

Комуникации към групи потребители през LTE свързани с осигуряване на обществената безопасност

Георги ДИМИТРОВ*

* Висше Военноморско училище "Н. Й. Вапцаров", Навигационен Факултет, Варна 9026, България,
ул. „Васил Друмев“ 73, e-mail: g.dimitrov@nvna.eu

Резюме. *Технологията Long Term Evolution (LTE), която има своите корени в мобилните комуникации за комерсиални цели, постепенно се превръща във влиятелно решение за комуникации свързани с осигуряването на безопасност. В материала се анализира как настоящите LTE системи могат да поддържат групова комуникация. Според изискванията за сигурност, може да се твърди че всяка LTE радиовръзка поддържа такъв вид обществена комуникация. За да се провери дали LTE е приложима за такива цели, е важно да се проучи дали LTE системите оптимизирани за връзка от вида "един към един" са в състояние да осигурят групова комуникация - една от най-важните концепции в обществената безопасност. Чрез прилагане на нова схема за кодиране на индексите към операциите HARQ, е показано че LTE системата може да осигури групова комуникация.*

Communications to LTE user groups related to public safety (Georgi Dimitrov). *The Long Term Evolution (LTE) technology, which has its roots in commercial mobile communications, is gradually becoming an influential solution for safety-related communications. The material analyzes how current LTE systems can support group public communication. According to security requirements, it can be argued that each LTE radio supports such a kind of public communication. In order to check whether LTE is applicable for such purposes, it is important to investigate whether one-to-one link-optimized LTE systems are capable of providing group communication - one of the most important concepts in public safety. By applying a new scheme for coding the indices to HARQ operations, it has been shown that the LTE system can provide group communication.*

1. Въведение

Много мобилни оператори в днешно време предоставят комуникационни услуги свързани основно с персоналния обмен на данни използвайки високата скорост на Long Term Evolution (LTE). При такива обстоятелства, оператори в други области като например железопътната инфраструктура или институциите осигуряващи общественя ред и безопасност започват да обръщат сериозно внимание на LTE комуникациите в търсене на начини за приложение в техните системи за специални цели. Така този вид групови комуникации могат да са предназначени за изпълнение на конкретна задача в определена област. Много проучвания в сферата на железопътния транспорт, според проекта за Бъдеща железопътна мобилна комуникационна

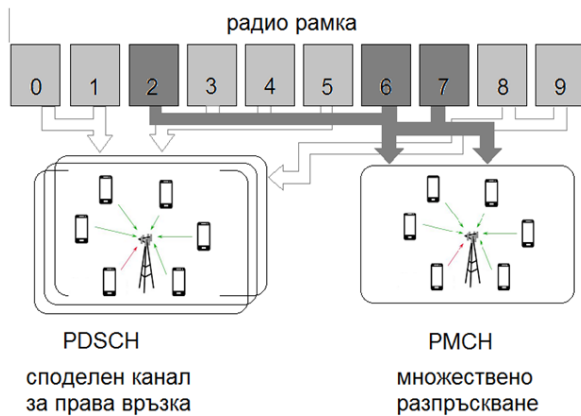
система (БЖМКС) задействан от Международния съюз на железниците (МСЗ), прогнозира, че LTE може да отговори на нуждите за предаване на данни при железопътния транспорт в дългосрочен план [1]. Правителствата на много държави, включително САЩ и Република Корея провеждат проучвания как да се използват LTE системите за осигуряване на обществен ред и безопасност [2,3]. В частност правителството на Южна Корея, заедно със Самсунг, през юли 2015г, отправя покана за демонстрации как LTE може се използва за осигуряване на обществена сигурност. Основният мотив на тази тенденция е че LTE мрежовите устройства са повсеместни и непрекъснато се модернизират в съответствие с търсенето на потребителите. За да се използва LTE мрежата за комуникации със специално предназначение, е от съществена важност да се проучи дали

технологията е в състояние да осигурява групова комуникация. Груповата комуникация представлява разпространяване на общ контекст - на радиотелефония или предаване на данни до множество крайни мобилни потребители в група и представлява обща форма на услуга със специално предназначение. В много ситуации, групи от потребители се стремят да изпълнят обща цел и искат да споделят различна свързана с тази цел информация. Пример за такова приложение е push to talk-РТТ -“натиснете, за да говорите” при което потребител в група изпраща разговор на останалите слушащи потребители в режим на полудуплекс. Полицаяте и пожарникарите формират група според всяка задача и комуникират помежду си чрез РТТ за команди и докладване на ситуацията. Локомотивните инженери във влаковите композиции, персонала по поддръжката на железопътния транспорт и персоналят на гарите също споделят оперативния статус на влаковете и обсъждат операции и маневри чрез РТТ [4]. Поради тази причина много изследователи, специалисти и инженери през последните години обсъждат възможностите на мобилните мрежи които да осигурят такива услуги. Съгласно заключението на проекта за партньорство от трето поколение мрежи (3GPP), ключов критерий за производителност на груповите комуникации са надграждането и латентния период – т.е. времето на изчакване [5,6]. Времето за настройка при получаване на групово повикване, времезакъснението от край до край при разпространението на групова информация и данни, трябва да са в допустим диапазон, независещ от размера на групата, така че всеки потребител в дадена група да получи квалифицирана групова услуга. От гледна точка на мащабирането или надграждането е препоръчително да се разглежда случая с безкраен брой потребители в група, тъй като много членове на органите и службите на реда може да принадлежат към една група в случай на ситуация. На практика могат да участват поне 2000 потребители, като в една и съща група могат да бъдат включени най-много 500 потребители [5]. Очевидно е, че типичният начин за пренос на данни през LTE в рамките на един цикъл предаване е ограничен в способността си да отговаря на горните изисквания. Това води до мотивиране да бъде открита нова системна архитектура с разширени схеми за предаване на данни, подходящи за групова комуникация. От гледна точка на спецификацията, 3GPP през

последните години провежда проучвания на различни спецификации, за да подпомогне услугата за групова комуникация през LTE. Особено поради нуждите на няколко правителства от сигурност в комуникациите, повечето от работните групи на 3GPP фокусират дейността си върху елементите на груповата комуникация. Това е заложено във Версия 12 и 13 на 3GPP и в техническите спецификации са посочени Групово комуникационна система (GCSE – Group communication system enabler), едноклетъчна „мултипойнт“ структура една към много (SC-PTM – single cell point to multipoint) и критични комуникации “натисни за да говориш” (MCPTT – mission critical push to talk). От гледна точка на научните изследвания, в литературата са описани множество проучвания свързани с осигуряването на ефективна комуникация и пренос на данни от група терминали в мобилни комуникационни системи [7-10]. Целта на тази статия е да представи силен метод на LTE-съвместими групови комуникации от аспекта на радиовръзката. От перспективата на надграждането и латентност на мрежата, е предложен анализ на това как LTE-съвместимите методи за радиовръзка могат да работят за случаи на групови комуникации. Освен това, е предложена схема за предаване на множество съобщения, която допринася за постигане на групова комуникация по по-ефективен начин. Модифицира се т.нар. хибридно автоматично искане за препредаване на комуникационните операции (HARQ – hybrid automatic retransmission request). Това се базира на концепция, изследвана в областта на информационните технологии и наречена индексно кодиране.

2. LTE-съвместими методи за достъп с радиовръзка за групова комуникация.

В следващите редове се посочва как груповата комуникация може да се осъществи през въздушния интерфейс в настоящата LTE технология. Най-критичният момент на ниво радио-достъп е как общите данни на групата се включват в безжичната мрежа между базова станция и група потребителски устройства, докато се изпълняват изискванията за латентност и надграждане. За да се разбере поведението на радиодостъпа в LTE, се проучва структурата и свързаните с нея процедури на използване на физическите LTE канали. Подробни описания на физическите канали са предоставени във Версия 12 и 13 на 3GPP.



използване на конвенционални LTE физически канали

Основната част от спецификацията на 3GPP Версия 12 по отношение на груповата комуникация е модулът за осигуряване на груповата комуникация GCSE. Конвенционалните физически LTE канали могат да бъдат добра среда за осигуряване на груповата комуникация в някои основни ситуации [11]. GCSE дефинира изискванията за груповата комуникация, като архитектура на системата се наслаждава върху съществуващите канали. Системата LTE от Версия 12 има два основни канала по които се предават данните: споделен канал за права връзка (PDSCH), който обикновено се използва за нормални данни за единично разпръскване – “уникаст” и “мултикаст” канал за множествоно разпръскване, предназначен за разгънато мултимедийно предаване (PMCH). Фигура 1 описва пример за радиоцикъл, където съществуват двата физически канала. В радио рамката, състояща се от 10 подкадъра, двата физически канала се превключват на базата на границата на подкадъра. Въз основа на оперативното правило, мрежата за радиовръзка определя както порцията, така и позицията на подкадрите за двата канала и предава съответната контролна информация на потребителските мобилни устройства чрез системен информационен блок. Трябва да се отбележи, че двата канала се мултиплексират само по време, но не и по честота. В подкадъра на споделения канал PDSCH за права връзка, всяка информация се прехвърля само до конкретното потребителско мобилно устройство. Всяко потребителско устройство, което комуникира с неговата базова станция, има временен идентификатор за клетъчната радио мрежа (C-

RNTI), който е уникален за клетката, към която принадлежи. По време на кодирането на физическо ниво, всяка информация се кодира/скремблира на базата на временния идентификатор за клетъчната радио мрежа (C-RNTI) на приемащото потребителско устройство, така че само потребителското мобилно устройство може успешно да декодира данните. Всъщност, потребителското устройство обикновено „не забелязва“, че данните за други потребителски устройства преминават през споделения канал за права връзка (PDSCH). Регионът с ортогоналното разделяне на честотите за множествоно достъп (OFDMA) на радиочестотния ресурс, определен за специфичните данни в споделения канал за права посока PDSCH е обозначен чрез управляваща информация за връзката DCI (downlink control information), която се предава през канала за контрол на връзката (PDCCH). Както е показано на фиг. 1, всяко от трите потребителски устройства получава групови данни от отделен радио-ресурсен регион в рамките на подслот 0 и 1. Предимството на груповата комуникация чрез PDSCH е, че системата може да прилага модернистични адаптиращи схеми, използвани в LTE, като адаптивна модулация и AMC кодиране, хибридно автоматично препредаване (HARQ), както и различни схеми с много входове и много изходи (MIMO).

Груповата комуникация чрез PDSCH притежава един фундаментален, критичен проблем, тъй като данните на групата трябва да се дублират толкова пъти, колкото е и броя на мобилните устройства за група. След това, възелът или базовата станция, трябва да разпредели радиообмена поотделно за всяко мобилно устройство в групата. Това може да е пречка за удовлетворяване на изискванията за надграждане и латентност едновременно, тъй като недостигът на радио ресурси и допълнителното закъснение при подреждане на опашка, може да преминат извън определено критично ниво, когато има много потребителски устройства в група.

От друга страна, PMCH е оптимизиран да излъчва общи данни към няколко мобилни устройства. При емитирано мултимедийно излъчване и множествоното предаване, данните за групата се пренасят през сесия идентифицирана от временна мобилна груповата идентичност (TMGI – temporary mobile group identity) и първоначално се препращат към обект за координация на мултимедийното излъчване (MCE – coordination entity). След това този обект за координация на

мултимедийното излъчване и множествено предаване разпределя данните в базовите станции, групирани като област на услугата и конфигурирани да обслужват сесията. В един подкадър на PMCH, базовите станции едновременно предават едни и същи физически кодирани сигнали съгласно това което е планирал обекта за координация на мултимедийното излъчване и множествено предаване (MCE). В същото време мобилните потребителски устройства, следят за сесията и се опитват да комбинират сигналите от базовите станции, за да декодират груповите данни. За разлика от PDSCH, всяко мобилно устройство, желаещо да осъществи достъп до сесията, може да получи груповите данни PMCH, тъй като данните могат лесно да бъдат декодирани въз основа на излъчената информация. Груповите данни в PMCH се скремблират с идентификационния номер на областта в MBSFN (multimedia broadcast single frequency network) (вж Фиг.1). Конфигурационното съобщение, носещо информацията за графика за всички сесии, които се изпълняват в клетката, също е налице от Контролния канал за множествено предаване (МССН). Това позволява базовите станции да разпространяват груповите данни на множество потребителски устройства само с едно разпределение на радио ресурсите. Едно от предимствата на този подход е, че радиоресурсите необходими за групова комуникация през PMCH, не зависи от броя на потребителските устройства в групата. Без значение колко потребителски устройства съществуват в група, данните могат да бъдат прехвърлени с едно определено количество радио ресурси през PMCH.

Груповата комуникация през PMCH също така позволява на устройствата в региона на крайните отдалечени клетки да постигнат подобрена производителност чрез комбиниране на различните сигнали. Само данни от сесии на eMBMS (evolved multimedia broadcasting and multicasting services) могат да бъдат мултиплексирани в подкадър на PMCH. Следователно няма начин да се използва останалата част от радио ресурса за подкадър на PMCH, когато моментното количество на груповите данни, които трябва да бъдат изпратени, е малко. Трудностите идват от факта че се сменят бързо частите на PDSCH и PMCH, което води до честа модификация на модула SIB2, а това допринася за натоварване едновременно на потребителските устройства и базовите станции.

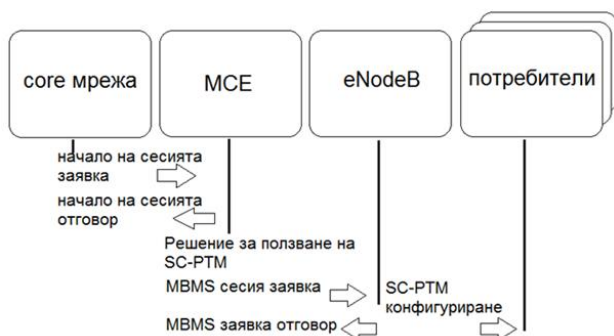
От гледна точка на латентност, груповата комуникация чрез PMCH функционира с добра производителност, като в повечето случаи отговаря на изискванията, както в случая на PDSCH. На практика, времето за настройка за пренасянето на данни на eMBMS обикновено е сходно с това при нормалното прехвърляне на данни при мобилните системи за компресиални цели. Въпреки това, груповата комуникация през PMCH може да доведе до допълнително забавяне. Това се получава когато подкадъра планиран за предаване на специфичната сесия eMBMS е далече от текущия момент. По този начин, времеразпределението за PMCH не може да бъде променено по време на периода за модификация на МССН. Това означава, че в най-лошия случай времето за чакане на груповите данни ще достигне периода на модификация на МССН.

2.2. Вариант 3GPP версия 13 с използване на единична клетка от точка до много точки (мултипойнт) SC-PTM

Както беше разгледано по-горе, и двата физически канала във Версия 12 на 3GPP имат свои собствени проблеми със задоволяването на изискванията за групова комуникация. За да предостави фундаментално решение за групова комуникация, 3GPP стартира друга техническа спецификация във Версия 13 - т.нар. единична клетка от точка до много точки (SC-PTM single cell point to multipoint) [12]. SC-PTM е нов тип метод за радио достъп, предназначен за множествено предаване чрез PDSCH в една клетка. Технологиата може да се разглежда като сливане – синтез на PDSCH и eMBMS. За предаването от SC-PTM, потребителските устройства в групата получават груповите данни чрез общ радио-ресурс на PDSCH. Концепцията естествено позволява групата данни да се мултиплексират с нормалните данни в рамките на подкадъра на PDSCH и по този начин да не причиняват проблема с грануларността на радио ресурсите. Фигура 2 изобразява подробности за предаването при SC-PTM. Вместо използване на временния идентификатор за клетъчна радио мрежа (C-RNTI), предаването при SC-PTM използва общ идентификатор за радио мрежа (RNTI), така наречения групов RNTI, който се разпределя за всяка временна мобилна групова идентичност (TMGI). Съгласно списъка с клетки от централната мрежа, MCE разпространява данните за групата в съответните базови станции. Всяка LTE базова станция след това предава

груповите данни през PDSCH въз основа на своето собствено планиране и изпраща съответната управляващата информация за връзката (DCI) през PDCCH едновременно с груповия RNTI.

Потребителските устройства могат да декодират успешно както съответната управляващата информация за връзката, така и груповите данни въз основа на предварително придобития групов RNTI. Потребителските устройства в групата могат да придобият своят групов RNTI от конфигурационно съобщение през SC-PTM, което периодично се излъчва чрез едноклетъчния контролен канал за множество предаване (SC-MCCH) и осигурява съответствие между TMGI и груповия RNTI. Тъй като SC-PTM позволява на всяко потребителско устройство да получава груповите данни, както в случая PMCH, това изисква само едно разпределение на радио ресурсите за разпространение на груповите данни без многократни предавания на данни. LTE базовите станции могат да използват различни схеми за адаптиране на връзките за SC-PTM, тъй като е наличен канал за обратна връзка, съответстващ на PDSCH. Оценката на производителността в [12] показва, че предаването през SC-PTM превъзхожда предаването през PMCH по отношение на спектралната ефективност. Въпреки че определянето на канала за обратна връзка при SC-PTM е извън обхвата на спецификацията на 3GPP Версия 13, резултатите в [12] показват, че каналът за обратна връзка нагоре, все още има потенциал да донесе значителна предимства чрез SC-PTM.



Фигура 2. Концепцията за SC-PTM и настройване на носещата.

Фигура 2 обобщава характеристиките на методите за радиовръзка. От сравнението се вижда, че единичната клетка от точка до мулти точка SC-PTM е компромисно решение между съществуващите физически канали. Самостоятелното предаване чрез PDSCH и

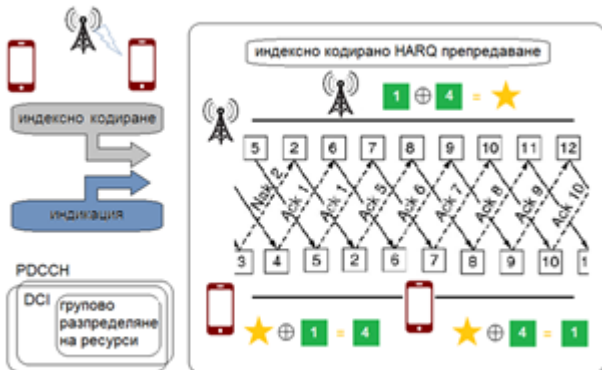
множественото (мултикаст) предаване чрез PMCH са оптимизирани да обслужват както малки, така и много големи групи, респективно, докато SC-PTM е доминираща за средните групи. По този начин от съществено значение е да се ползва SC-PTM, за да се изпълнят изискванията за групова комуникация при всякакъв вид ситуации.

3. Индексирано-кодирано хибридно автоматично искане за препредаване на комуникационните операции (HARQ) при SC-PTM

HARQ представлява нова важна схема за адаптиране на комуникационните връзки и играе важна роля за постигането на висока спектрална ефективност при SC-PTM предавания. Основната операция при хибридно автоматично искане за препредаване на комуникационните операции е препредаване на физически ниво, което позволява на предавателя да използва по-висока скорост при предаването на данни, осигурявайки ниво на грешката под 1 процент (BLER). Когато HARQ се прилага към SC-PTM, трябва да се извърши повторно излъчване според множеството обратни връзки от мобилните потребителски устройства в групата. Това препредаване обаче трябва да се осъществи, когато има изпратено най-малко едно отрицателно потвърждение от устройство в групата. Това може да се случва често, тъй като броят на потребителите на групата расте.

Също така би било излишно за мобилните потребители да потвърждават препредаване през SC-PTM поради природата на този метод. За да се преодолее тази неефективност, въпросът свързан с препредаването към множество приемници може да се комбинира с нова схема за кодиране - кодиране на индекси, прилагано в областта на информационните технологии. Тази концепция е известна като задача за кодиране на индексите и първоначално е въведена от Бирк and Кол [13], мотивирана от приложенията за сателитно радиоразпръскване. Интересът към кодирането на индексите допълнително се е увеличил поради две нови разработки [12]. В LTE комуникациите, индексирани-кодираното хибридно автоматично искане за препредаване на комуникационните операции HARQ е при базовата станция - eNodeB. Всеки HARQ процес е отговорен за прехвърлянето на транспортен блок, което се възприема за минимална единица данни. Базовата станция е наясно със състоянието на приемане от групата – положителни и негативни потвърждения (ACK / NACK) за всеки процес. Въз основа на

информацията ACK /NACK, базовата станция може да подбере подходяща манипулация на транспортните блокове, които да бъдат индексирани за препредаване. Съгласно принципа на кодиране на индексите, мобилният потребител може да извлече транспортен блок от m индексно-кодирани транспортни блока, приемайки, че потребителят вече има $m - 1$ транспортни блока. Фигура 4 показва пример на индексно кодиране с HARQ, където има три потребителски устройства, които получават груповите се данни през SC-PTM. В подкадъра $n + 4$, мобилно устройство 3 изпраща NACK за HARQ процес 1. В подкадъра $n + 7$, мобилно устройство 2 изпраща NACK за HARQ процес 4. След като събира определен рой потвърждения, базовата станция (eNodeB) проверява дали има възможно комбиниране за индексно кодирано препредаване. В този случай HARQ процесите 1 и 4 могат да бъдат индексирани, тъй като потребителите 2 и 3 успешно декодират транспортните блокове на процеси 1 и 4, съответно. Базовта станция комбинира транспортните блокове на процеси 1 и 4 чрез прилагане на изключваща ИЛИ (XOR) операция и предава индексно кодирани транспортни блокове. След приключване на процедурата за получаване в PDSCH, мобилно устройство 2 прилага операция XOR към декодираните данни с транспортния блок на процес 1 и извлича комбинациите на процес 4. По същия начин потребител 3 извлича транспортне блок от процес 1 от индексирания поредица. Следователно индексно кодираният поток може да провежда двете препредавания с едно разпределение на радиоресурсите, докато при конвенционалната структура без индексно кодиране за двете препредавания са необходими два радио ресурса.



Фигура 4. Пример за индексно кодирано HARQ препредаване на SC-PTM.

Ключовият момент при използване на кодиране на индексите през SC-PTM е да се намали количеството на радиоресурсите, необходими за препредаване. По-конкретно, това води до намаляване на радиоресурсите необходими за разпространение на груповите данни, което води до лесно надграждане при групова комуникация. Индексно кодираният HARQ поток намалява честотата на дублирано приемане при потребителски устройства които потвърждават положително с ACK. В допълнение, прилагането на индексирания поток изисква малка промяна на конвенционалната LTE система от протоколен аспект чрез добавяне на информация за индексирани транспортни блокове, които могат да бъдат естествено изпратени през PDSCH. По-конкретно, или множество набори от информация за HARQ могат да принадлежат към управляващата информация за връзката - DCI, или могат да се изпращат множество DCI пакети, за да се посочи кои транспортни блокове са индексирани.

4. Производителност на груповите комуникации при 4G LTE

В този параграф се оценява производителността на LTE-съвместимите групови комуникации използвайки няколко метода за радиовръзка и се показва как горепосочената схема подобрява производителността на системно ниво.

4.1. Производителност на груповата комуникация

Оценява се ефективността на груповата комуникация от гледна точка на възможностите за надграждане. Необходим е отговор на следните въпроси:

- Колко мащабируем е всеки метод за радиодостъп за групова комуникация
- Как да се подобрят надграждането като се използва начина от параграф 3

За да се оцени възможността за надграждане с PDSCH, може да се извърши анализ, базиран на посочения метод в [12]. За PDSCH и SC-PTM мащабируемостта се оценява в LTE-базирана среда. За оценка основно се използва LTE система заедно със системни параметри [12], които всъщност се използват обикновено за оценка на сценарии за осигуряване на обществена безопасност. В допълнение, се предполага, че се използва трафик за разговори, тъй като гласовата РТТ е основната услуга при осигуряване на

обществена безопасност. За анализ на надграждането може да се възприеме мярка за ефективност, наречена капацитет на групата, която представлява максималният брой групи, които дадена клетка може да поддържа с даден размер

Таблица 1.

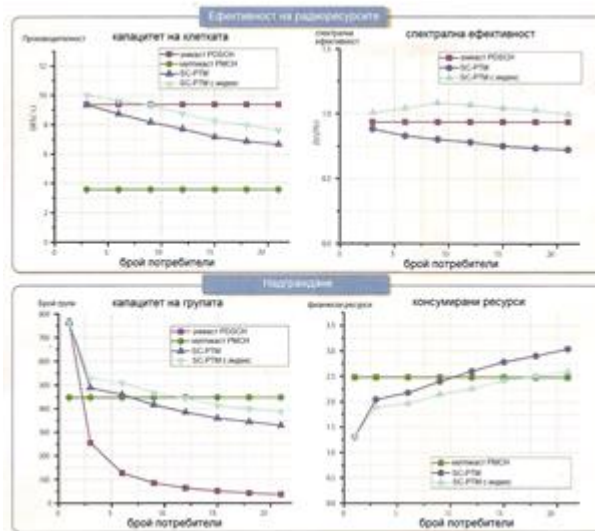
| Параметри на системата | Стойности |
|--|---|
| Модел на канал | ITU макроклетка |
| eNodeB - базова станция оформление | 19 хексагонални клетки |
| Разстояние между eNodeB | 1732 м |
| Субносец интервал | 15 кХц |
| Носеща честота и трафик | 800 МХц, 10 Мхц BW |
| Скорост на мобилните потребители | 3 км / ч |
| Дуплекс | FDD |
| eNodeB усилване на антената | 15 dB _i |
| eNodeB изходна мощност | 46 dBm |
| Разпределение на мобилните потребители | Равномерно в областта на клетъчното покритие |
| Трафик модел | Гласов |
| Схема на връзката на предаване | TxD |
| Конфигурация на антената | 2 x 2 |
| HARQ тип | считава до три предавания |
| Скорост на адаптация | Обратната връзка от групата в най-лошото радио състояние ще бъде пренебрегната, с 1% BLER |
| Брой OFDM символи, запазени за PDCCH | 2 |

Параметрите на системата са обобщени в таблица 1. Капацитетът на групата може да бъде изчислен като общата сума или размер на радио ресурса в рамките на времето за междувременно пристигане на груповия трафик на данни, нормализиран от средното количество радиооборудване, необходимо за разпространение на част от груповите данни към групата. Чрез симулация [12] може да се оцени размера на радио ресурса, който HARQ процеса консумира за предаване / препредаване на 1 терабайт, докато отговаря на критерия за 1% грешка BLER.

4.2. Оценка на производителността

Фигура 5 показва ефективността на всеки метод за радио достъп по отношение на надграждане и ефективност на радио ресурси. Самостоятелното излъчване (Unicast) през PDSCH превъзхожда другите методи в повечето случаи по отношение на капацитета на клетките. Въпреки това, unicast през PDSCH има най-лоша производителност по отношение на капацитета на групата, дори когато размерът на групата е много малък. Това е така, защото при този метод се похабяват значително количество радио ресурси за дублирани предавания на данни. Мулти предаването

(multicast) през PMCH има най-лоша производителност по отношение на клетъчния капацитет, но има по-голям капацитет по отношение на групата от unicast през PDSCH в повечето случаи. Това означава че най-добрият начин за увеличаване на капацитета зависи от размера на групата. Системата LTE е за предпочитане да служи или на малки групи чрез SC-PTM, или на големи групи, които могат да бъдат до 500 потребители чрез PMCH. Необходимо е да се отбележи, че при PMCH всички подкадри са конфигурирани и при PDSCH няма конфигуриран подкадр. Тъй като радио рамката обикновено на практика се състои от PMCH и PDSCH подкадри, капацитетът на групата за случай на множество предаване през PMCH ще бъде намален толкова, колкото е частта на PMCH подкадрите. Следователно, пресечната точка на кривите на капацитета на групата между PMCH и SC-PTM варира в зависимост от конфигурацията на рамката. Фигура 5 също така показва как се осъществява SC-PTM с индексно кодиран поток HARQ. Капацитетът на групата може да се подобри до 17,5%, като се използва предложената в [13] схема.



Фигура 5. Сравнение на ефективността на различните методи за радиовръзка

Повишаването на производителността може да нарастне, тъй като броят на потребителите в група се увеличава. Това е така, защото големият размер на групата води до повече негативни потвърждения, а това води до по-чести препредавания. По този начин по-често се извършва индексно кодирано предаване. Индексираният поток HARQ компенсира уязвимата точка на SC-PTM, което позволява значително разширяване на наличността на SC-

PTM. SC-PTM без индексно кодиран поток е приложим, когато има по-малко от 6 потребителя в група, докато SC-PTM с индексно кодиран поток може да се приложи, когато има група с 12 потребителя.

Освен това, индексно кодираният поток може да подобри производителността на SC-PTM по отношение на ефективността на радиооборудването. SC-PTM с индексно кодиран поток консумира радио-ресурси за повторно предаване по-ефективно, отколкото SC-PTM без индексно кодиран поток, дори и с единично излъчване през PDSCH. В допълнение, клетъчният капацитет на SC-PTM, в голяма степен зависи от спектралната ефективност и е по-висок от този през PDSCH, когато размерът на групата е сравнително малък. Това показва, че подобряването на капацитета на групата чрез индексирания поток идва основно от ефективното използване на радио ресурсите.

5. Заключение и изводи

Установено е, че груповата комуникация е едно от най-важните и широко използваните приложения с цел осигуряване на обществена безопасност. Телефонните разговори "един към друг" е за търговски цели и от частен характер. Тъй като LTE непрекъснато се разширява в различни области, включително и при осигуряването на реда и обществената безопасност, от съществено значение е да се отчете дали системата LTE може да изпълни изискванията за групово комуникация по един ефективен начин. При тези обстоятелства, статията хвърля светлина върху техническия аспект на LTE по отношение на предоставянето на групови комуникационни услуги. От гледна точка на надграждане и латентност, системата на LTE 3GPP версия 12, показва че до известна степен поддържа групово комуникация, като използва както канали PDSCH, така и канали PMCH – „мултикаст“. Освен това SC-PTM, дефиниран в следващата версия 13, се оказва компромисно решение на съществуващите физически канали и по-безпрепятствено изпълнява изискванията за групово комуникация. Индексно кодираният поток води до нова парадигма на препредаване към множество мобилни потребители, където тя може допълнително да подобри способността за надграждане на SC-PTM.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Дж. Ким и сътр., "Контрол на влака през LTE: Проектиране и оценка на изпълнението",

IEEE Комун. Спис., том 53, номер 10, Октомври 2015 г., стр. 102-09.

[2] Т. Дюми и сътр., "LTE за мрежи за обществена безопасност", IEEE Комун. Спис., том 51, номер 2, Февруари 2013 г., стр. 106-12.

[3] Р. Ферус и сътр., "LTE Технологичният драйвер за бъдещи комуникации за обществена безопасност", IEEE Комун. Спис., том 51, номер 10, Октомври 2013, стр. 154-61.

[4] К. Балачранан и сътр., "Комуникационни мобилни мрежи за обществена безопасност", IEEE Комун. Спис., том 44, номер 1, Януари 2006 г., стр. 56-64.

[5] 3GPP TS 22.468 v12.1.0, "Технически спецификации Група услуги и системни аспекти, Групи комуникационни системи за LTE (GCSE_LTE)," 2014.

[6] 3GPP TS 22.179 v13.2.0, "Технически спецификации Група услуги и аспекти на системата, Мисия критични push to talk (MCPTT) над LTE, Етап 1," 2015.

[7] Т. Куон and Дж. У, Чой, "Разпределение на ресурсите за произволен достъп от множество групи за устройства M2M в мултиклетъчни системи," IEEE Комун. Писма, том. 16, номер 6, Юни 2012 г., стр. 834-37.

[8] К. Х. Уей, Р. Г. Ченг и С. Л. Тсао, "Анализ на производителността на групов пейджинг за машинни комуникации в LTE мрежи", IEEE Транс. Автомб. Техн., том. 62, номер 7, Септември 2013 г., стр. 3371-82.

[9] К. Женг и сътр., "Разпределение на радио ресурси в LTE-Разширени Клетъчни Мрежи с M2M Комуникации", IEEE Комун. Спис., том 50, номер 7, Юли 2012 г., стр. 184-92.

[10] Р. Сиварадж и сътр., "QoS-активирана групово комуникация в интегрираните VANET-LTE хетерогенни безжични мрежи", 2011 IEEE 7та Инт. Конф. за Безжични мобилни компютри, мрежи и комун., октомври 2011 г., стр. 17-24.

[11] 3GPP TS 23.468 v12.5.0, "Технически спецификации Група услуги и системни аспекти, Групи комуникационни системи за LTE (GCSE_LTE), Етап 2," 2015.

[12] 3GPP TR 36.890 v13.0.0, "Техническа спецификация на Групата Радио връзка, Разработена универсална радиовръзка за наземни радиовръзки (E-UTRA), Изследване на едноклетъчната трансмисия от точка до много точки за E-ULTRA", 2015 г.

[13] Ю. Бирк and Т. Кол, "Кодиране при поискване от информиран източник" (ISCOD)

IEEE Trans. Инфо. Теория, том 52, номер 6, Юни
2006 г., стр. 2825-30.