

SCP-RPSC AND SC-CDMA TECHNOLOGIES IN THE TELECOMMUNICATION SYSTEMS FOR THE DEVELOPPING COUNTRIES

ТЕХНОЛОГИИТЕ SCP-RPSC И SC-CDMA В ТЕЛЕКОМУНИКАЦИОННИТЕ СИСТЕМИ ЗА РАЗВИВАЩИТЕ СЕ СТРАНИ

Veselin Demirev

RC and VT Division, FTC, TU-Sofia, tel. 02-965-26-60, e-mail: demirev_v@tu-sofia.bg

Веселин Демирев

Катедра РК и ВТ, ФТК, ТУ-София, тел. 02-965-26-60, e-mail: demirev_v@tu-sofia.bg

Keywords: Developing countries, SCP-RPSC, RPSC-MA, SC-CDMA

Abstract - In the last several months the world and the global media attention were focused exclusively toward the refugees, going from Near east to the developed Central European countries. It was explained, that most of them are economical, not political migrants. One of the possible ways to solve this problem is to create good political and economical opportunities in the developing countries in order to hold back the refugees in their own birth places. One of the first steps that should be done there is the building of telecommunication infrastructure, based on cheap and effective wireless technologies.

An analytical review of the wireless communication systems, suitable for the developing countries, is given in this report. Special attention is given to the antenna systems and the associated problems. The advantages of the proposed by the author SCP-RPSC and SC-CDMA principles and technologies are comment. Their particular applications for developing countries are listed below:

- *Satellite radio and TV broadcasting - SCP;*
- *Wireless access to Internet for urban areas – HAPS, WIMAX;*
- *Wireless access to Internet for suburban areas – RPSC-MA;*
- *Feeder lines for terrestrial and LEO base stations;*
- *Personal mobile communications using integrated terrestrial-satellite systems – SC-CDMA.*

Резюме - Вниманието на световната общественост и медии през последните месеци беше насочено изключително към започващото преселение на разнородни по етнически произход бежански групи от Близкия изток към развитите централно-европейски страни. Посочено беше, че в основната си част този човешки поток се състои от икономически, а не от политически емигранти. Един от пътищата за решаването на проблема е създаване на благоприятни политически и икономически условия в слаборазвитите страни с оглед задържането на бежанците в собствените им държави. Важна съставна част от необходимите за целта мерки представлява създаването на телекомуникационна инфраструктура, базирана на евтини и ефективни технологии, използващи безжичен достъп в различните им сегменти – от потребителски до служебни.

В настоящия доклад е направен аналитичен обзор на тенденциите на развитие на подходящите за развиващите се страни безжични комуникационни системи, като специално внимание е обърнато на антенните им системи. Изложени са нивото им на развитие и проблемите, за които се търсят неотложни технически решения. Анализирани са възможностите на предложените от автора принципи и

реализиращите ги безжични технологии SCP-RPSC и SC-CDMA с оглед решаване на антенните проблеми на бъдещите телекомуникационни системи с различно предназначение, подходящи за условията и финансовите възможности на развиващите се страни, както следва:

- *Спътниково радио и телевизионно разпръскване - SCP;*
- *Безжичен достъп до Интернет в гъсто населени райони – HAPS, WIMAX;*
- *Безжичен достъп до Интернет в слабо населени райони – RPSC-MA;*
- *Фидерни линии за наземни и LEO базирани базови станции;*
- *Персонални мобилни комуникации чрез интегрирани наземно-спътникови системи – SC-CDMA.*

1. УВОД

Вниманието на световната общественост и медии през последните месеци беше насочено изключително към започващото преселение на разнородни по етнически произход бежански групи от Близкия изток към развитите централно-европейски страни. Посочено беше, че в основната си част този човешки поток се състои от икономически, а не от политически емигранти. Един от пътищата за решаването на проблема е създаване на благоприятни политически и икономически условия в слаборазвитите страни с оглед задържането на бежанците в собствените им държави. Важна съставна част от необходимите за целта мерки представлява създаването на телекомуникационна инфраструктура, базирана на евтини и ефективни технологии, използващи безжичен достъп в различните им сегменти – от потребителски до служебни.

В настоящия доклад е направен аналитичен обзор на тенденциите на развитие на подходящите за развиващите се страни безжични комуникационни системи, като специално внимание е обърнато на антенните им системи. Изложени са нивото им на развитие и проблемите, за които се търсят неотложни технически решения. Анализирани са възможностите на предложените от автора принципи и реализиращите ги безжични технологии SCP-RPSC и SC-CDMA [1] с оглед решаване на антенните проблеми на бъдещите телекомуникационни системи с различно предназначение, подходящи за условията и финансовите възможности на развиващите се страни.

2. СПЪТНИКОВО РАДИО И ТЕЛЕВИЗИОННО РАЗПРЪСКВАНЕ

Използването на спътниково радио и телевизионно разпръскване в развиващите се страни допринася [2] за развитието на образованието, медицинското обслужване, за по-добро междуетническо разбирателство и толерантност към религиозните различия, премахване на политическите и религиозни граници, с което се създават и условия за създаване на нови работни места. Част от основните проблеми на съществуващите технологии са свързани с използваните потребителски антени. Те са параболични, с голям коефициент на усилване и съответно тясна диаграма на насоченост. Това създава проблеми с монтажа и насочването към съответните спътници при характерните за развиващите се страни условия, включващи:

- Тежки климатични и ветрови условия;
- Липса на квалифициран персонал;
- В много случаи липса на стабилна платформа за закрепване;
- Невъзможност за едновременна работа с няколко спътника при колективни телевизионни системи;
- Невъзможност за мобилни приложения, както и за работа с негеостационарни спътникови системи.

Предложените от автора на настоящия доклад принцип и реализираща го технология SCP преодоляват изброените проблеми [1,3,4], като позволяват да се постигнат следните съществени за развиващите се страни предимства:

- Проста и евтина процепна антена на радиална линия (RLSA) /около 3 US \$/ , подходяща за масово производство в Ku и Ka обхват;
- Едноканален приемник с конвенционална сигнална обработка;
- Слабонасочена диаграма за кооперирания спътник, но с висок коефициент на качество G/T /от порядъка на 15 Dbi/K/;
- Избор на различни спътници и поляризации с помощта на псевдослучайни кодове;
- Възможност за реализиране на многолъчеви диаграми на насоченост;
- Възможна работа с негеостационарни спътникови системи.

3. БЕЗЖИЧЕН ДОСТЪП ДО ИНТЕРНЕТ В ГЪСТО НАСЕЛЕНИ РАЙОНИ – HAPS, WIMAX

През последните години нови безжични технологии за осъществяване на широколентов радиодостъп до фиксирания комуникационни мрежи в гъсто населени райони, наречени World Interoperability for Microwave Access (Wi-MAX) [1] и High Altitude Platform Systems (HAPS) [5] бяха развити по отношение на стандартизацията си. Wi-MAX представлява алтернативен вариант на съществуващите кабелни технологии за реализиране на т.нар. “последна миля” – широколентова линия от потребителите до най-близката точка с осигурена широколентова свързаност. Предимствата на технологията се състоят във възможностите за бързо и евтино реализиране на покритие за даден район и съответно за бързо преместване, за обслужване на мобилни потребители и др. С нея могат да се изградят интерактивни мрежи с високо качество на услугите. Стандартизирането ѝ премина през няколко етапа, като основните ѝ параметри са следните:

- Предназначение - за предоставяне на фиксирани услуги от точка до много точки;
- Честотен диапазон от 2 до 66 GHz в налични за отделните страни честотни ленти;
- Максимално разстояние базова станция - терминал 50 км;

- Максимална скорост на информационния поток 134 Mbps;
- Брой на потребителските терминали: хиляди.

HAPS се реализират като пилотирани или безпилотни самолети или дирижабли, разположени в стратосферата, на около 20 km над земната повърхност. Те могат да бъдат разглеждани като комуникационни системи, монтирани на много високи кули. Предимствата на новата технология, особено подходяща за слаборазвитите страни без изградена телекомуникационна структура, са следните:

- Възможност за бързо реализиране на покритие на даден район и съответно за бързото му преместване. В резултат значително се намалява броят на компонентите на системата, както и разходите по изграждане на мрежата. При това не са необходими ракети за извеждане в орбита, както е при спътниковите системи. За целта HAPS използват своите собствени ресурси.
- Възможност за комуникация на мобилните потребители при големи ъгли на елевация, позволяваща директна радиовидимост в урбанизирани или планински райони.
- Многолъчевите диаграми на излъчване от антените на HAPS позволяват реализирането на микроклетки върху земната повърхност, а оттам и възможност за многократно преизползване на радиочестотния спектър.
- Относително малкото времезакъснение на сигналите (от порядъка на 1 ms) позволява изграждането на интерактивни мрежи с високо качество на услугите.
- Разходите по осигуряването на покритие за даден район са значително по-ниски от тези за наземните или за спътниковите мрежи.

Недостатъците на HAPS технологията са следните:

- Необходимост от поддържане на постоянно местоположение на платформата за осигуряване на фиксирано покритие на земната повърхност. Стратосферата се характеризира със силни ветрове, поради което са необходими специални мерки за стабилизиране на HAPS.
- Необходимост от използване на следящи по ъглови координати потребителски антени при използване на самолетни HAPS или такива без пространствена стабилизация.
- Необслужваемите платформи се нуждаят от периодично връщане на Земята с оглед презареждане, ремонт и т.н. Това налага необходимостта от използване на дублираща платформа.

Фактически при технологията SCP се осъществява виртуално електронно сканиране на един или няколко антенни лъча, при това с голям коефициент на усилване и с висока пространствена избиращелност. Важно предимство на технологията SCP представлява възможността за многолъчево приемане чрез използване на няколко корелатора, работещи с пилотни сигнали от различни пространствено разнесени източници. По този начин могат да се реализират следните нови възможности:

- Soft handoff. При WIMAX и HAPS тази възможност може да се използва при мобилно приемане за извършване на прехвърляне на мобилния терминал от една базова станция към друга.
- Space diversity, позволяващо комуникации на даден терминал с няколко базови станции.
- Реализиране на дуплексни интерактивни системи само с една проста и евтина приемо-предавателна терминална антена.
- Полифазно диспергираните сигнали са равномерно излъчвани в пространството над терминалните антени. При това отпада необходимостта от информация за пространственото разположение на базовите WIMAX и HAPS станции.
- Едно от предимствата на технологията SCP в предавателен режим – RPSC, представлява случайното пространствено кодиране с помощта на RLSA. Това позволява многократно преизползване на радиочестотния ресурс, алокиран за HAPS приложения, чрез различен случаен дизайн на отделните RLSA. По този начин е възможно значително допълнително увеличение на трафичния капацитет на дадена HAPS базова станция.

Съгласно публикувани данни, необходимият коефициент на усилване на приемна терминална WIMAX или HAPS антена е от порядъка на 35 dB. При реализирането ѝ по технологията SCP-RPSC с използване на RLSA, която е подходяща за милиметровия честотен диапазон, диаметърът ѝ ще бъде от порядъка на 15 см, а височината ѝ – няколко милиметра. Тези компактни размери, съчетани с липсата на необходимост от прецизно насочване, ще позволяват монтажът и настройката ѝ да се извършват от слабоквалифицирани кадри.

По принципа си на работа технологията HAPS се доближава до клетъчните мрежи, като оформянето на клетките на земната повърхност се извършва с помощта на монтираните на платформата антени с многолъчеви диаграми на насоченост. Получените по този начин клетки са значително по-добре оформени от тези при наземно разположени базови станции, като интерференцията между клетките с еднакви честотни канали също е намалена. При движението на мобилен терминал в тази клетъчна структура се налага периодично прехвърляне на трафика от клетка в клетка, с което се ангажират допълнително трафичните и изчислителните ресурси на системата. Специфичен проблем при HAPS ще бъде извършването на прехвърляния при фиксиран терминал поради недобре стабилизирана в пространството платформа. В този случай проблемът може да бъде решен чрез използването на технологията SCP-RPSC в антенната система на самата платформа.

4. БЕЗЖИЧЕН ДОСТЪП ДО ИНТЕРНЕТ В СЛАБО НАСЕЛЕНИ РАЙОНИ – RPSC-MA

Технологията SCP-RPSC [6] може да се окаже пробивът, с който да се постигне непредсказуемо увеличаване на честотния ресурс в спътниковите и наземните широколентови радиомрежи. Близко разположени абонатни терминали ще могат да комуникират с наземни или спътниково базирани станции, използвайки едни и същи честотни канали без значителна интерференция. Изолацията между терминалите ще се осигурява чрез тяхното специфично случайно фазово диспергиране, дължащо се на специфичния им случаен дизайн. По този начин описаният по-горе принцип на работа може да бъде разглеждан като нов подход за реализиране на многостанционен достъп, наречен от автора Random Phase Spread Coding - Multiple Access (RPSC-MA).

RPSC-MA може да се окаже особено подходящ за специфичните условия на развиващите се страни. За повечето от тях е характерно неравномерното териториално разпределение на абонатните терминали – при огромни разстояния между отделните населени пунктове /от порядъка на стотици километри/, разстоянията между сравнително големия брой терминали в дадено населено място са малки /от порядъка на десетки до стотици метри/. При такава конфигурация на разпределението на потребителите доказалият се в развитите страни подход в спътниковите комуникации “spot beams” се оказва неефективен.

5. ФИДЕРНИ ЛИНИИ ЗА НАЗЕМНИ И LEO БАЗОВИ СТАНЦИИ

Компанията O3b (Other 3 billions – другите 3 милиарда) изгражда нова мрежа от спътници на междинна орбита (МЕО) в Ка-обхват. Целта е осигуряване на високоскоростна свързаност на клетъчни и IP опорни мрежи в зони с неизградена комуникационна инфраструктура [7], като се поддържат ниски цени и високо качество, съизмерими с тези на оптичните кабелни мрежи. Компанията обяви, че ще развие тази мрежа с помощта на осем малки, високотехнологични спътници на МЕО орбита. Спътниковото съзвездие на O3b ще работи на височина 8630 km в кръгова орбита около Екватора, като спътниците се движат по фиксирани кръгови орбити спрямо земната повърхност. Всяка земна станция, включена в системата, ще комуникира непрекъснато поне с един спътник с оглед осигуряване на непрекъснати комуникации. Спътниците се появяват и изчезват от радиовидимостта на земната станция всеки 45 минути, което налага превключване ѝ от спътник към спътник 32 пъти за един ден. При бъдещото развитие на системата се предвижда броят им да бъде увеличен на 16.

Спецификата на O3b в спрямо класическите GEO системи се състои във факта, че тя ще обслужва земни станции, намиращи се в географски ширини, разположени на +/- 45 градуса около Екватора. Всеки лъч ще облъчва зона с диаметър от около 500 km. Поради големият честотен ресурс на предлаганата системна архитектура, използваща остронасочени антенни лъчи в Ка-обхват, намаленото разстояние до Земята и големият брой спътници в съзвездието, се

очаква значително намаляване на цената и повишаване на качеството на пренос на спътниковия сегмент (до равнището на наземните радиорелейни линии и оптически кабели).

Важно предимство на технологията SCP представлява възможността за реализиране на многолъчево приемане чрез използване на няколко корелатора, работещи с пилотни сигнали от различни пространствено разнесени източници. По този начин могат да се реализират следните нови възможности на спътниковата система O3b:

- Soft handoff между излизащ от работна фаза стар O3b спътник и навлизащ нов такъв чрез технологията SCP в приемен режим на земната станция.
- Space diversity, позволяващ едновременно изграждане на линии нагоре с повече от един O3b спътника чрез технологията RPSC. Това дава възможност за реализиране на Soft handoff между излизащ и навлизащ спътник в предавателен режим на земната станция.
- Излъчваните полифазно диспергирани сигнали в предавателен режим на земната станция по технологията RPSC не причиняват значителна интерференция върху други системи, използващи същите честотни канали. По този начин за системата O3b биха могли да се използват честотни канали, алокирани за GEO спътникови комуникации.

Изключителен интерес за развитието на системи от вида O3b представляват възможностите за използване на технологията SCP-RPSC в спътниковия сегмент. Тази идея обаче се нуждае от допълнително по-подробно изследване съвместно с разработчиците на подобен вид спътникови системи.

6. ПЕРСОНАЛНИ МОБИЛНИ КОМУНИКАЦИИ ЧРЕЗ ИНТЕГРИРАНИ НАЗЕМНО-СПЪТНИКОВИ СИСТЕМИ

Една от основните задачи на спътниковите персонални комуникационни мрежи /Satellite Personal Communication Networks (S-PCN)/ е да допълни наземните мобилни мрежи чрез осигуряване на аналогични услуги в райони, където спътниковата технология е по-ефективна и икономична. Тяхното значение е особено голямо за развиващите се страни, където населението е групирано в малки селища с огромни разстояния между тях. Тази цел може да бъде постигната чрез използване на двумодови мобилни потребителски терминали, които комуникират с наземните и спътниковите мрежи. По този начин при движението на потребителите комуникациите се осъществяват приоритетно от наземните мрежи, а при липса на покритие – от спътниковите. Важен елемент в тази област на изследователски интерес представляват системите за прехвърляне на връзките /Connection Transference Schemes (CTS)/, осигуряващи Soft Handover (SH). Методът за достъп CDMA е най-подходящ за реализиране на seamless SH при интегрираните наземно-спътникови мрежи, но разработените до момента стандарти са подходящи само за наземни мрежи със сравнително малък диаметър на клетките /от порядъка на десетки километри/.

Предложеният от автора на настоящия доклад пространствено корелиран /Space Correlated/ принцип SC-CDMA [8] използва няколко пространствено разнесени източника на радио сигнали. Последните са фазово модулирани чрез подходящи псевдослучайни кодове. Мобилните станции приемат тези сигнали чрез добре разработената CDMA технология за достъп. За тази цел същите псевдослучайни кодове се генерират и синхронизират в приемниците на мобилните станции. Чрез сумирането по модул 2 на кодовете се генерират т. нар. уникални U (Unique)-PN кодове, които се използват за разширяване на спектъра на излъчваните сигнали от мобилните и от базовите станции. Генерираните по този начин U-PN кодове са строго индивидуални, тъй като зависят от мястото и от времето на местоположение на мобилните и на базовите станции. Използването на описания нов принцип съвместно със системата за глобална навигация GPS беше наречен EMI A&B (Enhanced Mobile Information, variants A&B)

Технологията, реализираща принципа SC-CDMA, притежава редица предимства, с което се нарежда на едно от челните в света места в надпреварата за реализиране на глобален стандарт за персонални мобилни комуникации. Очевидно е, че развиващите се страни биха спечелили много от развитието на подобни мрежи.

7. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключение може да се каже, че практическото внедряване на принципите SCP-RPSC и SC-CDMA, както и на реализиращите ги технологии, ще доведе до решаване на редица телекомуникационни проблеми от глобален характер. В резултат се ще осигурят възможности за икономическо и културно развитие на развиващите се страни.

REFERENCES

- [1] В. Демирев, *Мобилни и персонални спътникови комуникации*, Изд. ТУ-София, 2010.
- [2] J. Pelton, R. Oslund, P. Marshall, *Communication satellites - Global change agents*, Lawrence Erlbaum Associates Publishers, Mahwah, New Jersey, London, 2004.
- [3] V. Demirev, "Spatial Correlation Processing – the New Approach in the Broadband Satellite Tracking Systems", *Journal of Electrical and Control Engineering*, pp. 49-54, October, 2013.
- [4] V. Demirev, "Some Important Parameters of the Spatial Correlation Processing Technology", *Journal of Electrical and Control Engineering*, pp. 55-64, October, 2013.
- [5] V. Demirev, "Recent trends and future developments of SCP-RPSC High Altitude Platform Systems", *Elektrotechnika & Elektronika E+E*, vol. 1-2, pp.30–36, 2015.
- [6] V. Demirev, A. Angelova, "RPSC-MA - a new mobile access to the satellite segment", *Trans. Sc. Conf. "Telecom,09"*, St. Constantine – Varna, Bulgaria, pp.258-263, oct. 2009.
- [7] V. Demirev, "Application of SCP-RPSC technology in satellite MEO system O 3 b", *Trans. Sc. Conf. "Telecom,11"*, Sofia, Bulgaria, 2011.
- [8] V. Demirev, V., "Space Correlated U-PN Codes – a Possible Solution for the New Microwave Communication and Radar Systems", *Trans. Sc. Conf. "Machines, Technologies, Materials"*, V. Tarnovo, Bulgaria, pp. 17-20, N 6, 2015.