

## ARTIRILMASI İMKANLARININ TƏHLİLİ

İsa Rəhman oğlu Məmmədov<sup>1</sup>, Eldəniz Musail oğlu Hüseynov<sup>2</sup><sup>1</sup>Azərbaycan Texniki Universiteti, Bakı, Azərbaycan<sup>2</sup>Huawei şirkəti, Bakı, Azərbaycan

## ANALYSIS OF THE POSSIBILITIES OF INCREASING NOISE IMMUNITY IN VARIOUS METHODS OF TRANSMISSION AND RECEIVING OF SIGNALS IN MOBILE COMMUNICATION SYSTEMS

İsa Rahman Mammadov<sup>1</sup>, Eldaniz Musail Huseynov<sup>2</sup><sup>1</sup>Azerbaijan Technical University, Baku, Azerbaijan: isamamedov@bk.ru<https://orcid.org/0000-0002-3085-5312><sup>2</sup>Huawei Company, Baku, azerbaijan: eldaniz.huseyn@huawei.com<https://orcid.org/0009-0000-9284-7986>

**Abstract.** A comparative analysis of increasing the noise immunity, when multi-antenna reception and multi-antenna transmission methods using in mobile communication systems, was carried out. When two or more receiving antennas are used, the increase in the signal-to-noise ratio at the receiver has been calculated for two cases, where the phase of the received signals is known and unknown.

When two or more transmitting antennas are used, the increase in the signal-to-noise ratio has been calculated.

**Keywords:** Mobile communication system, capacity, frequency band, signal-to-noise ratio, system noise immunity, multipath propagation of radio waves.

© 2024 Azerbaijan Technical University. All rights reserved.

**İlkin qeydlər.** Simsiz rabitə sistemlərində məlumat mübadiləsi radiorabitə kanalları üzərindən həyata keçirilir. Radiorabitə kanalı dedikdə yuxarı və aşağı sərhədi məlum olan məhdud tezlik zolağında işləyən kanal nəzərdə tutulur. Radiorabitə sistemlərinin səmərəliliyinin qiymətləndirilməsi üçün əsas meyar rabitə kanalının tutumudur [1], [2, s. 230-305]. Kanalın tutumu dedikdə məlumatın mümkün ən kiçik səhvlər ehtimalı ilə əldə olunmuş maksimum sürətlə verilişi nəzərdə tutulur [3, s.245-294], [4]. Müvafiq texniki ədəbiyyatlarda çox zaman rabitə kanalının buraxma qabiliyyəti ifadəsindən də istifadə olunur. Rabitə kanalının buraxma qabiliyyəti dedikdə vahid zamanda kanalla ötürülməsi mümkün olan informasiyanın maksimum dəyəri nəzərdə tutulur.

Ayrılmış tezlik zolağının istismarının səmərəliliyini qiymətləndirmək üçün kanalın maksimum buraxma qabiliyyəti ilə kanalla ötürülən məlumat sürətini qarşılaşdırmaq lazımdır. Bunu analitik olaraq aşağıdakı riyazi ifadə ilə göstərə bilərik [5, s. 305]:

$$\varepsilon = \frac{R_s H}{B},$$

burada  $\varepsilon$  – spektral effektivlik,  $R_s$  – simvol sürəti,  $H$  – entropiya,  $B$  – kanalın buraxma zolağıdır.

Qauss “ag” küy kanalında kanalın tutumu məlum Şennon düsturu ilə aşağıdakı kimi hesablanır [3, s. 304]:

$$C = B \log_2 \left( 1 + \frac{P}{N} \right). \quad (1)$$

Burada  $C$  – kanalın bit/s ilə ifadə olunan maksimum tutumu,  $P$  – siqnalın gücü,  $N=N_oB$  – küyün gücü,  $P/N$  – siqnal/küy nisbəti,  $N_o$  – küyün intensivliyidir.

(1) ifadəsi kanalın buraxma qabiliyyəti ilə kanalın eni, siqnalın və küyün gücü arasındakı əlaqəni ifadə edir və göstərir ki, bu kanalda siqnal/küy nisbəti yaxşılaşdıqca və kanalın buraxma zolağı artdıqca, kanalın buraxma qabiliyyəti də artır. Şennon düsturuna əsasən deyə bilərik ki, baxılan kanalda yalnız iki əsas parametr var ki, onların idarə olunması ilə kanalın buraxma qabiliyyəti artırıla bilər. Bunlar kanalın tezlik buraxma zolağı və siqnalın gücüdür.

Kanalın eni və ya kanal üçün ayrılmış tezlik zolağı rabitə sisteminin əsas elektomaqnit ehtiyatı olmaqla məhduddur [1], [2, s. 204-370], [6, 7], [8, s. 206]. Bu o deməkdir ki, kanalın buraxma qabiliyyətini artırmaq üçün tezlik zolağının genişləndirilməsi heç də hər zaman mümkün olmaya bilər. Belə ki, bu ehtiyatların istifadəsi xüsusi qurumlar tərəfindən və qaydalar əsasında icra edilir. Bir çox hallarda əlavə tezlik zolağının istifadəsi əlavə xərclərlə müşayiət olunur. Bu baxımdan cari ehtiyatlardan istifadə etməklə sistemin ümumi tutumunun artırılması daha əhəmiyyətlidir.

Buraxma qabiliyyətinin artırılması üçün digər bir yanaşma siqnalın gücünün artırılması ola bilər. Qeyd etmək lazımdır ki, xidmət zonasında yalnız bir mobil stansiya olduqda bu metod məqbul sayıla bilər. Lakin xidmət zonasında birdən çox mobil stansiyalar işlədikdə gücün artırılması ilə mobil stansiyaların şüalandırdığı siqnallar arasında interferensiyalar güclənəcəkdir. Dolayısı ilə siqnalın gücünün artırılması heç də hər zaman buraxma qabiliyyətinin artırılmasına kömək etməyəcək, əksinə müəyyən hallarda buraxma qabiliyyətinin azalması ilə nəticələncəkdir.

Şennon düsturuna əsasən deyə bilərik ki, kanalda küy sifra yaxınlaşdığı halda kanalın buraxma qabiliyyəti maksimum qiymət alacaqdır. Bu isə o deməkdir ki, kanalda mümkün olan küylərlə mübarizə aparmaqla, yəni maneədayanıqlığını artırmaqla kanalın buraxma qabiliyyətini artırmaq mümkündür. Bu baxımdan rabitə kanalının maneədayanıqlığının artırılması məqsədilə yeni yanaşmaların müəyyən edilməsi, yeni üsulların tətbiqinin nəzərdən keçirilməsi əhəmiyyətli ola bilər [9, s. 245-367].

**Məsələnin qoyuluşu.** Yuxarıdakı mülahizələrdən bir daha aydın olur ki, kanalın buraxma qabiliyyətinin artırılması maneədayanıqlığının və deməli, siqnal/maneə nisbətinin artırılması ilə sıx bağlıdır. Rabitə sisteminin maneədayanıqlığının artırılması problemi telekommunikasiya nəzəriyyəsinə yeni bir problem deyil və bu problemin həllinə çoxsaylı elmi tədqiqatlar həsr olunmuşdur. Burada məqsədimiz maneədayanıqlığının artırılması üçün yeni metodun təklifi və tədqiqi deyil. Hazırda mobil rabitə sistemlərində çox zaman tətbiq olunan çoxantenalı qəbul və çoxantenalı veriliş şəraitində maneədayanıqlığının və bunun nəticəsində sistemin buraxma qabiliyyətinin artımının müqayisəli təhlili maraqlıdır.

Radiodalğaların yayıldığı mühit (radiorabitə xətti) elə bir mühitdir ki, onu xarakterizə edən göstəricilər ətraf təsirlərə həssas olur və kanalın keyfiyyəti və rabitənin etibarlılığı zaman və tezlik dəyişdikcə dəyişir.

Radiorabitə kanalı ilə məlumatın ötürülməsi zamanı əksolunmaların təsiri nəticəsində radiodalğaların çoxşüalı yayılması baş verir ki, bu da radiodalğaların əlavə sönməsinə səbəb olur. Sönmələr olan mühitdə qəbul olunmuş siqnalın gücü məsafədən və ya zamandan asılı olaraq dəyişir [2, s. 345-375], [3, s. 336-380], [4]. Sönmələrin olması siqnalın qəbulunu çətinləşdirir və kanal üzrə məlumatın verilmə sürətinin məhdudlaşmasına səbəb olur. Müvafiq elmi-texniki ədəbiyyatlarda radiokanallar üzrə sönmələri sürətli və yavaş sönmələr kimi iki qrupa bölürlər [4]. Sönmələrlə mübarizənin üsullarından biri də rabitə kanalında məlumat ötürülməsi zamanı yuxarıda adı çəkilən müxtəlifliyin tətbiqidir. Dalğaların çoxşüalı yayılması səbəbindən siqnal radioqəbuledicinin girişinə fərqli yollarla gəlir. Qəbul edilir ki, fərqli qəbul yollarında sönmələrin səviyyəsi də fərqlidir. Fərqli yollarla radioqəbuledicinin girişinə gələn siqnalların müxtəlif səviyyəli sönmələrə məruz qalması müxtəliflik prinsipinin əsasını təşkil edir. Radioqəbuledicidə onun girişinə fərqli yollarla gələn siqnalların ələ birləşdirilməsi yerinə yetirilə bilər ki, yekun siqnalda sönmələrin təsiri azalmış olsun. *Məsələnin məqsədi* radiorabitə kanallarında radiodalğaların çoxşüalı yayılması şəraitində müxtəlif veriliş və müxtəlif qəbul şərtlərində rabitə sisteminin maneədayanıqlığının artırılması üsullarının müqayisəli təhlilidir.

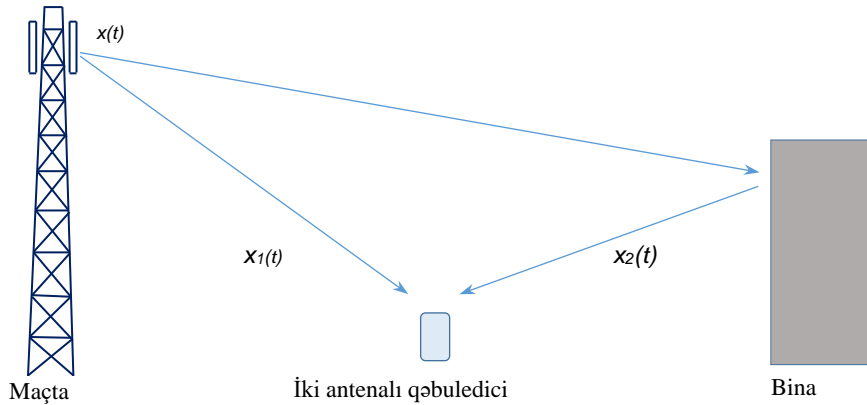
**Məsələnin həlli.** Mobil rabitə sistemlərində radiodalğaların fəzada yayılması zamanı baş verən sönmələrin səviyyəsinin kompensasiya olunması məqsədilə ya çox sayda verici antena, ya da çox sayda qəbuledici antena istifadə edilə bilər. İkinci bir metod isə fərqli polarizasiyalı iki verici və ya iki qəbuledici antenanın istifadə edilməsidir. Məlumatın fərqli tezlikli radiosiqnallar vasitəsilə ötürülməsi üçüncü alternativ metod kimi təqdim oluna bilər. Müqayisə üçün qeyd etmək lazımdır ki,

ilk iki metod heç bir əlavə tezlik zolağı tələb etmədiyi halda, sonuncu metoddə həm əlavə güc, həm də əlavə tezlik zolağı tələb olunur. Birinci metodun tətbiqi ilə maneədayanlıqlığının artırılması imkanlarını tədqiq edək. Bu məqsədlə iki qəbuledici və iki verici antenalar vasitəsilə siqnalların verilməsi və qəbulu zamanı siqnal/küy nisbətini artırılması imkanlarını ayrı-ayrılıqda araşdıraq.

### 1. Çoxantenalı radioqəbul üsulunda maneədayanlıqlığının artırılması imkanlarının təhlili.

Mobil rabitə sistemlərində qəbul məntəqəsində bir neçə, çox zaman iki qəbuledici antenadan istifadə edilə bilər [10, s. 123-234]. Bu zaman qəbuledicinin girişinə fərqli yollarla gələn siqnalların eyni fazada cəmlənməsi və sonradan siqnalın emal olunması nəticəsində siqnal/küy nisbəti bir antena ilə qəbullu müqayisədə əhəmiyyətli dərəcədə yaxşılaşa bilər [11, s. 18-22]. Fərqli antenalarla qəbul edilmiş siqnallar fərqli yollarla yayımlandığından, onlar ümumi halda fərqli sönmələrə məruz qalır. Əgər qəbul yollarının sayı  $K$  olarsa, onda bu üsul qəbulda siqnal/küy nisbətini  $K$  dəfə artmasını şərtləndirir.

Məlumatların ötürülməsi zamanı rabitə xəttində baş verən kompleks sönmə  $r_i e^{j\theta_i}$  ilə ifadə oluna bilər [3, s. 23-197], [12]. Bu sönməni nəzərə alsaq, qəbuledicinin girişindəki siqnal  $x(t) = s(t)r_i e^{j\theta_i}$  ifadəsi ilə göstərilə bilər. Sadəlik üçün qəbulun iki antena ilə həyata keçirildiyini və hər iki kanalın Reley kanalı olduğunu qəbul edək (şəkil).



Reley kanalında iki şüanın qəbuluna dair

Hər iki antenadan qəbul olunan siqnalların  $r_i e^{j\theta_i}$  sönməsinə məruz qaldığını, lakin fərqli fazalarda olduğunu fərz edək. Bu halda həmin siqnalların cəmlənməsi zamanı cəm siqnalın səviyyəsi artmaq əvəzinə azala bilər ki, bu da öz növbəsində qəbul edilmiş siqnalın dekodlanmasını çətinləşdirəcəkdir (şəklə bax). Bunun qarşısını almaq üçün şəkildə göstərilən müxtəlif qollardakı siqnallar ilk öncə eyni fazaya gətirilməlidir. Araşdırma zamanı fərz edilir ki, qəbul edilmiş siqnalların fazası qəbuledicidə məlumdur. Faza məlum olmayan halda qəbuledicidə koherent detektorlama tətbiq edilir ki, bu da faza ilə yanaşı, həm də qəbul yollarındakı siqnal/küy nisbətini müəyyən etməyə kömək edir. Qəbul olunmuş siqnallardakı  $r_i e^{j\theta_i}$  ( $i = 1, 2$ ) sönmələrin səviyyəsini azaltmaq üçün onlar  $a_i e^{-j\theta_i}$  ( $i = 1, 2$ ) vuruğuna vurularaq cəmlənir. Vuruqdakı “-” işarəsi qəbul edilmiş siqnal ilə müqayisədə fazanın əks olduğunu göstərir. Nəticə olaraq fərqli yollarla gələn siqnallardakı faza fərqi aradan qaldırılır və cəmləndikdən sonra  $x(t)$  siqnalı birantenalı qəbul ilə müqayisədə  $\sum_i a_i r_i$ ;  $i = 1, 2$  dəfə artmış olur.

Faydalı siqnalın küy ilə müqayisədə gücünü göstərmək üçün siqnal/küy nisbəti ( $SNR$ ) dəyərindən istifadə edilir və  $SNR = P_{siqnal} / N_{küy}$  hesablanır. Baxılan halda hər iki qəbul qolu üçün siqnal/küy nisbəti  $\gamma_i = \frac{r_i^2}{N_i}$ ;  $i = 1, 2$  kimi müəyyən edilə bilər [3, s. 221-236].

Hər iki antena vasitəsilə qəbul edilmiş siqnallar cəmləndikdən sonra siqnal/küy nisbətini aşağıdakı kimi ifadə edə bilərik:

$$\gamma_{\Sigma} = \frac{(\sum_{i=1}^2 \alpha_i r_i)^2}{\sum_{i=1}^2 \alpha_i^2 N_i}$$

Burada  $(\sum_{i=1}^2 \alpha_i r_i)$  – faydalı siqnalın,  $\sum_{i=1}^2 \alpha_i^2 N_i$  – qollardakı küylərin cəmidir.

Fərz edək ki, qəbul qollarında sönmə yoxdur, yəni yayılma zamanı siqnal sönmələrə məruz qalmır və qollarda küylərin gücü  $N = N_0 B$  eynidir. Bu hal üçün yuxarıdakı ifadəni aşağıdakı formaya gətirə bilərik:

$$\gamma_{\Sigma} = \frac{(\sum_{i=1}^2 \alpha_i r_i)^2}{\sum_{i=1}^2 \alpha_i^2 N_0 B} = \frac{(\sum_{i=1}^2 r_i^2)^2}{N_0 B \sum_{i=1}^2 r_i^2} = \frac{\sum_{i=1}^2 r_i^2}{N_0 B} = \sum_{i=1}^2 \gamma$$

Bu ifadə deməyə əsas verir ki, bir antena ilə müqayisədə iki antenalı qəbul zamanı iki qol üzrə qəbul aparılması və koherent cəmlənmə yerinə yetirilməsi nəticəsində siqnal/küy nisbəti iki dəfə artır və ya sistemin ümumi siqnal/küy nisbəti qollardakı siqnal/küy nisbətindən cəminə bərabər olur.

Əgər  $M$  sayda antena ilə qəbul tətbiq etsək, onda

$$\gamma_{\Sigma} = \frac{(\sum_{i=1}^M \alpha_i r_i)^2}{\sum_{i=1}^M \alpha_i^2 N_0 B} = \frac{(\sum_{i=1}^M r_i^2)^2}{N_0 B \sum_{i=1}^M r_i^2} = \frac{\sum_{i=1}^M r_i^2}{N_0 B} = M \gamma \quad (2)$$

(2) ifadəsindən aydın olur ki, sönmələrin olmadığı hal üçün müxtəlif antenalardan qəbul edilmiş siqnalların koherent cəmlənməsi hesabına qəbul edilmiş siqnalın tək antenalı qəbul ilə müqayisədə  $M$  dəfə güclənməsi mümkün olur. Çoxsaylı antenalar vasitəsilə qəbul zamanı əldə edilmiş güc qazancı massiv güc qazancı adlandırılır və sönmələrin mövcud olduğu kanallarda daha yaxşı göstəricilərə nail olmağa şərait yaradır.

Təcrübələr göstərmişdir ki, bu metodun tətbiqi qəbulda siqnal/küy nisbətindən 20... 30 dB yaxşılaşdırılmasına şərait yaradır [2, s. 343-365].

**2. Çoxantenalı radioveriliş üsulunda maneədayanıqlığının artırılması imkanlarının təhlili.** Radioqəbul şəraitinin müxtəlifliyinin əksinə olaraq bu üsulda bir neçə antena verici tərəfdə istifadə edilir. Ötürülən siqnalın gücü antenalar arasında bölüşdürülür. Bu üsulda güc antenalar arasında bölüşdürüldüyündən radiovericidən əlavə güc tələb olunur. Bu baxımdan qeyd olunan üsulun adətən güc çox olan tərəfdə, məsələn, mobil rabitə sistemlərində baza stansiyası tərəfdə tətbiq olunması daha əlverişli sayıla bilər. Radioveriliş müxtəlifliyi kimi iki hal fərqləndirilir. Bu fərqin əsasını radiovericinin kanal üzrə gücünün verici tərəfdə əvvəlcədən məlum olub-olmaması təşkil edir.

Radioveriliş xətti üzrə siqnal/küy nisbəti qazancının  $r_i e^{j\theta_i}$  məlum olduğu hal üçün  $i$  verici və qəbuledici antenalar arasındakı rabitə xəttinə qoşulmuş radioqəbuledicinin girişində siqnal/küy nisbəti aşağıdakı kimi hesablanır [3, s. 326]:

$$\gamma_i = \frac{r_i^2 P_t}{N_0 B}$$

burada  $P_t$  – ötürülən siqnalın orta gücü,  $N_0 B$  – qəbuledicidə küyün gücüdür.

$\gamma_i$  – gücə görə siqnal küy nisbətini ifadə edir. Ona görə də küyün intensivliyini tezlik buraxma zolağına vurmaqla küyün gücünü müəyyən edirik. Bitin enerjisinə görə nisbət müəyyən olunduqda isə bitin enerjisinin küyün intensivliyinə nisbətini hesablamaq lazım gəlir.

Aydındır ki, ümumi siqnal/küy nisbətini tapmaq üçün bütün qollardakı siqnal/küy nisbətini cəmləmək lazımdır.  $M$  sayda verici antena üçün yazırıq:

$$\gamma_{\Sigma} = \frac{P_t}{N_0 B} \sum_{i=1}^M r_i^2 = \sum_{i=1}^M \gamma_i \quad (3)$$

(2) və (3) ifadələrindən görüldüyü kimi siqnal/küy nisbəti üzrə yol qazancı məlum olduqda radioveriliş müxtəlifliyi radioqəbul müxtəlifliyinə yaxın olur.

Veriliş xətti üzrə qazancın məlum olması veriliş müxtəlifliyinin qiymətləndirilməsi üçün önəm daşıyır. Belə ki, siqnalın gücü antenalar arasında məntiqli bölünə bilir və verilən siqnallar qəbuledicinin girişində koherent olur. Yuxarıda qeyd olunanlar əsasında deyə bilərik ki, veriliş bir neçə antena ilə aparıldıqda sistemin manedayanıqlığı yaxşılaşır. Bu, siqnal/küy nisbətinin ümumi qiymətinin artmasında özünü göstərir.

Veriliş xəttinin qazancı məlum olmadığı halda ötürülən enerjinin antenalar arasında məntiqli bölünməsi mümkün olmur. Həmçinin koherent birləşmənin alınmaması səbəbindən iki antenalı verici müxtəlifliyinin üstünlüyü müəyyən oluna bilmir.

Lakin fəza və zaman müxtəlifliyini nəzərə alaraq tətbiq edilən Alamouti sxemi müxtəlif veriliş üsullarının işini qiymətləndirməyə şərait yaradır [3, s. 404-412].

(2) və (3) ifadələrindən də göründüyü kimi, həm qəbulda, həm də vericidə müxtəlifliyin tətbiqi siqnal/küy nisbətinin yaxşılaşdırılması ilə nəticələnir. Siqnal/küy nisbətinin yaxşılaşması isə (1) ifadəsinə görə kanalın səmərəliliyinin artmasına səbəb olur.

**Nəticə.** Mobil rabitə sistemində bir neçə qəbuledici antenadan istifadə edildikdə və qəbul edilmiş siqnalların fazası qəbuledicidə məlum olduqda müxtəlif qollardakı siqnallar ilk öncə eyni fazaya gətirilməli, sonra bu siqnalların cəmlənməsi yerinə yetirilməlidir. Faza məlum olmayan halda qəbuledicidə koherent detektorlama tətbiq edilməlidir ki, qəbul olunmuş siqnallardakı sönmələrin səviyyəsini azaltmaq üçün onlar qəbul edilmiş siqnal ilə müqayisədə əks fazalı vuruğa vurularaq cəmlənməlidir. Nəticə olaraq fərqli yollarla gələn siqnallar cəmləndikdən sonra  $x(t)$  siqnalı bir antenalı qəbul ilə müqayisədə  $\sum_i a_i r_i$  dəfə artmış olur.

Bir neçə verici antenadan istifadə edilməsilə aparılan veriliş bir neçə qəbuledici antenadan istifadə etməklə aparılan radioqəbul üsuluna təxminən bərabər siqnal/küy nisbəti artımı təmin edir. Lakin dərin sönmələr baş verən kanalların mövcud olması ehtimalını nəzərə alaraq daha çox bir neçə qəbuledici antenadan istifadə etmək məqsədəuyğun hesab oluna bilər.

## ƏDƏBİYYAT

1. <https://www.ericsson.com/en/reports-and-papers/mobility-report/dataforecasts/mobile-traffic-forecast>.
2. Andrea, G. Wireless Communications. Cambridge, "Cambridge University Press", 2005, 674 p.
3. David, T. Pramod Viswanath, Fundamentals of Wireless communication. Cambridge, "Cambridge University Press", 2005, 564 p.
4. MacKenzie, A. B., Wicker, S. B. Game theory in communications: motivation, explanation, and application to power control," GLOBECOM'01. IEEE Global Telecommunications Conference (Cat. No.01CH37270), San Antonio, TX, USA, 2001, vol.2, p. 821-826. doi: 10.1109/GLOCOM.2001.965533.
5. Листопад, Н.И. Теоретические основы цифровой радиосвязи. Учеб. Пособие. Минск, «БГУИР», 2012, 330 с.
6. Lee, J. W., Mazumdar, R. R., Shroff, N. B. Opportunistic power scheduling for dynamic multi-server wireless systems. IEEE Transactions on Wireless Communications, 2006, vol. 5, June No. 6, p.1506-1515, doi: 10.1109/TWC.2006.1638671.
7. Berrou, C., A. Glavieux, A., Thitimajshima, P. Near Shannon limit error-correcting coding and decoding: Turbo-codes. 1," Proceedings of ICC '93. IEEE International Conference on Communications, Geneva, Switzerland, 1993, vol.2, p. 1064-1070. doi: 10.1109/ICC.1993.397441.
8. Мухин, А.М., Чайников, Л.С. Энциклопедия мобильной связи. Том 1. Санкт-Петербург, «Наука и техника», 2001, 240 с.
9. Галькин В.А. Цифровая мобильная связь. Москва, «Горячая линия –Телеком», 2012, 592 с.
10. Берлин А.Н. Цифровые сотовые системы связи. Москва, «Эко-Трендз», 2007, 296 с.
11. Кашкаров, Д.В. Модель и метод оценки надежности сетей связи пятого и последующих поколений. Электро-связь, 2022, № 5, с. 18-22.
12. Yang, L. Power Control in Wireless Networks. Encyclopedia of Wireless Networks. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-78262-1\\_163\(2020\)](https://doi.org/10.1007/978-3-319-78262-1_163(2020)).

**MOBİL RABİTƏ SİSTEMLƏRİNDƏ SİQNALLARIN MÜXTƏLİF ÜSULLARLA VERİLİŞİ VƏ QƏBULU  
ZAMANI MANEƏDAYANIQLIĞININ ARTIRILMASI İMKANLARININ TƏHLİLİ**

**İ.R.Məmmədov, E.M.Hüseynov**

**Xülasə.** Mobil rabitə sistemlərində çoxantenalı qəbul və çoxantenalı veriliş üsullarından istifadə etdikdə maneədayanıqlığının artırılmasının müqayisəli təhlili aparılmışdır. İki və daha artıq sayda qəbuledici antenadan istifadə olunduqda qəbuledicidə siqnal/maneə nisbətinin artması qəbul edilmiş siqnalların fazası məlum olduğu və məlum olmadığı iki hal üçün hesablanmışdır.

İki və daha artıq verici antenadan istifadə olunduqda siqnal/maneə nisbətinin artması hesablanmışdır.

**Açar sözlər:** *Mobil rabitə sistemi, buraxma qabiliyyəti, tezlik buraxma zolağı, siqnal/küy nisbəti, sistemin maneədayanıqlığı, radiodalğaların çoxşüalı yayılması.*

*Accepted: 19.12.2024*