

ТЕХНОЛОГИЧНИЯТ НАПРЕДЪК И СЪВРЕМЕННИТЕ КОМУНИКАЦИИ НА БОРДА НА КОРАБИТЕ

Георги Димитров

g.dimitrov@nvna.eu

**ВВМУ“Н.Й.Ванцаров“
Варна 9026, ул. “Васил Друмев“ 73
БЪЛГАРИЯ**

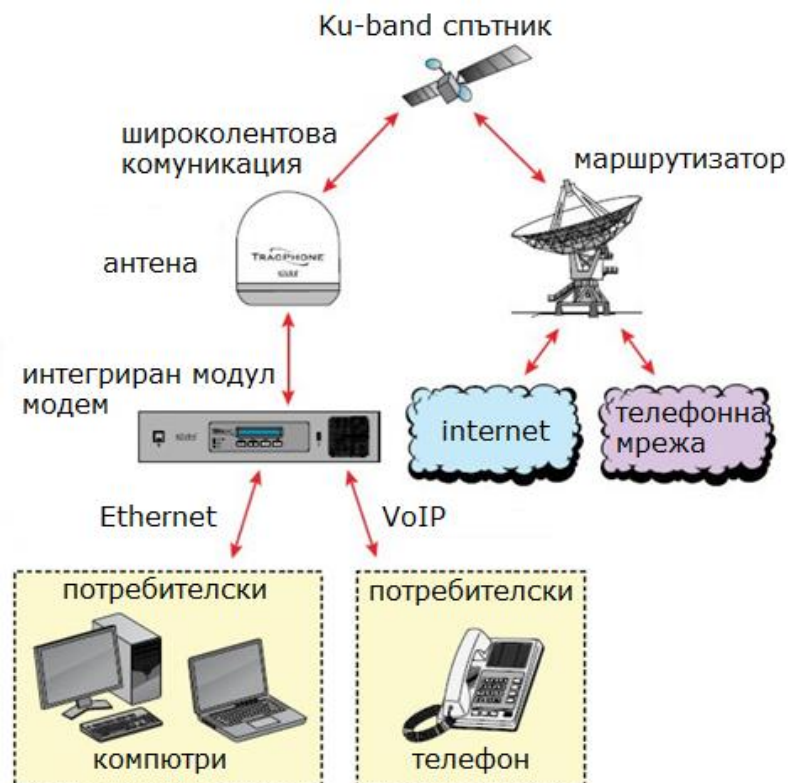
***Ключови думи.** Сателитни комуникации, Инмарсат, високоскоростно предаване на данни, широка честотна лента*

***Резюме.** Настоящият материал разглежда аспектите на технологичното развитие на морските комуникации. Той е насочен към морските сателитни приложения и набляга на съвременното търсене на високи скорости и широка честотна лента. Голяма част от текущите морски комуникационни системи до голяма степен се основават на предишни поколения системи за връзка кораб-бряг и имат сравнително тясна честотна лента за цифрови комуникации. Цената на честотната лента за сателитните мрежи все още е висока поради разходите свързани с извеждането на спътниците в орбита, както и поради стабилизаторите, необходими за наличните бордови антени. От друга страна, наследствената радио система ползва ниска честотна лента и е неспособна да поддържа приложения, изискващи високи скорости на предаване на данни. За разлика от наземните мрежи, напредъкът в морските среди изостава. С напредването на технологиите и последното поколение спътници на Инмарсат, Иридиум и VSAT, става все по-достъпно използването на мобилни приложения и устройства на борда на плавателните съдове с такива скорости, както на сушата.*

1. Въведение. Ранните години в развитието на радиотехнологиите са свързани преди всичко с морските приложения. След своето изобретение на първия оперативен радиоприемник през 1895 г. Гулиелмо Маркони извършва експерименти с радио предаване между два италиански военни кораба извън пристанището на Специя през 1897 г., където успява да разменя радио съобщения на разстояние 22 километра. По-късно той продължава експериментите си в Англия, където на Бъдни вечер през 1898 г. установява контакт чрез радиотелеграфия между брега на "Ййст Гудуин" и фар Южен Форланд в югоизточна Англия. На 3 март 1899 г. параходът "R F Matthews" се сблъскал с този кораб, който изпраща тревога до фара на брега, за да получи помощ. Това е първият път, когато по радиостанция се предава сигнал за бедствие от кораб в морето. Независимо от огромното развитие на комуникационните и високите технологии, напредъкът в морските комуникации силно изостава от наземните, като са необходими нови решения за посрещане на предстоящите изисквания на потребителите.

Ако се преосмисли развитието на морските сателитни комуникации, първата ера започва в началото на 80-те години, когато Инмарсат бе създаден като неправителствена организация от ООН за предоставяне на спешни комуникации, телефонни и факс услуги на корабите в морето. След това следва ерата на електронната поща в началото на 90-те години, когато Inmarsat започва да предлага услуги за данни, допълващи телефона и факса, но при ниски скорости и разходи, ограничаващи използването му предимно за текстови съобщения. В началото на 2000 г. Inmarsat стартира ново поколение високоскоростни L-Band услуги за пренос на данни. Услугите се оказват скъпи и впоследствие се достига до прилагане на технологията „множествен достъп с времеразделяне“ (TDMA) на VSAT в допълнение към Inmarsat, за да осигурят работа с интернет на достъпни цени. Преди десет години нова технология за използване ефективно на спектъра позволява на малки бордови терминали да доставят бърза широколентова услуга на борда на корабите. Тази услуга днес има покритие навсякъде по света. Един поглед към това как са се развивали морските спътникови комуникационни технологии посочва значителните предизвикателства във времето, свързани с въвеждането на широколентовия достъп. Задачата на инженерите е била да се осигури свързаност към плавателни съдове, преминаващи през земното кълбо с параметри, които отговарят на морските ограничения на всякакъв вид кораби.

Най-старите версии на морски сателитни комуникационни апарати са големи, бавни и твърде скъпи. Те се предлагат от Inmarsat и предоставят нискочестотна L-бандова услуга, осигурена от специален мобилен спътник за комуникационни услуги (MSS). Въпреки че е проектиран за мобилни потребители, услугата първоначално изисква огромни антени за приемане на сигнали от маломощни спътници дори без гласова услуга - телефон.



Фиг.1.Интегриране на системите за комуникация във високочестотните спътникови обхвати

С течение на времето, са произведени нови генерации сателити, размерът на оборудването е намален, но високата цена на услугата L-band се запазва. В усилията си да направят използването на данни достъпни за моряците, доставчиците на спътникови

услуги започват да адаптират на морския пазар наземната VSAT (крайни устройства с малка апертура) сателитна технология, доставена от FSS. По този начин еволюира първото поколение стандартни морски VSAT продукти, които се характеризират с бързи скорости и ниски разходи за времето за излъчване в сравнение с решенията в L-банд. При тях все пак съществува недостатък с използването на големи антени и регионални услуги. Всъщност размерът и цената на стандартните антени VSAT, съчетани с локална регионална услуга, ограничават приемането на тази технология до нефтени и газови платформи и много големи кораби. Друг проблем с по-старите L банд услуги е ограниченията в капацитета, присъщи на технологията. Технологията TDMA разделя честотната лента на определени честотни ръце и след това разделя тези ленти на малки интервали от време, с което един и същ потребител може да изпраща или получава данни. Споделянето на сателитен капацитет на системите TDMA въвежда конкуренция между потребителите, назначени за определен канал за наличния капацитет. Технологията на разпределен спектър, използвана от съвременните мобилни комуникационни мрежи представлява по-усъвършенстван подход към спътниковите комуникационни технологии. Тя позволява едновременно предаване на данни и гарантира, че всеки потребител включен в системата ползва бърза скорост на предаване на данни, дори когато множество потребители работят едновременно. Един резултат на това технологично решение е ниската латентност, което прави по-добро качеството на повикванията през интернет протокол - VoIP. Латентността, измерена в милисекунди е свързана със забавянето, причинено от физическото разстояние до спътника, както и времето, използвано от сателитната мрежа за получаване и предаване на данните. Колкото по-голяма е латентността, толкова по-голямо е забавянето, което затруднява VoIP повикванията и управляването на съвременни приложения, базирани на облак от кораб до брега. За разлика от TDMA мрежите, които имат забавяне при предаване на последователности информация, съвременните мрежи с разпределен спектър предлагат ниска латентност от 400 ms.[2]

За първи път нова категория спътникови комуникации е създадена от мобилния технологичен иноватор KVH Industries през 2007 г. Тя е известна с името "mini VSAT Broadband", за да отрази както компактния размер на хардуера на антената, който се намира на плавателния съд, така и технологията VSAT с разпределен спектър на системата, което прави морския високоскоростен достъп реалност. Тази система представлява морска спътникова комуникационна мрежа, използваща патентована технология с разширен спектър, изобретена от ViaSat [1]. Проектирани специално за мобилни морски приложения, тези апарати осигуряват двубандова услуга, покриваща земното кълбо. От особена важност е фактът, че всички аспекти на спътниковата комуникационна система са проектирани, произведени, управлявани и поддържани от самия мобилен оператор, което опростява потребителския опит и създава възможност за иновации и гъвкавост на всеки етап.

През 2015 година Инмарсат извежда първия от петото си поколение спътници осигуряващи услугата Inmarsat Global Xpress, при която скоростите в права посока достигат 50Mbps, а в обратна - 5Mbps. Другият водещ мобилен оператор с глобално покритие е Iridium, който понастоящем разгръща своята мрежа от ново поколение NEXT.[8]

2. Основни характеристики на съвременните морски широколентови апарати

Петте основни характеристики на широколентовите апарати са следните: достъпни, надеждни, бързи, с глобално покритие и малки по размер.

2.1. Достъпност. Разходите за времето на излъчване трябва да бъдат управляеми, ако търговските морски операции трябва да намалят и оптимизират своите бюджети за сателитни комуникации. Това е от особено значение при навлизане в ерата на увеличеното търсене на честотна лента. Високоскоростната услуга има разнообразни опции за разговори, включително планове за тарифи, започващи от \$ 0.99 / МВ за данни и \$ 0.49 на минута за глас. Плановете за ниски ангажименти започват от \$ 49 на месец. Тези тарифи могат да се представят като 1/10 от разходите за конвенционалните MSS услуги на L-банд. Планове с фиксиран лихвен процент, базирани на скорост, също са възможни. Друг аспект на достъпността представлява ниската цена за инсталиране на компактния антенен хардуер. Малките размери на терминалите ги правят по-евтини и по-лесни за инсталиране, спестявайки разходите за труд, свързани с няколко дни работа на апаратите от старото поколение - TDMA VSAT на C- или Ku-обхвата.[8]

2.2. Надеждност. При наличието на много елементи, съставляващи морската комуникационна система - сателитна мрежа и маршрутизатори, бордови терминали (антена, антенен контролен модул, модем, хардуер за управление на мрежата), време за разговори и техническа поддръжка - надеждността трябва да обхваща всички аспекти. Широколентовото решение при водещите оператори трябва да е услуга, която компанията може да осигури: управлението на спътниковата мрежа, производство както хардуера на антената, така и контролните модули, управляване на услугата за разпределените на радиоресурсите и осигуряване на техническа поддръжка. При подход "от край до край" екипажът на кораба лесно експлоатира спътниковата комуникационна система. Операторът следи дистанционно и диагностицира за хардуерни проблеми, дистанционно актуализира софтуера в терминала и преконфигурира мрежата, както и прави корекции в реално време, включително добавяне на капацитет.

2.3. Високоскоростни комуникации. Бързите скорости на предаване на данни, ниската латентност и възможността за приоритет на важния трафик са ключовите фактори за предоставянето на висококачествени широколентови услуги на плавателните съдове. Иновативните технологии предоставят данни със скорости 10 Mbps в права посока (download) и 3 Mbps в обратна (upload). Науката зад скоростта използва усъвършенствана технология с разширен спектър ArcLight на ViaSat [3] . Технологията е множествен достъп с преизползване по код - Code Reuse Multiple Access (CRMA) което позволява едновременното предаване на данни в мрежата през целия наличен сателитен капацитет. Резултатът е изключително ниска латентност на мрежата и ползване на целия диапазон от честотен ресурс.[7]

2.4. Глобално покритие Търговските морски операции са глобални по своя характер и изискват глобални комуникационни решения. VSAT апаратите са първите в света апарати с интеграция едновременно на C и Ku-банд. Те могат да осигурят връзка по време на прехода през всички световни морски коридори, като представляват устойчиво на грешки решение за комуникациите и бизнес операциите на кораба. Основните области на обхвата на Ku-банд включват северното полукълбо, Югоизточна Азия, региона на Индийския океан, Южна Америка, Австралия и Нова Зеландия. Покритието се осигурява от 14 сателитни транспондера. Комуникацията в C-банд се предоставя от три високомодулни транспондера, които покриват земното кълбо, с изключение на крайните полярни региони. Освен разширяването на зоната на облъчване, обхватът на C-банд предлага и предимството на силни, устойчиви на метеорологични условия сигнали, както и достатъчен излишък в покритието на областите на Ku-обхвата [5]. Широколентовата мрежа има световен регулаторен орган, който да оперира в морето и в пристанищата на повече от 125 държави. В крайбрежните региони в рамките на 200 километра от брега, където често се забранява

комуникацията в С-обхвата, мрежата използва покритие от Ku-обхвата. Когато се осъществява придвижване между регионите, се осъществява последователна конфигурация. Това означава, че не са необходими промени в хардуера, модема или софтуера и съществува безпроблемен роуминг.

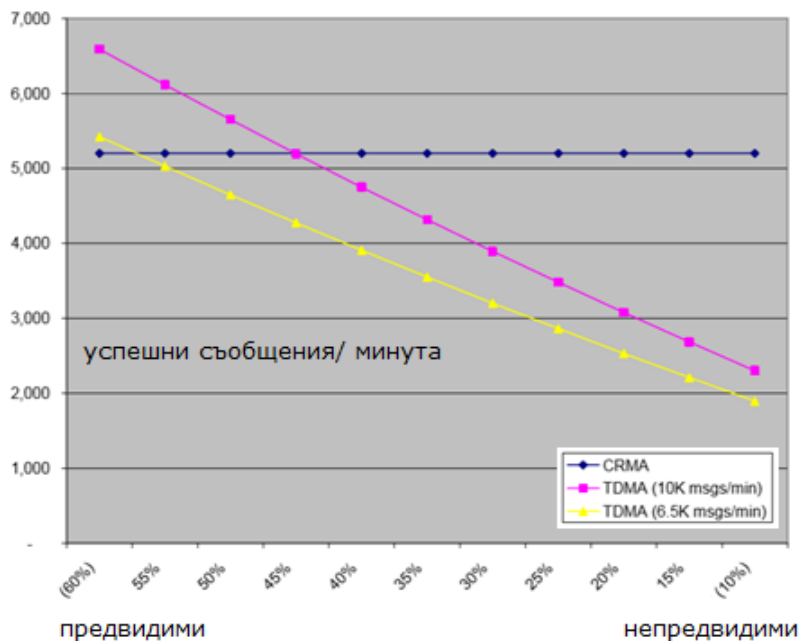
2.5. Малки размери. Пространството което заема такава техника е било винаги от съществено значение. То е свързано с първоначалните проблеми с огромните сателитни антени, осигуряващи глобално покритие и високите скорости на предаване на данни. Широколотовата технология на мини-VSAT апаратурата представлява пробив в хардуера на антената: компактни терминали без компромис по отношение на скорост или покритие. Антенните модули на TracPhone V-series [1], са разработени специално за широколотова услуга и са с размери от 39 см до 1,2 м диаметър на рефлектора. Такива малки антени са лесни за инсталиране на места с пряка видимост към спътника.

3. Подобрения свързани с необходимостта от честотен ресурс и обеми трафик

За постигането на подобренията в агресивен график, се прилагат следните хардуерни решения:

- DVB-S2 стандарт за висока производителност по отношение форма на сигнал
- Отворена мултимедийна платформа за приложения (OMAP)
- Архитектура за сигурност на FIPS 140-2
- Технология за използване на честоти в L радио обхвата
- Подобряване на производителността чрез метод за множествен достъп CRMA

Комуникацията в права посока прилага решението на второто поколение Digital Video Broadcast (DVB-S2) над формата на сигнала на спътника, за да се предават пакети от интернет протокол [3]. Обратната връзка се основава на множествен достъп с използване на код - Code-Reuse Multiple Access (CRMA), който е проектиран като система с напълно произволен достъп и не страда от неефективността на случайния достъп при времоделенето - TDMA.[3] При метода с преизползване на код - CRMA липсва предварителното задаване на времеви интервали за използване на ценен сателитен ресурс за всеки трансивър. Поради неефективността на планирането, теоретичната производителност на множествения достъп с времоделене - TDMA е малка. Така CRMA надхвърля по производителност TDMA, при наличие на голям брой потребители с динамични нужди от трафик. Фигура 2 илюстрира един компромис в случаите, когато трафика може да бъде "непредсказуем". При типично приложение на FBCB2-BFT трафикът вероятно ще бъде изкривен към непредсказуемия край на скалата. Голям процент апарати имат различни нужди и комуникациите могат да са трудно предсказуеми. Освен това, при множествен достъп с преизползване по код - CRMA не се налага временно преразпределение на слота, както при системите основаващи се на времоделене TDMA [4].



Фиг.2 Степени на предвидимост при комуникационно натоварване

4. Напредък в сателитните комуникации чрез използване на нови методи за множествен достъп

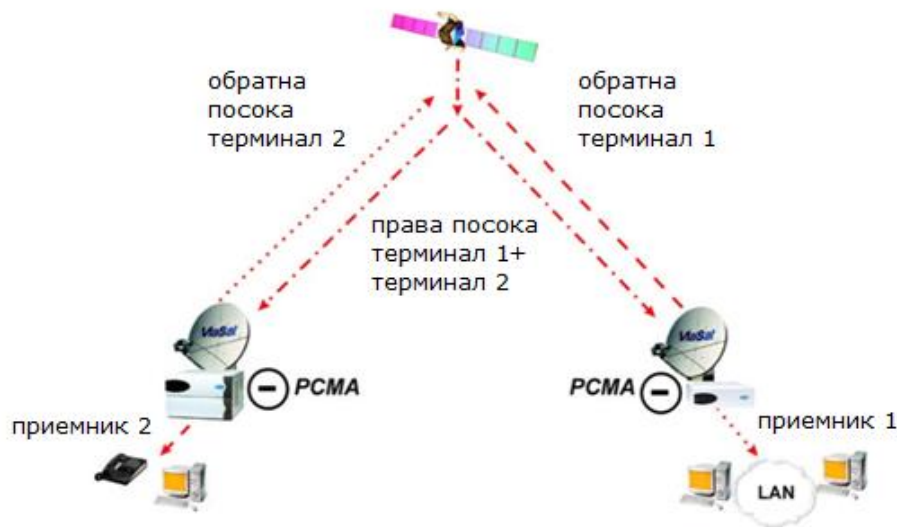
Новите методи за множествен достъп представляват технологии с разделяне по код CDMA или преизползване по код CRMA. Заедно с тях, с цел пестене на честотна лента, се прилага технология на сдвоени носещи честоти наречена PCMA - paired carrier Multiple Access Access [4]. Всичко това отговаря на две основни потребности: помага на приложенията да преминат към предаване чрез Интернет протокол (IP) и намаляване на разходите по сателитната мрежа. Това означава че се изисква управлението на IP пакетите да е ефективно, потребителите трябва да имат бърз достъп до мрежите за данни, необходимо е разтоварване на спътниковата честотна лента при достатъчен капацитет на сателитните транспондери. За да се отговори на тези изисквания, се въвеждат две технологии за интерактивно свързване на терминалите с малка апертура (VSAT). Едната е CDMA - доказана технология от областта на клетъчните комуникации, която влиза в сателитния свят с кодов многопотребителски достъп (CRMA). Другата е технология за споделяне на честотната лента, наречена PCMA - paired carrier Multiple Access – множествен достъп със сдвояване на носещи. Системата работи с канал на висока скорост в права посока (hub-to-user downlink) и голям брой по-ниски честоти за обратна посока (user-to-hub uplink). [6]

Основната концепция на PCMA е показана на фигура 3. Два сателитни терминала са ангажирани в двупосочна комуникация. За PCMA се правят следните предположения за сателитните връзки (които са валидни за повечето съществуващи и планирани системи за стационарни обекти):

- Сателитът работи в режим "loopback". Това означава, че сигналите, предавани от всеки терминал, също могат да бъдат получени от всеки терминал (с неопределено съотношение сигнал / шум).

- Спътникът не демодулира цифровите сигнали за връзката в обратна посока (uplink). Функционално, операциите, извършвани от спътниковия транспондер са

филтриране на честотния обхват, честотно преобразуване и усилване. Досега всички сателитни връзки са разделяли честотно двата сигнала за права и обратна посока като използват една или повече общо известни технологии за множествен достъп (напр. TDMA, FDMA и / или CDMA).



Фиг.3.Технология на използване на сдвоени носещи

Припокриващите се изходящи излъчвания и комуникациите в обратна посока могат да намалят употребата на транспондери наполовина. PCMA позволява на множество по-ниски скорости на входящи канали да заемат същата физическа ширина на честотната лента, както предаването на DVB с висока скорост на предаване на данни. Както илюстрира следната диаграма на Фиг.4., изходящият канал в други две широколентови VSAT реализации, заема най-много (или всички) от един транспондер, а за пренасяне на каналите в права посока е необходим втори отделен транспондер. При обработката на PCMA се изисква само един транспондер, което води до намаляване на половина на разходите за космически сегмент.



Фиг.4. Разпределение на каналите за права и обратна посока при PCMA със сдвоени носещи

5. Заключение и изводи. Пренаселеният радиочестотен спектър представлява първостепенно предизвикателство за безжичните услуги като цяло и по-специално за приложенията. Световната конференция по радиокомуникации на ITU (Световна радиокомуникационна конференция 2007)

(WRC-07) одобрява идентификацията на честотните ленти за С, L, Ku, Ka обхвата за услугите за международни мобилни сателитни телекомуникации. Възможността за точно предсказване на поведението на радиоразпространението при безжични услуги придобива решаващо значение при дизайна на системата. Например, проведени са многобройни проучвания при гъсто населените райони, като малко са съсредоточени върху крайбрежните води. В такива региони изследванията показват структури на физическо ниво, различно от градските условия. Следователно са необходими надеждни модели на радиоканали за разпространение над морето, за да се направят подходящи прогнози за покритието и да се даде възможност да се подобри производителността на системата. Необходими са допълнителни теоретични изследвания и експериментални опити за определяне на такива модели. Антените и радиопредавателите включват важни подсистеми за всяка радиоапаратура. Многобройните антени, които се прилагат понастоящем при сателитните комуникационни системи са остарели, поради което производителността на системата може значително да се подобри, ако се използват по-сложни технически решения за антената. Възникналите технологии за интелигентни антени [9], които също позволяват икономически ефективни решения, предлагани за корабите, представляват област, към която следва да бъдат разпределени сериозни ресурси за научноизследователска дейност.

Технологията със сдвояване на честоти може да бъде приложена към всяка от често използваните техники за множествен достъп, като например FDMA, TDMA или CDMA. PCMA може също така да се прилага независимо от модулацията и кодирането на връзката. PCMA се използва като допълнение към – а не вместо. Предимството при технологията PCMA е, че може ефективно да удвои производителността на спътниковите системи по отношение на битове / сек / Hz, с минимално въздействие върху съотношението сигнал-шум, необходими за постигане на желаното ниво на сгрешени битове. Използвайки новите технологии на ViaSat, ще се намали цената на IP мрежите през сателит, като същевременно потребителите ще получат по-добра ефективност и високи скорости. Комбинацията от CDMA и PCMA намалява употребата на честотна лента с повече от половината. PCMA технологията осигурява на потребителите освен високата скорост и ниска латентност.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1.]ArcLight – a breakthrough in satellite communications Report during IEEE Conference 2012 Jan
- [2.]Vandermeulen R., Hwang B. Commercial Technology Will Quickly and Dramatically Upgrade Vital Blue Force Tracking Network. ViaSat Inc, Carlsbad, CA, 92009 AIAA pp1-5 092407
- [3.]Preethi S.J, Rajeswari K. A Survey on Multiple Access Techniques for Mobile communication, International Journal of Emerging Trends & Technology in Computer Science (IJETTCS) Vol.1, Issue 4, Nov– Dec 2012 ISSN 2278-6856
- [4.]Bekkadal, F.: MarCom D4.1: ‘Novel Maritime Technologies’, MARINTEK Report, V1.0, 2009-01-05.
- [5.]Rødseth, Ø. J. & Kvamstad, B.: ‘The role of communication technology in e-Navigation’, Draft MARINTEK Re-port, V07, 2008-06-20.
- [6.]MarCom D3.1: “Case descriptions and user requirements”, Draft version 01, 30.10.2011

- [7.]McMahon, M. M. & Rathburn, R.: 'Measuring latency in Iridium satellite constellation data services', US Naval Academy Report no: A291464, June 2005
- [8.]Gupta, O. M.: 'Iridium NEXT Partnership for Earth Observation', Proceedings of the SPIE, 20 August 2008
- [9.]Berretta, G.: 'Highly Elliptical Orbit Satellite Systems', IEE Colloquium on HEO Satellite Systems, May 2009

TECHNOLOGY TRENDS AND CONTEMPORARY COMMUNICATIONS ON BOARD OF SHIPS

Georgi Dimitrov
g.dimitrov@nvna.eu

*Nikola Vaptsarov Naval Academy, Varna 9026, 73 Vassil Drumev Str
BULGARIA*

***Key words.** Satellite communications, Inmarsat, high-speed data transmission, broad bandwidth*

***Abstract.** This paper looks at the retrospective aspects of the technological development of maritime communications. It focuses on marine satellite applications and emphasizes modern demand for high speeds and broad bandwidth. Much of the current maritime communication systems are largely based on previous generations of ship-to-shore radios and have a relatively narrow bandwidth for digital communications and communications. The cost of bandwidth for satellite networks is still high due to the cost of decommissioning satellites as well as the stabilizers required for existing onboard antennas. On the other hand, the hereditary radio system uses low bandwidth and is unable to support applications requiring high data rates. Unlike terrestrial networks, advances in marine networks are lagging behind ground. As technology advances and the latest generation of Inmarsat, Iridium and VSAT satellites, the use of mobile apps and devices on board vessels as well as onshore is becoming more and more accessible.*