

ШИРОКОСМУГОВА АДАПТИВНА АНТЕННА РЕШІТКА

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»;

Анотація

Запропоновано модель широкосмугової розумної антенної решітки, що дозволило проаналізувати її конструкцію, смугу пропускання та діаграму спрямованості.

Ключові слова: розумні антени, безпроводний зв'язок, антенні решітки, адаптивні розумні антени.

Abstract

A model of a broadband intelligent antenna array is proposed, which made it possible to analyze its design, bandwidth, and radiation pattern.

Keywords: smart antennas, wireless communication, antenna arrays, adaptive smart antennas.

Вступ

У міру розвитку безпроводних систем зв'язку першочергове значення мають якість обслуговування та потужність. Для забезпечення надійної комунікації по мобільному радіоканалу система повинна подолати багат шарове згасання, невідповідність поляризації та інтерференцію [1-4]. Тенденція до мобільних приймачів малої потужності посилює всі ці проблеми. Навіть по мірі того, як виділяється більше спектру, попит на послуги з високою швидкістю передачі даних та постійно зростаюча кількість користувачів мотивуватимуть провайдерів бездротових послуг шукати шляхи збільшення пропускну спроможності систем. Одним із способів є використання адаптивних широкосмугових антенних решіток [5-9].

Метою роботи є створення моделі адаптивної антенної решітки із покращеними характеристиками за рахунок збільшення товщини лінії живлення.

Результати дослідження

Розумні антени відрізняються від простих конфігурацій комутацією променя до повністю адаптивних решіток. Решітки з перемикаючим променем використовують методики, що дають декілька фіксованих одночасно наявних променя. Промені можуть мати високий коефіцієнт підсилення та низькі бічні пелюстки, або контрольовану ширину променя. Техніки адаптивно-променевого формування динамічно регулюють модель решітки для оптимізації деяких характеристик отриманого сигналу. Можливі також системи сканування променів, в якому керується єдиний головний промінь, а напрямок змінюється постійно або невеликими дискретними кроками.

Антенна решітка забезпечує сигнали, що можуть бути скомбіновані за допомогою різного прийому для підвищення продуктивності в затухаючих каналах. Варіація комбінування максимальним відношенням - це комбінування з рівним коефіцієнтом підсилення (рис. 1). У цій схемі всі коефіцієнти підсилення гілок встановлюються на одне значення і не змінюються на них більше. Результат є сумісною сумою всіх гілок.

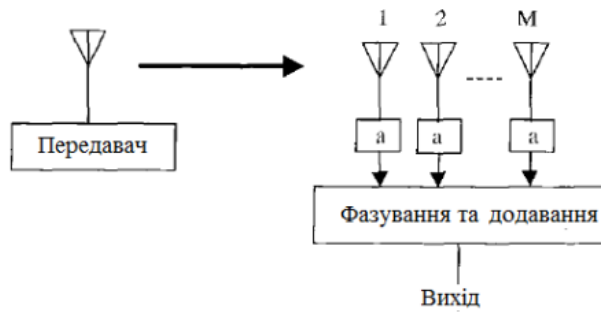


Рис. 1. Типова топологія гетерогенної мережі

Загальна решітка із налаштованими допоміжними вагами подана на рис. 4. Вихід решітки $y(t)$ є зважена сума прийнятих сигналів $s(t)$ в елементах решітки, що мають модель $g_m(\theta, \phi)$ (модель містить підсилення) і тепловий шум $n(t)$ від приймачів, що підключені до кожного елемента. У зазначеному випадку $S_1(t)$ є бажаним сигналом, а інші L сигналів є завадами. Сигнали $S_i(t)$ містять компоненти багатопроменевого поширення. В адаптивній системі вектор вагових коефіцієнтів w , що містить ваги w_m , визначається ітеративно на основі вихідних даних комплексного скалярного масива $y(t)$; опорний сигнал $d(t)$, що наближається до бажаного сигнал; та попередні ваги. На рис. 4 символ * означає комплексно спряжену величину. Опорний сигнал має бути ідентичним бажаному сигналу. На практиці це можна досягти апроксимацією із використанням послідовності навчання або синхронізацією, або розширюючим кодом CDMA, що відомий приймачу.

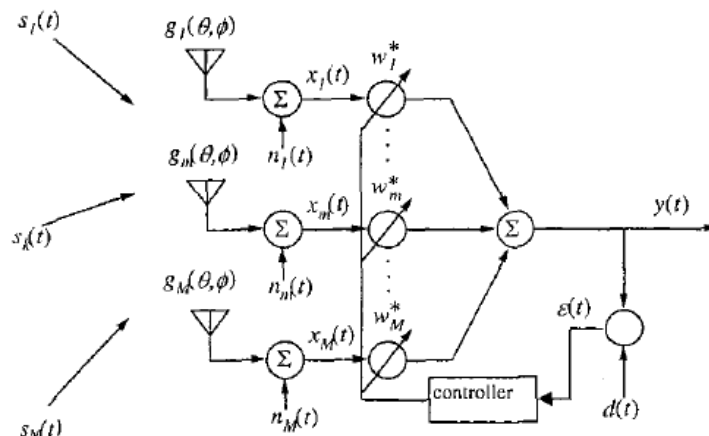


Рис. 2. Адаптивна антенна решітка

Вихідний сигнал решітки

$$y(t) = w^* x(t),$$

де w^* означає комплексно-спряжену транспонований вектор вагів $M \times 1$, та $x(t)$ є вектор $M \times 1$ прийнятих сигналу та шуму. Оптимальні ваги мінімізують середньоквадратичну похибку $\epsilon(t)$ між виходом матриці та опорним сигналом. Необхідний сигнал, $S_1(t)$, L інтерференційні сигнали та адитивний білий Гаусовський шум враховується при виведенні. Моделі елементів мають бути різними для всіх елементів.

У тезі розглянута широкопasmова адаптивна лінійна антена решітка. Плоска мікросмужкова лінія живиться відкритим кінцем чвертьхвильового елемента антени, що використовується в решітці. Лінія живлення має збільшену товщину металевого провідника антенного елемента. Збільшуючи товщину антени необхідно узгодити її імпеданс. Розміщуючи антенні елементи на відстані 0,36-0,8λ (2,4-5,2 ГГц), моделі вимірних випромінювачів зберігають форму лінійної решітки із необхідною смугою пропускання. Ідея полягає в збудженні основного режиму випромінювання антени у широкому частотному діапазон.

На рис. 3 подані діаграми спрямованості запропонованої антенної решітки на частотах 2.4ГГц, 3.5ГГц та 5.2 ГГц відповідно.

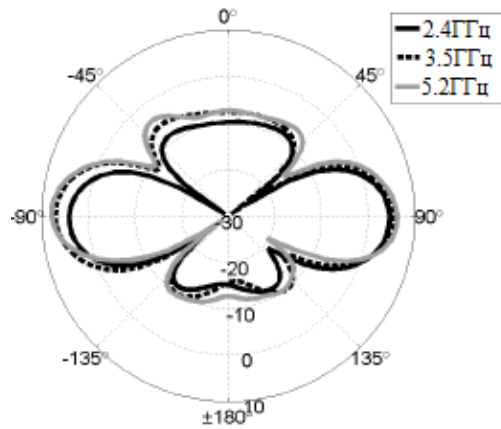


Рис. 3. Діаграма спрямованості решітки

Виміряні головні та бічні пелюстки не є симетрично втягнуті в полярну ділянку, як показано на рис. 3. Це пов'язано з асиметричними випромінюючими властивостями індивідуального антенного елементу. З іншого боку, випромінювання активного елементу є директива до напрямку паралельного пасивного елементу. Таким чином, інші елементи для елемента 1 виступають як елемент директиви. Наслідки цієї спрямованості можуть бути легко визначені особливо на частоті 2.4 ГГц, де елементи антени електрично ближче один до одного, ніж на інших частотах.

Максимальний коефіцієнт підсилення антенної решітки становить 4.6, 7.0 та 7.9 дБі при 2.4, 3.5 та 5.2 ГГц відповідно. Максимум коефіцієнт підсилення виявляється за напрямком прицілу ($\Theta = 90^\circ$, $\phi = \pm 90^\circ$), і вимірювана схема випромінювання добре корелює з вимірюваними результатами лінійного масиву з чотирма елементами представлений.

Результати показують, що -10 дБ імпедансна смуга пропускання становить від 2.55 ГГц до 6.1 ГГц, що відповідає 83% відносно імпедансної смуги пропускання, а взаємний зв'язок менше, ніж -16.6 дБ в межах імпедансної смуги пропускання. Модельована смуга пропускання на рівні -10 дБ становить від 2.0 ГГц до 6.0 ГГц. Вимірювані випромінюючі моделі представлені на частотах 2.4 ГГц, 3.5 ГГц та 5.2 ГГц з 4.6 дБі, 7.0 дБі та 7.9 дБі максимальним коефіцієнтом підсилення при визначеному напрямку відповідно.

На рис. 4 подані модульовані та виміряні S-параметри решітки. Рис. 4 а показує, що змодельована відносно -6 дБ смуга пропускання решітки збільшена. Це свідчить про те, що взаємний вплив між елементами антенної решітки не впливає суттєво на смугу пропускання. -6 дБ є типовим еталонним значенням в мобільних додатках для вхідного опору. Для порівняння змодельована відносно -10 дБ імпедансу смуга пропускання забороненої антенної решітки складає 100% (2-6 ГГц), яка звичайно використовується антенними решітками [3].

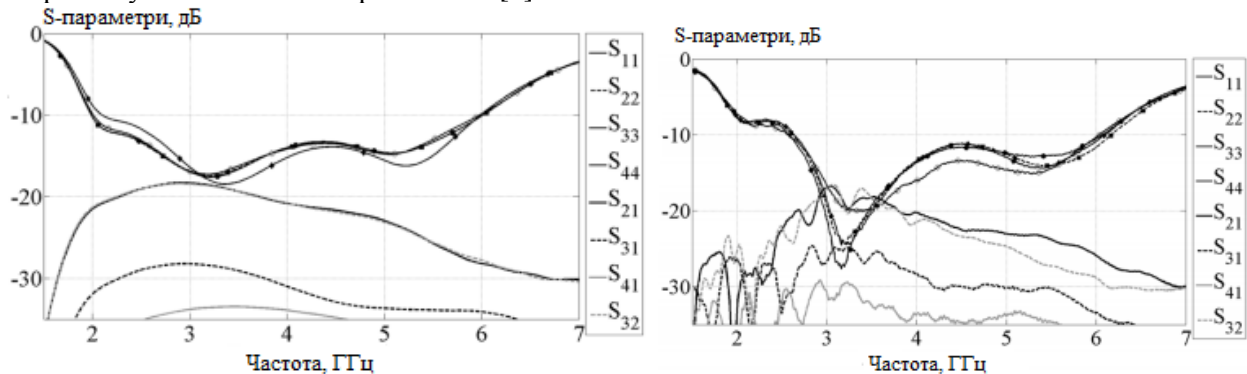


Рис. 4. S-параметри антенної решітки

На рис. 4 б подані виміряні S-параметри. Можна побачити смугу імпедансу -10 дБ, що не повністю корелює із модульованими в нижній частині спектра, від 2 ГГц до 2.55 ГГц. Виміряна відносно -10 дБ смуга пропускання імпедансу складає 83% (2.55-6.1 ГГц). Причиною різниці між виміряними та змодельованими характеристиками є виробничі допуски, спайка мідної пластини товщиною 1 мм дуже чутлива до різниці тепла.

Ширококутні антенні решітки для багатопроменевої інтерференції збільшують вимоги до фільтрації порівняно з конфігураційними або вузькокутніми антенами. Тоді як антена з вузькою смугою пропускання автоматично фільтрує сигнал, ширококутним антенам необхідна регульована фільтрація, яка швидко адаптується до робочої частоти, про яку йдеться. З іншого боку, ширококутні антени можна вважати простішими, ніж конфігурувати антену, оскільки немає додаткових компонентів (наприклад, для налаштування частоти чи випромінювання)

Висновки

Таким чином, оскільки відстань між елементами решітки збільшується при збільшенні робочої частоти, решітку можна використовувати в системах МІМО. Відстань між елементами антенної решітки можна збільшувати з 0.38λ до 0.8λ при 2,4 ГГц для підтримки МІМО до 6 ГГц. Це дозволяє зменшити взаємний вплив елементів та просторову кореляцію між елементами.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Winters J.H. Smart antenna techniques and their application to wireless ad hoc networks / J.H. Winters // IEEE Wireless Communications. – 2006. – Vol. 13, No.4. – pp. 77-83. DOI: 10.1109/MWC.2006.1678168.
2. Булашенко А. В. Багатопроменеві антенні решітки на основі лінз Ротмана / А.В. Булашенко // Вісник НТУУ «КПІ». Серія Радіотехніка, Радіоапаратобудування. – 2010– № 42. – С. 178-186. doi: 10.20535/RADAP.2010.42.178-186.
3. Булашенко А.В. Принципи формування променя інтелектуальних антен / А.В. Булашенко // Вісник Сумського державного університету. Серія Технічні науки. – 2010. – №1. – С. 111-120.
4. Sonkki M. Wideband planar four element linear antenna array / M. Sonkki, D. Pfeil, V. Novinen, K.R. Dandekar // IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters. – 2014.– pp. 1663-1666. DOI: 10.1109/LAWP.2014.2350259.
5. Collins B.S. Polarization diversity antennas for compact base stations / B.S. Collins // Microwave Journall. – 2000. – pp. 76-88.
6. Пільтяй С.І. Вплив випадкових помилок на діаграму спрямованості нееквідистантних решіток / С.І. Пільтяй, А.В. Булашенко // Матеріали V Всеукраїнської науково-методичної конференції, м. Шостка, 23 квітня 2020 року. – Суми: Сумський державний університет, 2020. — С. 78 –79.
7. Rezk M. Performance comparison of a novel hybrid smart antenna system versus the fully adaptive and switched beam antenna arrays / M. Rezk, W. Kim, Z. Yun, M.F. Iskander // IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters. – 2005.– Vol. 4. – pp. 285-288. DOI: 10.1109/LAWP.2005.854003.
8. Пільтяй С.І. Ширококутний фазозсувач, навантажений закороченою лінією Т-подібної форми / С.І. Пільтяй, А.В. Булашенко // Матеріали V Всеукраїнської науково-методичної конференції, м. Шостка, 23 квітня 2020 року. – Суми: Сумський державний університет, 2020. — С. 100 –101.
9. Sonkki M. Improved planar wideband antenna element and its usage in a mobile MIMO system / M. Sonkki, E. Antonino-Daviu, M. Cabedo-Fabrés, M. Ferrando-Bataller, E. Salonen // IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters. – 2012.– Vol. 11. – pp. 826-829. DOI: 10.1109/LAWP.2011.2167589.

Демченко Іван Вольдемарович — студент групи РА-61, радіотехнічного факультету, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», Київ, e-mail: icegloom@gmail.com;

Булашенко Андрій Васильович — ст. викл. кафедри теоретичних основ радіотехніки, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», Київ;

Пільтяй Степан Іванович — канд. техн. наук, доцент кафедри теоретичних основ радіотехніки, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», Київ.

Demchenko Ivan V. — Department of Radio Engineering, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv, email: icegloom@gmail.com;

Bulashenko Andrew V. — senior lecture of the chair of theoretical foundations of radio engineering, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv;

Piltyay Stepan I. — Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor of the chair of theoretical foundations of radio engineering, National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Kyiv.