

APPLICATION OF ANTENNA SYSTEMS WITH MULTIPLE INPUTS AND OUTPUTS IN TECHNOLOGIES WITH SPATIAL MULTICHANNEL DISTRIBUTION OF SIGNALS

MIHAIL A. MIHAILOV

*Department of Communication Networks and Systems, Faculty of Artillery, Air Defense and Communication and Information Systems / National Military University "Vasil Levski" - Shumen, Bulgaria,
m_a_mihaylov@abv.bg*

Abstract: *The applications of intelligent antenna systems with multiple inputs and multiple outputs (MIMO) in wireless communications are considered. The use of MIMO technology in cellular communication systems is analyzed.*

Keywords: *antenna, MIMO antenna, antenna array.*

ПРИЛОЖЕНИЕ НА АНТЕННИ СИСТЕМИ С МНОГО ВХОДОВЕ И ИЗХОДИ В ТЕХНОЛОГИИТЕ С ПРОСТРАНСТВЕНО МНОГОКАНАЛНО РАЗПРОСТРАНЕНИЕ НА СИГНАЛИТЕ

Михаил А. Михайлов

Катедра „Комуникационни мрежи и системи“, Факултет „Артилерия, противовъздушна отбрана и комуникационни и информационни системи“ / Национален военен университет „Васил Левски“ – Шумен, България, m_a_mihaylov@abv.bg

Резюме: *Разглеждат се приложенията на интелигентни антенни системи с множество входове и множество изходи (MIMO) в безжичните комуникации. Анализира се използването на технологията MIMO в клетъчни комуникационни системи.*

Ключови думи: *антена, антена MIMO, антенна решетка.*

Въведение

MIMO (Multiple Input Multiple Output – Много входове и много изходи) е технология, използвана в безжични комуникационни системи (WIFI, WI-MAX, клетъчни комуникационни мрежи), които значително подобряват спектралната ефективност на системата, максималната скорост на данните и капацитета на мрежата. Основният начин за постигане на горепосочените предимства е прехвърлянето на данни от източника към приемника чрез няколко радиовръзки, откъдето тази технология получава своето име. Технологията MIMO е сложно решение с множествен вход и множествен изход и се отнася не само до антени.

Технологията MIMO през последното десетилетие е един от най-важните подходящи начини за увеличаване на капацитета на безжичните комуникационни системи. Разглеждат се някои примери за използване на MIMO в различни комуникационни системи. [1]

Стандарти с технологията MIMO

Стандартът WiFi 802.11n е един от най-ярките примери за използване на технологията MIMO. С нея той позволява да се поддържа скорост до 300 Mbit/sec. Предишният стандарт 802.11g предоставя само 54 Mb/s. В допълнение към увеличаването на скоростта на предаване на данни, новият стандарт благодарение на MIMO също позволява по-добро качество на услугите на места с ниско ниво на сигнала. 802.11n се използва не само в многоточкови системи - (най-вече в WiFi технология при организацията на локални мрежи LAN), но също така и за да се установи вида връзка от точка до точка, използвана за организиране на основните канали за комуникация със скорост от няколко стотици Mb/s и позволяващи предаването на данни на десетки километри (до 50 километра).

Стандартът WiMAX има два варианта, които отварят нови възможности за потребителите с технологията MIMO. Първият - 802.16e - предоставя мобилни широколентови услуги. Той позволява предаването на информация със скорост до 40 Mb / s в посока от базовата станция към абонатното оборудване. Въпреки това, MIMO в 802.16e се счита за опция и се използва в най-простата конфигурация 2 x 2. В следващото издание 802.16m, MIMO се счита за задължителна технология, с възможна конфигурация 4 x 4. В този случай WiMAX вече може да се припише на клетъчните комуникационни системи, а именно на тяхното четвърто поколение (поради високия процент на предаване на данни), защото има редица присъщи характеристики на клетъчните мрежи: роуминг, предаване, гласови връзки. В случая на мобилно използване теоретично може да се постигне скорост от 100 Mbit / s. При фиксирано изпълнение скоростта може да достигне 1 Gbit/s. [1]

Технологията MIMO в клетъчните комуникационни системи

Най-интересното е използването на технологията MIMO в клетъчните комуникационни системи. Тази технология намира приложение, като се започне с третото поколение клетъчни комуникационни системи. Например, в стандарта UMTS, в Rel. 6 се използва в комбинация с технологията HSPA със скорост до 20 Mbit / s, а в Rel. 7 - с HSPA +, където скоростите на предаване на данни достигат 40 Mb / s. Въпреки това, в 3G системите MIMO не намира широко приложение.

Системите LTE, също така предвиждат използването на MIMO в конфигурация до 8 x 8. Това на теория може да даде възможност за прехвърляне на данни от базовата станция към абоната над 300 Mbit / s. Също така важна положителна точка е стабилното качество на връзката дори на ръба на клетката. В този случай, дори на значително разстояние от базовата станция или по време на съвместна работа, ще се наблюдава само леко намаляване на скоростта на предаване на данни.

По този начин технологията MIMO се използва в почти всички безжични системи за предаване на данни. И нейният потенциал не е изчерпан. Вече са разработени нови версии на конфигурацията на антената до 64 x 64 MIMO. Това в бъдеще ще позволи още по-голяма скорост на предаване на данни, капацитет на мрежата и спектрална ефективност.

В сегашно време потребителите нямат време да свикнат с някои нови технологии, вече се предлагат от всички страни още по-нови и напреднали. Те помагат да се получи повече и по-бърз интернет. Докато навлезе широко един вариант на технологията MIMO и потребителите го анализират, проектантите развиват още повече нови варианти, които са предложени като усъвършенстване на текущия, например с повече антени, за повече потребители или съчетание с други технологии.

Разработването на 3G стандарти се осъществява от международния консорциум 3GPP. Таблица 1 обобщава някои от характеристиките на различните издания на този стандарт. [1]

Таблица 1

3G HSPA скорост и основни технологични характеристики			
3GPP издание	Технологии	Скорост надолу (MBit/s)	Скорост нагоре (MBit/s)
Rel 6	HSPA	14,4	5,7
Rel 7	HSPA + 5 MHz, 2 x 2 MIMO връзка надолу (низходяща връзка)	28	11
Rel 8	DC-HSPA + 2 x 5 MHz, 2 x 2 MIMO връзка надолу	42	11
Rel 9	DC-HSPA + 2 x 5 MHz, 2 x 2 MIMO връзка надолу, 2 x 5 MHz връзка нагоре (възходяща връзка)	84	23
Rel 10	MC-HSPA + 4 x 5 MHz, 2 x 2 MIMO връзка надолу; 2x5 MHz връзка нагоре	168	23
Rel 11	MC-HSPA + 8x5 MHz, 2x2 / 4x4 MIMO връзка надолу, 2x5 MHz 2x2 MIMO връзка нагоре	336 - 672	70

4G технологията LTE, в допълнение към запазване на съвместимостта с 3G мрежи, което ѝ позволява да надделее над WiMAX, е способна да се развива на още по-голяма скорост до 1 Gbit / сек и повече. Тук се използват още по-съвременни технологии за прехвърляне на цифров поток към въздушния интерфейс, например OFDM модулация, която е много добре интегрирана с технологията MIMO. [1]

Технологията MIMO е паралелен поток от множество канали, които се пренасят с различни пространствени характеристики в ефира чрез множество антени, и се приемат от независими антени в приемащата страна. По този начин се получават няколко независими пространствени канала („тръби“) във въздушния интерфейс без да се разширява честотната лента. Това е основната идея на MIMO. При разпространението на радиовълните в радиоканала се наблюдава избиращо отслабване. Това е особено забележимо при условия на гъсто градско развитие, ако абонатът е в движение или в края на обслужваната зона на клетката. Затихването във всеки пространствен канал не се случва едновременно. Затова, ако премине през два канала MIMO същата информация и с известно закъснение, след поставяне на специален код на нея (Alamuoti метод на наслагване на кода под формата на магически квадрат), може да се възстановят изгубените символи на получаващата страна, което е еквивалентно на подобряване на отношението сигнал / шум до 10-12 dB. В резултат на това тази технология отново води до увеличаване на скоростта. Всъщност, това отдавна известно разнообразие (Rx Diversity) е органично вградено в технологията MIMO.

Антени за технологията MIMO

Технологията MIMO трябва да се поддържа както на базата, така и на модема на потребителя. Обикновено броят на 4G MIMO каналите е кратен на две - 2, 4, 8 (в системата Wi-Fi е удължена триканална система 3x3) и се препоръчва техният брой да е същият и в основата на модема. Затова MIMO се дефинира с канали за предаване и приемане - 2x2 MIMO, 4x4 MIMO и т.н. Досега се разглежда главно 2x2 MIMO.



Фиг. 1. Антена MIMO.

Антените, използвани в технологията MIMO, са обикновени антени, те просто трябва да бъдат две (за 2x2 MIMO). За разделянето на канали се използва ортогонална поляризация, така наречената Х-поляризация. В този случай поляризацията на всяка антена спрямо вертикала се измества с 45° и относително една спрямо друга с 90° . Такъв ъгъл поляризация поставя двата канала в еднакви условия, тъй като хоризонталната / вертикалната ориентация на един от каналите на антени неизбежно ще получат по-голямо затихване поради влиянието на земната повърхност. В същото време, поляризационното преместване 90 градуса между антените позволява разделянето на каналите един с друг не по-малко от 18-20 dB. [2]



Фигура 2. Антена MIMO 2x2.

За технология MIMO са нужни две антени и модем с два антенни входа. Все пак остава отворен въпросът дали тази технология се поддържа от базовата станция. В стандартите 4G LTE и WiMAX тази поддръжка е налична както на абоната, така и на базата. В 3G мрежи не всичко е толкова лесно. Мрежата вече разполага с хиляди устройства, които не поддържат MIMO, за което въвеждането на тази технология води до обратния ефект - намаляването на честотната лента на мрежата. Ето защо операторите все още не бързат да прилагат MIMO навсякъде в 3G мрежи. За да може базата да осигурява висока скорост на абонатите, тя трябва да има добър транспорт в себе си, т.е. към нея трябва да има широколентова линия („дебела тръба“), за предпочитане оптично влакно, което също не винаги се извършва. Следователно, в 3G мрежите технологията MIMO понастоящем е все още в етап на изследване и разработка, тествана както от оператори, така и от потребители, а последното не винаги е успешно. Ето защо надеждите за антените MIMO са само в 4G мрежите. На ръба на зоната на покритие на клетката могат да се използват антени с голям коефициент на усилване, които вече са достъпни в търговската мрежа.



Фигура 3. Огледална антена MIMO.

В Wi-Fi мрежите технологията MIMO е фиксирана в стандартите IEEE 802.11n и IEEE 802.11ac и се поддържа от много устройства. Докато технологията 2 x 2 MIMO навлиза в 3G-4G мрежата, конструкторите не бездействат. Вече се разработени 64 x 64 MIMO технологии с интелигентни антени с адаптивен модел на управление [3, 4]. Бурното развитие на MIMO технологии продължава в правилната посока.

References

1. Droidd, Ju jeni këtu (2018). *Çfarë është MIMO antena*, dridd.ru Portal rreth Android.
2. Mihaylov, M. A., & Vladimirov, R. M. (2003). *Visibility zone improvement of decimetre band radar using scanning of diagram directing*, Journal of Applied Elektromagnetism, vol. 5, № 1, January 2003, ISSN 1109-1606, BSUAE, Institute of Communication and Computer Systems, Athena, Greece.
3. Михайлов, М. А. (2014). *Математически модели на адаптивни антенни решетки*, Сборник на диск с научни трудове от Международна научна конференция „Хемус 2014“, Пловдив.
4. Михайлов, М. А. (2018). *Оптимизиране конфигурацията на тегловия канал на линейна антенна решетка с частична адаптация*, Сборник на диск с научни трудове от Международна научна конференция „Хемус 2018“, Пловдив.