

ՀՏԴ 005.962.131:621.397.7-182.3

Ա.Դ. ԱՍՐՅԱՆ, Լ.Խ. ԽԱԶԱՏՐՅԱՆ, Կ.Զ. ՎԱՐԴԱՆՅԱՆ

**MRC ԱԼԳՈՐԻԹՄԻ ԱՐԴՅՈՒՆԱՎԵՏՈՒԹՅԱՆ ԳՆԱՀԱՏՈՒՄԸ ԵՐԿՈՒ ԵՎ
ՉՈՐՍ ՇԱՐԺԱԿԱՆ ԱՆՏԵՆԱՅԻՆ ԿԱՅԱՆՆԵՐԻ ԿԻՐԱՌՄԱՄԲ**

Կատարվել է օպտիմալ կշռային գումարային չափորոշի (MRC) ալգորիթմի արդյունավետության գնահատում՝ երկու և չորս շարժական անտենային կայանների կիրառմամբ: LabVIEW Communications System Design ծրագրային միջավայրում մշակվել և ներկայացվել են բազային և շարժական կայանների աշխատանքի դիմային պանելները:

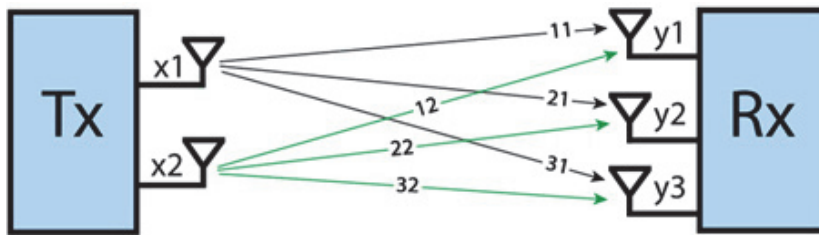
Առանցքային բաներ. MIMO տեխնոլոգիա, օպտիմալ կշռային գումարային չափորոշիչ (MRC), NI USRP-2953R, բազային կայանի անտենա, շարժական կայանի անտենա:

Ներածություն: Ժամանակակից հեռահաղորդակցման համակարգերի զարգացումը նախատեսում է տվյալների արագ հաղորդման միջոցների նախագծում, որոնք իրականացնում են տեղեկատվության մեծ հոսքերի մշակում:

Վերջին տարիներին նկատվում է անլար կապի համակարգերի զգալի աճ: Շարժական սարքավորումների տեխնոլոգիաների, անլար լոկալ ցանցերի զարգացումը հանգեցնում է շարժական ցանցերի ծավալի մեծացման անհրաժեշտության: Ներկայումս նկատվում է տվյալների հաղորդման անլար ցանցերի թողունակության անբավարարություն՝ հոսքային տեսա- (վիդեո) և աուդիո տեղեկատվություն պարունակող մեծ քանակությամբ տվյալների հաղորդման աճող պահանջարկի պատճառով: Անլար ցանցերում տվյալների հաղորդման արագության պահանջները անընդհատ աճում են, ինչը պահանջում է սպեկտրալ արդյունավետության լրացուցիչ մեծացում: Շարժական կապի համակարգերի սպեկտրալ արդյունավետությունը ցուցիչ է, որը որոշվում է որպես հաղորդվող տվյալների արագության (*բիթ/վրկ*) հարաբերությունը $1<g$ օգտագործվող հաճախականության շերտում (*բիթ/վրկ/Հց*): Այս մեծությունը բնութագրում է տեղեկատվության հաղորդման արագությունը տվյալ հաճախականային շերտում: Սպեկտրալ արդյունավետությունը մեծ ազդեցություն ունի հաճախականային ռեսուրսի օգտագործման, հատկացված ցանցի և ծառայությունների որակի վրա:

Համակարգի սպեկտրալ արդյունավետությունը և խանգարումակայունությունը հնարավոր է բարելավել, կիրառելով մի քանի հաղորդող և ընդունող անտենաներ (MIMO - Multiple-Input-Multiple-Output) [1,2]:

Խնդրի դրվածքը և հետազոտման եղանակը. MIMO տեխնոլոգիան ենթադրում մի քանի անտենաների օգտագործումը հաղորդիչ և ընդունիչ մասերում, ինչը թույլ է տալիս էականորեն բարձրացնել կապի համակարգի թույլատրելի ունակությունը և կապի համակարգի խանգարումակայունությունը՝ մեկ հաղորդիչ և մեկ ընդունիչ անտենա պարունակող ավանդական համակարգերի համեմատ (նկ.1):



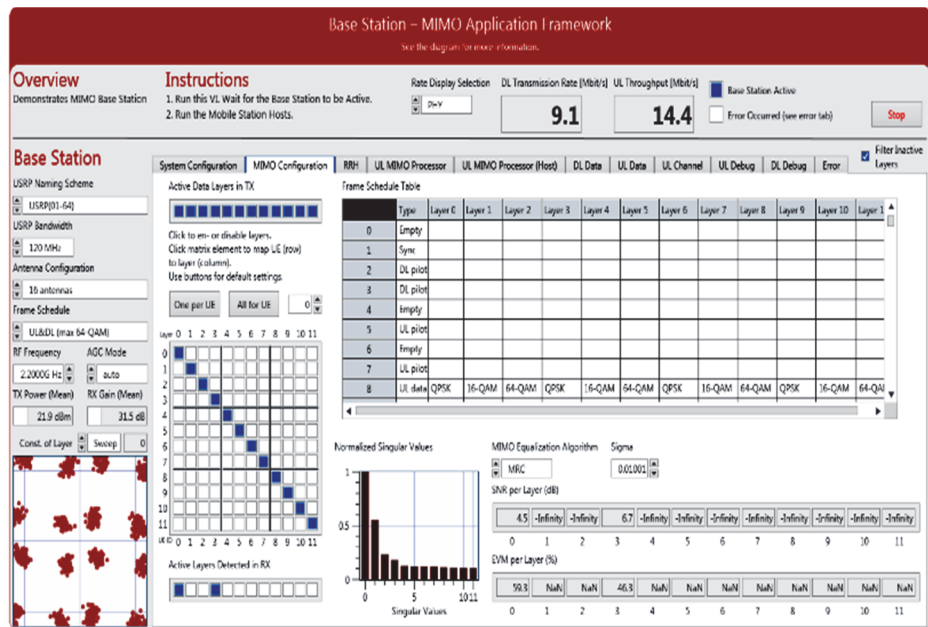
Նկ. 1. MIMO-ի աշխատանքի սկզբունքը

MIMO տեխնոլոգիայի հիմնական խնդիրներն են՝ մեծացնել անլար կապուղու թույլատրելի ունակությունը և կապի որակը: MIMO-ի առանցքային առավելությունն է տարբեր անկախ տեղեկատվական հոսքերի հաղորդման հնարավորությունը տարբեր անտենաներից մեկ կապուղիով: Սա թույլ է տալիս էականորեն բարձրացնել անլար կապուղու թույլարտելի ունակությունը:

Խանգարումակայունության բարձրացման արդյունավետ միջոց է տարաբաժանման ընդունումը ազդանշանների թվային մշակման կոմբինացիայում, օգտագործելով բաղադրիչների օպտիմալ քաշի ավելացման (Maximum Ratio Combination) կամ խանգարող բաղադրիչների ճնշման (IRC - Interference Refayection Combination) մեթոդը:

MRC տեխնոլոգիան թույլ է տալիս բարելավել ազդանշան/աղմուկ հարաբերակցությունը մոտքային ազդանշանի համար: Եթե ընդունման կետում առկա է լրացուցիչ ազատ ընդունիչ, ապա այն գումարում է ընդունիչում ստացված ազդանշանը այլ ազդանշանների հետ: Քանի որ ընդունիչում արդեն առկա է տեղեկատվությունը հաղորդման ուղու ընթացիկ վիճակի մասին (յուրաքանչյուր անտենայի համար), այն կարող է հաշվել ազդանշանները յուրաքանչյուր ընդունիչ անտենայի համար, հավասարեցնել դրանք և կատարել օպտիմալ գումարում, ստանալով ազդանշան/աղմուկ լավագույն հարաբերակցությունը: Լրացուցիչ անտենաներով և առանց դրանց մեկ և մի քանի հոսքերի արդյունքների համեմատումը ցույց է տալիս, որ MRC-ն որոշ դեպքերում թույլ է տալիս էականորեն ավելացնել ազդանշան/աղմուկ հարաբերակցությունը (SNR) և, հետևաբար, ավելացնել հաղորդման արագությունը, գործելու հեռավորությունը և այլ պարամետրեր [3]:

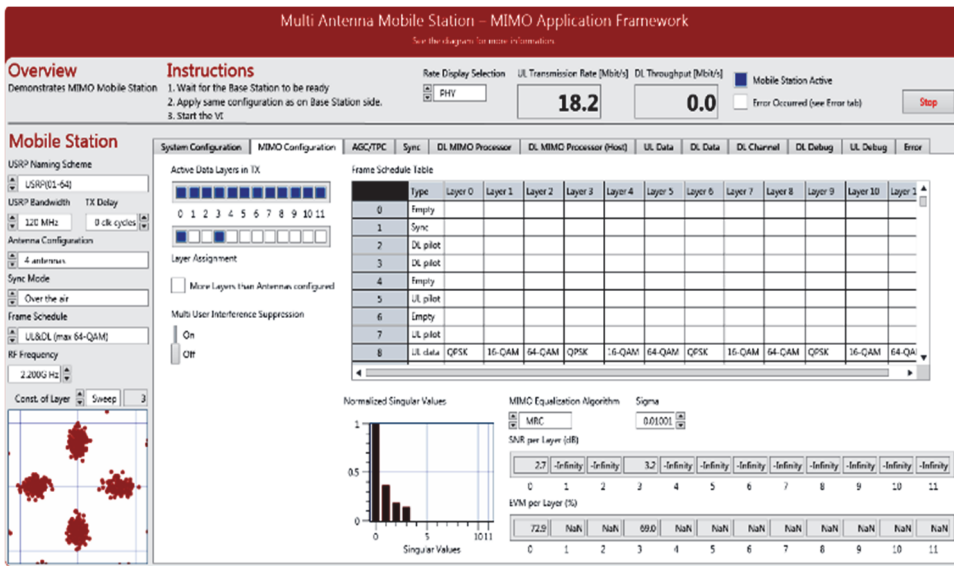
Աշխատանքի նպատակն է MRC ալգորիթմի արդյունավետության գնահատումը երկու և չորս շարժական անտենային կայանների կիրառմամբ: Փորձը կատարվել է «Ինժեներական քաղաքում»՝ LabVIEW Communications System Design ծրագրի միջոցով: Այն անցկացվել է երկու և չորս անտենաների կիրառմամբ: Փորձի իրականացման համար օգտագործվել է NI USRP-2953R [4] սարքը՝ որպես շարժական կայան, որին միացված են 2 (4) անտենաներ և MegaUSRP՝ բաղկացած և USRP-ներից որպես բազային կայան, որին միացված են 16 անտենաներ: Բազային կայանում կատարվել են հետևյալ կարգավորումները. Մուտքագրվել է հաճախականային շերտը (bandwidth)՝ 120MHz, անտենաների կոնֆիգուրացիան՝ 16, MIMO-ի էկուալիզացիայի ալգորիթմը՝ MRC, և նշանակվել default frame schedule (UL(Uplink) & DL(Downlink)) (նկ.2):



Նկ. 2. Բազային կայանի աշխատանքի դիմային պանելը

Շարժական կայանում կատարվել են հետևյալ կարգավորումները. Rio սարքում մուտքագրվել է USRPUE, սինքրոնացման ռեժիմը՝ օդով (նկ.3): Մշակված ծրագիրը հնարավորություն է տալիս կատարել կարգավորում և իրականացնել համակարգի վիճակի վերահսկում և չափումներ բազային կայանի համար համակարգի կոնֆիգուրացիայի, MIMO-ի կոնֆիգուրացիայի, RRH (Remote Radio Head)-ը, UL MIMO պրոցեսորի, UL MIMO պրոցեսորի, DL տվյալի, UL տվյալի, UL ուղու, UL debug (կարգաբերումները), DL debug, Error պատուհաններում:

Իսկ շարժական կայանի համար կատարվել են՝ համակարգի կոնֆիգուրացիա, MIMO-ի կոնֆիգուրացիայի, AGC (Automatic Gain Control)/TPC (total power constraints) սինքրոնացում, DL և UL հիմնական ինֆորմացիայի ստացում: MRC-ի արդյունավետությունը ուսումնասիրվել է՝ շարժական կայանի MIMO-ի կոնֆիգուրացիայի, DL հիմնական ինֆորմացիայի և բազային կայանի MIMO-ի կոնֆիգուրացիայի, UL ուղու պատուհանի չափումներից ելնելով [5]:

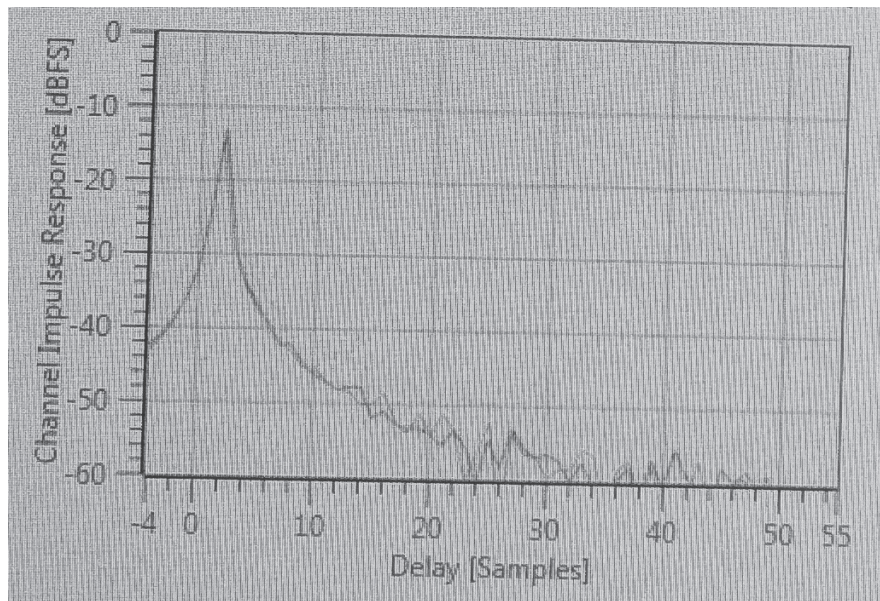


Նկ. 3. Շարժական կայանի աշխատանքի դիմային պանելը

DL հիմնական ինֆորմացիայում երևում են Rx constellation (համաստեղություն) (I/Q) MS0, MS1-ի գրաֆիկները, SNR(dB) (signal-to-noise ratio), EVM(%) (error vector magnitude) ցուցանիշները և ուղու հաճախականային բնութագրի MS0, MS1-ի գրաֆիկները՝ նորմալացված ամպլիտուդի (dB) և փուլի (rad) կախվածությունը հաճախականությունից (MHz): UL ուղու չափումները ցույց են տալիս շերտերը ուղու իմպուլսային բնութագրի հիման վրա (dBFS), ուղու իմպուլսային բնութագրի կախվածությունը samples-ից (նկ.4), ազդանշանի ուժգնության (dBFS) կախվածությունը անտենաներից և ուղու հաճախականային բնութագրի (dBFS) կախվածությունը հաճախությունից (MHz):

Նմանատիպ կարգավորումները և չափումները կատարվել են նաև չորս անտենաներով համակարգի դեպքում:

Երկու ակտիվ շերտերով, MRC ալգորիթմով աշխատող, երկու և չորս անտենաներով շարժական կայանների դեպքում EVM-ի և SNR-ի ստացված արդյունքները բերված են աղյուսակում:



Նկ. 4. Բազային կայանի UL Channel պատրուհանում իմպուլսային բնութագրի կախվածությունը samples-ից

Աղյուսակ

Երկու և չորս անտենաներով շարժական կայանների դեպքում EVM-ի և SNR-ի սրացված արդյունքները

MS Antennas	Modulation	Active Layers	Equalization algorithm	EVM BS (%)	SNR BS (dB)	EVM MS (%)	SNR MS (dB)
2	4 QAM	2	MRC	31,7	10	38,9	8,1
2	4 QAM	2	MRC	26,7	11,5	32,8	9,7
4	4 QAM	2	MRC	59,3	4,5	72,9	2,7
4	4 QAM	2	MRC	46,3	6,7	69	3,2

Եզրակացություն.

1. MRC ալգորիթմի կիրառությունը թույլ է տալիս տարանջատել տարածական բաշխվածությամբ հաղորդված տվյալները միայն մեծ քանակությամբ անտենաների դեպքում, ինչը ցուցադրված է բազային կայանի UL Channel պատրուհանում:

2. Անտենաների քանակի ավելացումը (ստեղծելով փոկավորված անտենային ցանց (ՓԱՑ)) հնարավորություն է տալիս ստեղծել նեղ ՈՒԴ-ով անտենա, և այս պայմաններով MRC ալգորիթմը հանդիսանում է ՈՒԴ-ի ուղղության որոշան և կառավարման ալգորիթմ:

3. Փորձի հիման վրա պարզ եղավ, որ կիրառելով փոքրաթիվ անտենաներ՝ 2 և 4, ՈւԴ-ն ստացվում է շատ ավելի լայն, քան ընդունող անտենաների միջև հեռավորությունը (ՈւԴ-ի հետազոտությունները հողվածում նշված չեն):

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. **Бакулин М., Крейнделин В., Варукина Л.** Технология ММО. Принципы и алгоритмы, -М: Горячая линия - Телеком, 2014.-242с.
2. <http://www.ni.com/pdf/manuals/377191d.html> LabVIEW Communications MIMO Application Framework 2.0 Manual
3. <https://habr.com/ru/company/cbs/blog/281485/>
4. <http://sine.ni.com/psp/app/doc/p/id/psp-1178/lang/ru>
5. **Суранов А.Я.** LabVIEW 8.20: Справочник по функциям. -М.: ДМК Пресс, 2007.-536с.

А.Д. АСРЯН, Л.Х. ХАЧАТРЯН, К.З. ВАРДАНИЯН

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ АЛГОРИТМА МРС С ПРИМЕНЕНИЕМ ДВУХ- И ЧЕТЫРЕХАНТЕННЫХ МОБИЛЬНЫХ СТАНЦИЙ

Произведена оценка эффективности алгоритма критерия оптимального весового сложения (MRC) с применением двух- и четырехантенных мобильных станций. В среде программного обеспечения LabVIEW Communications System Design разработаны и представлены лицевые панели работы базовой и мобильной станций.

Ключевые слова: технология ММО, NI USRP-2953R, критерий оптимального суммарного весового сложения, антенна базовой станции, антенна мобильной станции.

A.D. ASRYAN, L.KH. KHACHATRYAN, K.Z. VARDANYAN

ESTIMATING THE EFFICIENCY OF THE MRC ALGORITHM USING TWO AND FOUR ANTENNA MOBILE STATIONS

The efficiency of the algorithm of the maximal ratio combining (MRC) criterion has been evaluated using two and four antenna mobile stations. The front panels of the base and mobile stations in the software environment of Lab VIEW Communications System Design software are developed and presented.

Keywords: MIMO technology, NI USRP-2953R, criterion of maximal ratio combining, antenna of a base station, antenna of a mobile station.