

АСПЕКТИ НА МИГРАЦИЯТА ОТ GSM-R КЪМ LTE-R

Ивайло Топалов, Ади Коруни
ivo.topalov@gmail.com, koruni@abv.bg

*Висше транспортно училище „Тодор Каблешков“
1574 София, ул. „Гео Милев“ № 158
БЪЛГАРИЯ*

Ключови думи: GSM-R, LTE-R, ETCS

Резюме: Понастоящем дефинираната от UIC радиочестотната лента използва при пълния си капацитет (19 честоти), а в някои специфични случаи липсва капацитет за ETCS ниво 2 при много интензивни условия на движение. За да се справи с тази ситуация, ETSI вече обмисля някои функции, за да увеличи производителността на спектъра, например ETCS през GPRS, за да се облекчат ограниченията на капацитета. Настоящите разпоредби на ЕС и националните разпоредби позволяват използването на технологията GSM-R в UIC обхвата. Следователно, за да се позволи използването на 4G или 5G технология, тази честотна лента трябва да бъде технологично неутрална

Този доклад разглежда някои аспекти на миграцията от GSM-R към технологията LTE-R, например предимствата, проблемите и др. Изследване на постиженията на различни водещи компании по въпроса дали е възможна оперативната съвместимост на GSM-R и LTE-R, възможния капацитет, надеждността на технологията и бъдещото развитие. Разглеждат се въпросите за оперативната съвместимост, изискващи крайно оборудване да поддържа всички честотни ленти, налични за железопътния транспорт в ЕС.

В резултат на това са направени заключения относно стратегията за миграция от GSM-R към LTE-R с няколко варианта за приемлив технологичен и икономически преход въз основа на изискванията за бъдещи железопътни приложения.

1. Настоящо състояние на GSM-R технологията и алтернативи

GSM-R е стандарт за железопътни комуникации, разработени през втората половина на 90-те години. Той се използва широко в Европа и Китай за осигуряване безопасността на движение на влаковете и приложения за проследяване чрез безопасно предаване на глас и данни, а също така осигурява съобщенията, които позволяват на ETCS нива 2 и 3 да функционират. GSM-R и ETCS са част от ERTMS (Европейската система за управление на железопътния трафик) стандарт, който се определя от Международния съюз на железниците (UIC) и има за цел да позволи на оперативна съвместимост между трансграничния трафик. GSM-R поддържа гласово групово повикване, гласово повикване излъчване и приоритизиране на тези услуги.

През 2016 г. 60 страни на пет континента са използвали GSM-R, с повече от 100 000 км покритие на линиите, включени в Европа. Въпреки напредъка в радио технологиите продължителното внедряване GSM-R се дължи на липсата на доказана и широко одобрена алтернатива. Сега ЕС възлага на своите членове и на други асоциирани предприятия да приемат GSM-R за контрол и управление сигнализация по железопътната мрежа за изграждане на ETCS нива 2 и 3 по Техническата спецификация за оперативна съвместимост (TCOC CCS).

Все повече железопътната общност търси евентуален наследник на GSM-R, поради несигурната подкрепа на производителите след 2030 г. и общият преход на обществото към IP и широколентови технологии. В [1], се посочва, докато сегашният график за прехода не е много подробен, то е предвидено да се включва в законодателството на ЕС възможността за използване на други системи, освен GSM-R около 2022. Стандартите, които ще формират правната рамка, трябва да бъдат избрани около 2020 г., за да се даде време за доказване на концепцията и поставяне на оперативни пилоти.

Но има един проблем. GSM-R е второ поколение телекомуникационна система и е далеч зад днешните технологии 4G, камо ли 5G, който се очаква да се появи около 2020 г. Излизането от употреба на GSM-R тогава ще е основен проблем. И докато доставчиците имат ангажимент да се поддържат GSM-R до 2030 г., след това ще става все по-трудно и скъпо, за управителите на инфраструктурата да запазват същото качество на услугата.

Следвайки принципите, изложени в Меморандума за разбирателство за ERTMS през 2012, като оторизиран орган на системата за ERTMS, Европейската агенция за железници (Агенцията) координира този процес в Европа. Тя се присъедини в работата на Международния съюз на железниците (UIC), която създаде групата за бъдещи железопътни мобилни комуникационни системи (FRMCS), състояща се от оператори, управители на инфраструктура, както и доставчици, за да наблюдава подготовката на спецификациите за наследник на GSM-R. Техническият комитет за жп телекомуникации (TCRT) в Европейския институт за стандарти в далекосъобщенията (ETSI) е формирал по същия начин основата на работна група по въпросите на прехода и осъществява връзка с групата за партньорство при разработване на проекти (3GPP), която разработва стандартите за мобилни комуникации в Европа.

Генералната дирекция за Мобилност и транспорт (DG Move) към Европейската комисия очаква да получи първите препоръчани промени на високо равнище към TCOC CCS, включително стратегия за миграция и срок за изпълнение до края на 2018.

Целта на тази статия е да се покаже подобрието на капацитета, което може да се очаква от заместване на GSM-R с LTE. Аналитичният модел, използван за тази цел, е да покаже дали LTE предлага достатъчен капацитет за ETCS сигнализация при големи жп гари.

2. Предимства на LTE и предизвикателства пред технологията

2.1. Недостатъци на GSM-R

GSM-R трябва да предостави необходимия капацитет за вътрешна железопътна гласова комуникация и ETCS сигнализация. Най-критичният проблем с GSM-R е неговият недостатъчен капацитет да предостави в някои железопътни места с висока концентрация достатъчен брой приемо-предавателни канали за да се осигури необходимата ETCS свързаност на всички влакове. Това означава, че броят на GSM-R каналите може да ограничи броят на влаковете, работещи в дадена област [2].

Единственото ограничение трябва да бъде свързана с капацитета на железопътната инфраструктура, а не на капацитета на телекомуникационната инфраструктура.

Поради това ограничение GSM-R трябва да бъде евентуално заместен с алтернативна телекомуникационна технология. Технологията за дългосрочно развитие Long-Term Evolution (LTE) е вероятен кандидат за замяна на GSM-R в бъдеще по различни причини. Първо, LTE има редица предимства в сравнение с GSM (и производни като GSM-R) по отношение на капацитета и възможности. LTE е подходящ за предаване на данни, защото това е мрежа, базирана изцяло с комутация на пакети. Освен това, тъй като LTE е разработен от 3GPP, тя осигурява стандартизирани механизми съвместна работа с GSM. Благодарение на тези механизми, миграцията от GSM-R към LTE е по-лесна, отколкото миграция към някаква друга технология. И накрая, LTE (и LTE-A) е най-новото семейство на стандартите 3GPP. Технологията гарантира по този начин много по-нисък риск за остаряване в сравнение с предишните стандарти, като например UMTS.

2.2. Предимства на LTE

LTE предимства пред GSM са добре познати в телекомуникационната индустрия [3]. Въпреки това LTE трябва да се анализира изрично в жп среда за да се покаже как LTE може да реши специфични комуникационни проблеми. Освен това трябва да бъде доказано, че LTE е в състояние да изпълни изискванията за безопасност, определени от железопътните стандарти. В LTE като мрежа, базирана на пакетна комутация, комуникационните ресурси са споделени между оборудванията на потребителите (OBUs). По този начин, няма горна граница за броя на OBUs в LTE клетка.

Максималният брой OBUs, които LTE клетка може да обслужи, се определя косвено от скоростта за предаване. Нови OBUs могат да бъдат приети, докато производителността на предаване ETCS отговаря на изисквания, например по отношение на забавяне и загуба на пакети.

2.3. Изисквания за закъснения в ETCS спецификациите

ETCS изискванията за мрежи с комутация на канали са определени от UIC [4]. При комутация на пакети тези изисквания все още се обсъждат и не са финализирани. Например, ориентировъчни изисквания от датската националната железопътна инфраструктура Banedanmark са публикувани в [2]. Тези изисквания се отнасят до следните параметри: средното забавяне при пренасяне на ETCS съобщения, целостта на ETCS данните, както и силата на сигнала, получена при OBU.

В [2] анализът се фокусира върху средното време за закъснение на ETCS съобщения, тъй като то е най-критичния параметър и е най-зависимо от броя на OBUs в клетка. Според изискванията за ETCS, забавянето на средното време за закъснение на ETCS съобщение от 128-байта не може да надвишава 0,5 сек [2].

2.4. Предизвикателства

GSM-R в момента заема честотна лента за всяка посока от 4MHz в GSM-R обхвата. Анализът в [2] се занимава само с разширеният радио достъп на LTE технологията, тъй като това е мястото, където GSM-R мрежовите ресурси са ограничени и не могат лесно да бъдат разширени поради ограничението до 4 MHz на жп радио честотна лента. Разпределението на радиочестотния спектър, а не описаната радио технология е най-голямото предизвикателство пред внедряването на LTE и бъдещото развитие на железопътните комуникации. Въпреки това, има доказателства,

че съвместното съществуване на GSM-R и бъдещата система в рамките на тази честотна група не е възможно без съществено влошаване на нивото на обслужване. Проучване на LS Телком през 2016, поръчано от Агенцията [3], разглежда дали LTE/LTE Advanced е единствения практически възможен кандидат в момента и дали може да се използва ефективно в същата честотна лента като GSM-R. Изследването установява, че не е възможно да се въведе LTE в честотна лента на GSM-R без редица технически мерки за ограничаване на взаимното влияние поради недостатъчния капацитет на каналите за да се даде възможност за съвместяване без понижаване на качеството. Резултатите от проучването показват, че LTE ще осигури допълнителен капацитет за данни, но при потенциално намаляване на капацитета на GSM-R. В областите с висока трафична плътност, капацитетът на двете услуги ще бъде сериозно намален. Железопътните администрации са принудени да проучват възможностите за използване на различни честотни обхвати за новата система, за честоти под и над 1GHz като възможни алтернативи.

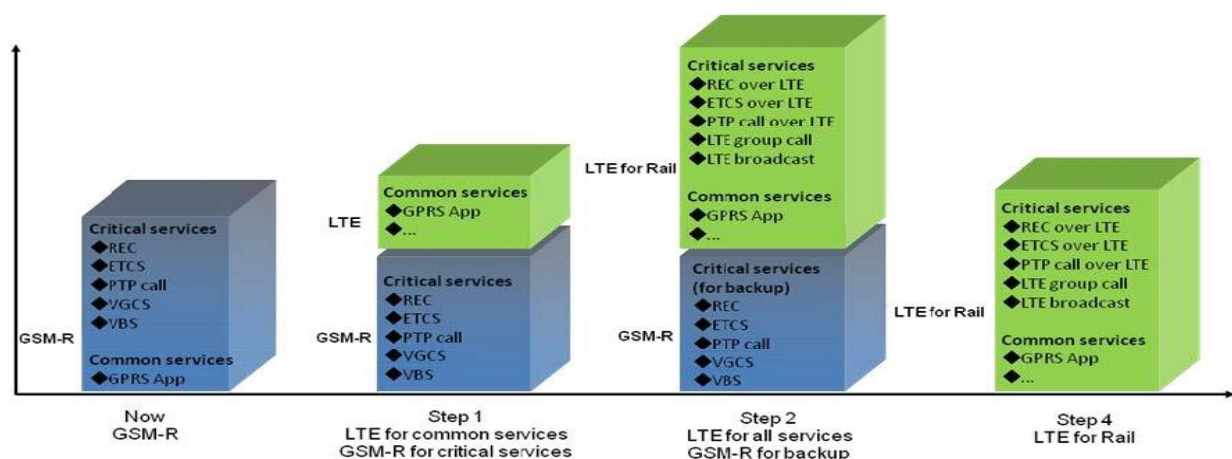
2.5. Преход от GSM-R за LTE

Железопътните услуги, извършвани от безжични мрежи са в основата на стратегията за миграция от GSM-R към LTE. Железопътните безжичните услуги могат да се класифицират в две категории: критични и общи. Критични услуги се отнасят до тези в пряка връзка с движението на влаковете, например, влаковото радио за глас и данни. Общи услуги се отнасят за тези, които нямат връзка с влаковото движение, например, съобщения за пристигане на влак върху дисплеи във влаковия състав или в гарата.

2.5.1. Стъпки на прехода

Стъпка 1. LTE за общи услуги, GSM-R за критични услуги

Първоначално LTE се въвежда в железопътния транспорт, чрез общи, или даже помощни услуги. Тази стъпка облекчава претоварването на GSM-R от все повече и



Фиг.1 LTE за общи услуги

повече услуги за данни (подобно на извеждане на SMS трафика през GPRS). С високата спектрална ефективност на LTE, новите услуги могат да бъдат добавени към съществуващите общи услуги. Това ще бъде от полза за инфраструктурните оператори, които могат да се натрупа опит с LTE мрежи в центровете за обслужване и поддръжка и да са готови за по-нататъшно разширяване на мрежата и услугите както е показано в фиг.1[6].

Стъпка 2. LTE за всички услуги, GSM-R за резервиране

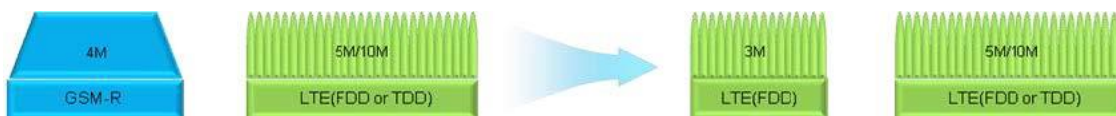
След стъпка 1, управителите на железопътната инфраструктура и техният персонал ще са повишили увереността си в способността на LTE за извършване на критични услуги. Въпреки това, миграцията към основни услуги [6] (фиг.2), следва да става постепенно, за да се осигури съгласуваност и надеждност. GSM-R ще служи като резервна система.



Фиг.2 GSM-R като резервна система

Стъпка 3: LTE-R – утвърден стандарт за железниците

На този етап, LTE за железопътни приложения ще се е доказала като надеждна система. В същото време, GSM-R поддръжката ще стане по-трудна и недостатъчната спектрална ефективност на GSM-R ще стане по-малко приемлива. Етап 3 в фиг.3 е очевидно време за извеждане от експлоатация и премахване на GSM-R системата [6].



Фиг.3 Премахване на GSM-R системата

2.5.2. Нов честотен обхват за LTE

За железопътните приложения ограничени от 4MHz спектъра за GSM-R мрежи се препоръчва да се прилага допълнителен LTE спектър.

Новият честотен обхват е предназначен за LTE употреба с цел да изпълни изискванията за вид и качество на обслужване в стъпки 1 и 2 в процеса на миграция на услугата. Оригиналният 4 Mbit/s остава предоставен за ползване на GSM-R.

След окончателното извеждане от експлоатация и премахване на системата GSM-R, за LTE ще получи усвояване на допълнителни 3 Mbit/s за LTE мрежата. Разработена е базова станция с двоен режим, поддържаща както GSM-R, така и LTE [5].

3. Проблеми на миграцията

3.1 Сценарии за миграция

Възможен е набор от различни сценарии за миграция:

- Сценарий, при който не се извършва миграция. Той е малко вероятен (и скъп), но той осигурява базата, върху която могат да се сравнят други сценарии.
- Сценарии, където припокриването между текущата GSM-R и бъдещата нова генерация технология (NG) е кратко (само за една година), средно (не повече от пет години), или дълго (повече от десет години).
- Сценарии, при които някои държави-членки мигрират по-рано, отколкото техните съседи.

3.2 Модели за миграция

За моделиране на миграцията е необходимо да се направят предположения за широк кръг от фактори, включително радио интерфейси (и особено спектъра на честотната лента, в която ще работи); крайни приложения, които ще бъдат използвани; и основната мрежа, която ще се разгърне. Прави се предположение за продължителността на целия жизнен цикъл на оборудването (15 години за наземното оборудване, 12 години за влаковото радио). Тъй като моделът е със задаване на параметри, той може да се използва за опознаването на широка гама от алтернативни предположения, при необходимост.

В модела трябва да съдържа данни за размера на GSM-R мрежите в различните страни и трансгранични ефекти между отделните страни с различна големина. Моделът също отразява:

- Географски области, избрани за сценариите (включително дължина в км на линиите, броят на влакови радиа, процент на международни влакове);
- График за внедряване, в проценти за достигане;
- Разходите за единица (например на километър, както и на брой влаково радио);
- Икономическо въздействие от технологично остаряване;
- Технологични фактори (кое ново поколение технология е избрано), договорните фактори (управлявани от управителите на инфраструктурата (УИ), чрез публично-частно партньорство (ПЧП), или от трето лице), подновяване на оборудването (GSM-R и NG), както и финансовите възможности във времето (финансов дисконтов процент).

3.3 Резултати

Досега известните в литературата резултати от анализа чрез моделиране потвърждават предварителните очаквания на това, което е известно днес за евентуална миграция. На първо място при Сценарий 0 (когато не се извършва миграция) се оказва значително по-скъп от сценарии, когато миграцията се извършва с припокриване на GSM-R и технологии от следващо поколение в рамките на една до пет години. При сценарий от десет години предимството е незначително поради нарастващите разходи по поддръжката на GSM-R.

4. Заключение.

В доклада са разгледани възможностите за преход от GSM-R към LTE-R технологията. Посочени са предизвикателствата и стъпките, които трябва да бъдат направени за да се извърши плавен преход към LTE-R. От прегледа на симулациите на три сценария за преход са посочени предимствата и недостатъците на всеки един от тях, като в резултат е посочено, че реалистичен преход в рамките на 5 години е възможен.

ЛИТЕРАТУРА:

[1] LTE for rail: Finding a successor to GSM-R, Critical Communications Today, 08/10/2016;

[2] D. G. Fisher, "Requirements on the GSM-R Network for ETCS Support", Technical report, Banedanmark, 2;

[3] M. Sauter, “From GSM to LTE: an introduction to mobile networks and mobile broadband”, John Wiley & Sons, 2011;

[4] A. Diaz Zayas, C. A. Garcia Perez and P. M. Gomez, “Third-Generation Partnership Project Standards: For Delivery of Critical Communications for Railways”, IEEE Vehicular Technology Magazine, Vol. 9, Issue 2, pp. 58 - 68, June 2014;

[5] Huawei GSM-R Footprint,
https://www.huawei.com/ucmf/groups/entpublic/documents/enterprise_en_webasset/hw_330338.pdf

[6] Huawei LTE – R
https://actfornet.com/HUAWEI_ELTE_DOCS/Huawei%20LTE%20for%20Rail%20technical%20white%20paper.pdf

ASPECTS OF MIGRATION FROM GSM-R TO LTE-R

Ivaylo Topalov, Adi Koruni
ivo.topalov@gmail.com, koruni@abv.bg

*Todor Kableshkov University of Transport
Geo Milev Str. 158, 1574 Sofia
BULGARIA*

Key words: GSM-R, LTE-R, ETCS

Abstract: *The UIC band is currently used at its full capacity (19 frequencies), and in some specific cases there is a lack of capacity under very dense ETCS level 2 traffic conditions. To deal with this situation, ETSI is already considering some features to increase spectrum performance, for example, ETCS over GPRS to ease capacity constraints. Current EU and national regulations allow the use of GSM-R technology in the UIC bar. Therefore, to allow the use of 4G or 5G technology, this bandwidth should be technologically neutral.*

This report addresses some aspects of migration from GSM-R to LTE-R technology, such as advantages, problems, etc. A study of the achievements of various leading companies on the question of whether interoperability of GSM-R and LTE-R is possible, the possible capacity, the reliability of the technology and the future development. Consideration is given to interoperability issues requiring terminal equipment to support all the frequency bands available for railways in the EU.

As a result, conclusions have been reached on the migration strategy from GSM-R to LTE-R with several options for acceptable technological and economic transition based on the requirements for future rail applications.