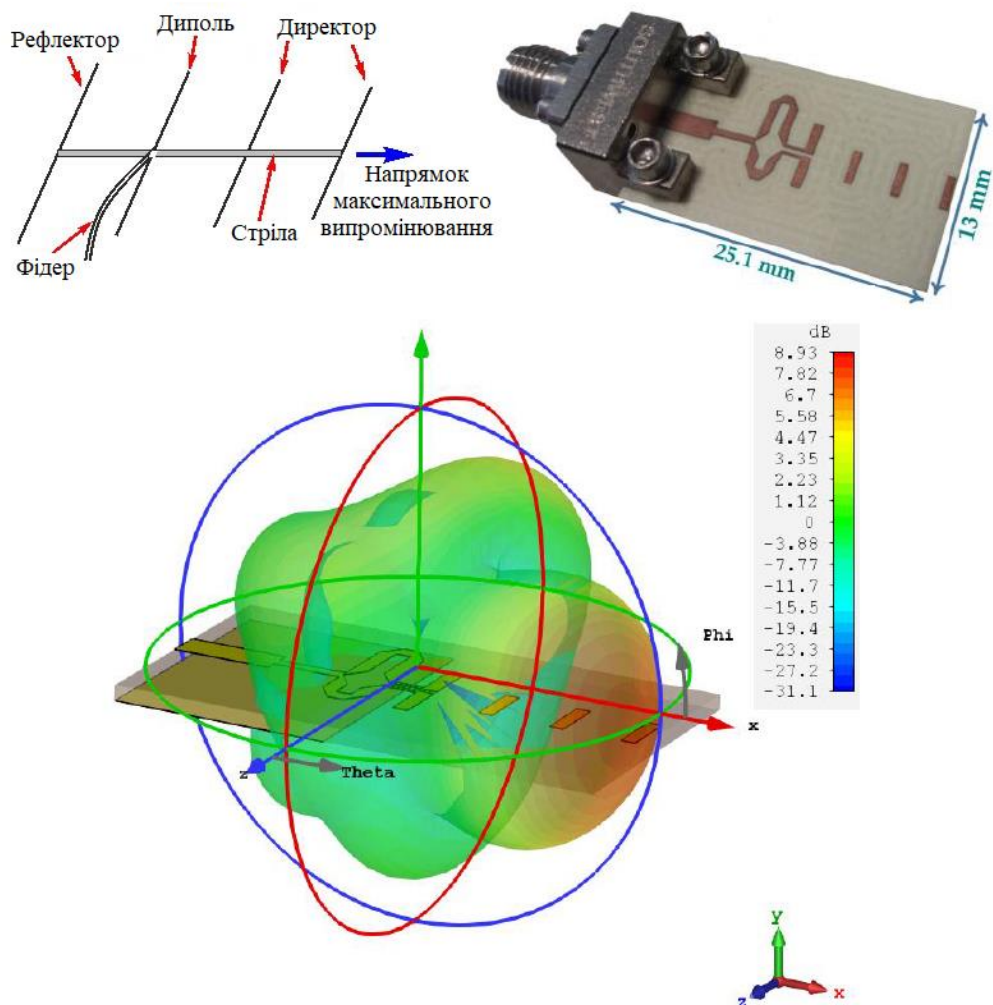


Рисунок 2. Антена Уда-Ягі та її діаграма спрямованості.

2. Параболічні антени. Можуть підтримувати різні поляризації, включаючи лінійну та кругову поляризації, залежно від конструкції елемента живлення.

3. Патч-антени. Можуть також бути побудовані для досягнення вузької діаграми спрямованості. На ширину променя патч-антени впливають її розміри.

4. Логоперіодичні антени, призначені для покриття широкого діапазону частот.

5. Антени з фазованою решіткою — це тип антенної системи, яка використовує певну кількість антенних елементів і фазообертачів для створення певних діаграм спрямованості.

6. Спиральні антени. Їх можна інтегрувати безпосередньо в друковану плату, забезпечуючи компактне та інтегроване рішення.

Основним недоліком більшості спрямованих антен є їх обмежена зона покриття, проте технологія фазованих антенних решіток дозволяє змінювати напрямок променя в залежності від потреб та сценаріїв. Розгортання та вирівнювання спрямованих антен також вимагає точності.

Таким чином, спрямовані антени є потужними інструментом, якщо необхідно встановити каналу зв'язку на великих відстанях з меншими втратами та затратами відносно всенаправлених антен. Тому проведений аналіз показує доцільність використання даного типу антен для побудови сучасних мобільних безпроводових мереж сенсорів спрямованої дії з використанням телекомунікаційних аероплатформ.

### Література

1. Maxworth. A. Far-Field Radiation Characteristics of Folded Monopole Antennas over a Conducting Ground Plane. Eng 2022, 3, 142–160. <https://doi.org/10.3390/eng3010012>.
2. M. G. Tampouratzis, D. Vouyioukas and D. I. Stratakis, "Discone Rectenna Implementation for Broadband RF Energy Harvesting," 2019 8th International Conference on Modern Circuits and Systems Technologies (MOCASST), Thessaloniki, Greece, 2019, pp. 1-4, doi: 10.1109/MOCASST.2019.8741639.
3. Перевернута F-антена (IFA). Режим доступу: <https://www.electricity-magnetism.org/inverted-f-antenna-ifa/>
4. G. Q. Luo, Z. F. Hu, L. X. Dong and L. L. Sun, "Planar Slot Antenna Backed by Substrate Integrated Waveguide Cavity," in IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters, vol. 7, pp. 236-239, 2008, doi: 10.1109/LAWP.2008.923023.