

## АНАЛИЗ НА ПРОТОКОЛИТЕ И ТЕХНИКИТЕ ЗА ПРЕНОС НА ГЛАС ЧРЕЗ ИНТЕРНЕТ ПРОТОКОЛ

Росен Пасарелски, Вергиния Тодорова

## ANALYSIS OF PROTOCOLS AND TECHNIQUES FOR TRANSMISSION OF VOICE OVER INTERNET PROTOCOL

Rosen Pasarelski, Verginiya Todorova

**Резюме:** Целта на статията е да представи процеса на еволюирането на телекомуникационните мрежи през годините и развитието им с много бързи темпове, като тенденцията е към конвергенция на услугите. Преносът на глас чрез IP протокол е предпочитан метод при все повече далекосъобщителни оператори като заменя стандартната телефония и мрежа. Като резултат, може да бъде отчетено, че технологията на VoIP позволява много повече информация да бъде пренесена по мрежата, за да обслужи и подобри комуникационните нужди, в сравнение с традиционната телефония. Като принос на авторите се отбелязва анализът на протоколите за пренос на глас чрез IP, с който се изясняват концепциите и правилата в такъв тип комуникации и представя функционалностите и компонентите им като част от тези комуникации.

**Ключови думи:** Протоколи, VoIP, H323, RTP, SIP.

**Abstract:** The purpose of the article is to present the process of the evolution of telecommunication networks across the years and are developing at a very rapid pace, with a tendency towards convergence of services. Voice over IP is the preferred method for more and more telecommunications operators, replacing standard telephony and networking. As a result, it can be noted that VoIP technology allows much more information to be transmitted over the network to serve and improve communication needs than traditional telephony. The authors' contribution is the analysis of voice over IP protocols, which clarifies the concepts and rules in this type of communication and presents the functionalities and components of these communications.

**Keywords:** Protocols, VoIP, H323, RTP, SIP.

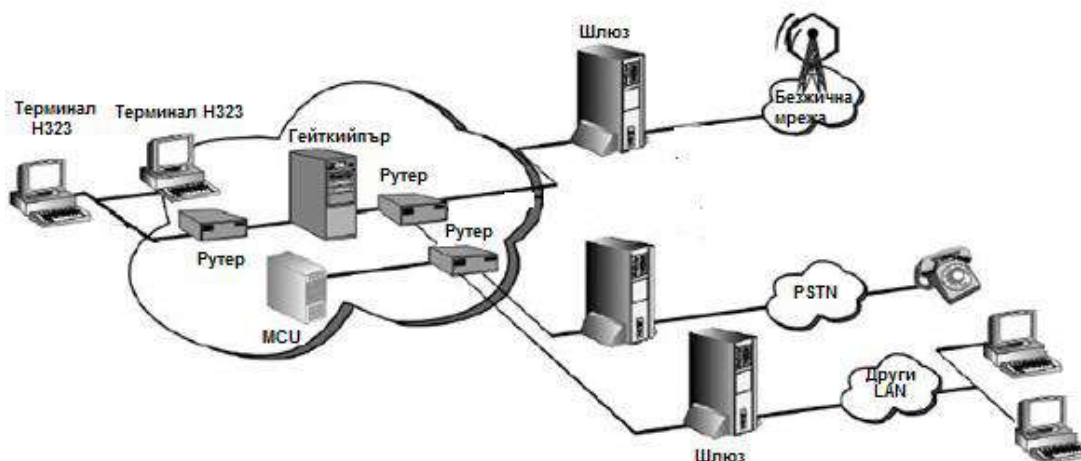
### 1. СЪЩНОСТ НА ПРЕДАВАНЕТО НА ГЛАС ЧРЕЗ ИНТЕРНЕТ ПРОТОКОЛ

Предаването на глас през интернет (Voice over IP - VoIP) се представя като пренос на глас по IP базирана мрежа. За VoIP технологията е необходимо да се използват същите протоколи, употребявани в Интернет глобалната мрежа, като тя позволява на традиционната телефония да бъде осъществявана през локални компютърни мрежи, експлоатирайки IP протокол. Тези протоколи поставят гласовия трафик в пакет, подобен на електронна обвивка. Заедно с гласовия сигнал VoIP пакета включва и мрежовия адрес на този който прави обаждането и получателя. Пакетите могат да преминат през всяка VoIP – съвместима мрежа. Тъй като VoIP използва пакети, много повече информация може да бъде пренесена по мрежата, за да обслужи и подобри комуникационните нужди, в сравнение с традиционната телефония. Технологията VoIP позволява да се провеждат разговори на големи разстояния през съществуващата IP мрежа. Когато са се появили комуникациите на данни, корпорациите са плащали за наети линии, а комуникациите за глас и факс са използвали обществената комутируема мрежа (PSTN). Днес масово приложение имат IP мрежите за пренос на данни, използващи VoIP технологията.

## 2. АНАЛИЗ НА ПРОТОКОЛИТЕ И ТЕХНИКИТЕ ЗА ПРЕДАВАНЕ НА ГЛАС ЧРЕЗ ИНТЕРНЕТ ПРОТОКОЛ

### 2.1 Протокол H.323

Протоколът H.323 е ITU стандарт за интерактивни конференции. Този протокол е бил проектиран за мултимедия в безжична среда и локални мрежи. Представлява набор от стандарти, които определят всички аспекти на синхронизираното предаване на глас, видео и данни. Протоколът определя сигнализацията на обаждането от край до край. Той осигурява възможността за създаване на мултимедийна връзка върху мрежи с пакетна комутация. Връзките могат да бъдат от точка до точка и от точка до много точки. За да се изпълни тази задача се изискват сигурни компоненти, които да осигурят съответните услуги. Компонентите, които определя стандарта са шлюзове (gateways), гейткийпъри (gatekeepers), терминали, и устройства за многоточково управление (MCU – Multipoint Control Unit). Това са физически устройства и логически елементи. На фигура 1 е представена примерна мрежова H.323 архитектура.



Фиг. 1 Мрежова H.323 архитектура

### 2.2 Компоненти на мрежова H.323 архитектура

#### 2.2.1 Терминал

Това е крайна точка, от където излизат запитванията за мултимедийни услуги и потоци от данни. Това може да бъде IP базиран телефон или мултимедийен персонален компютър, съвместим с H.323 пакета протоколи. Терминалите поддържат двупосочна комуникация в реално време с друг H.323 компонент. Терминалите задължително трябва да поддържат следното:

- Компресиране на глас;
- Сигнализации – Q.931, H.245, RAS (Registration Admission Status).
- Незадължително е компресирането на данни и видеосигнал.

#### 2.2.2 Шлюзове

Шлюзовете са незадължителна част от H.323 мрежата. Тяхната необходимост възниква, когато трябва да се осъществи комуникация между различни мрежи. Те

преобразуват несъвместими формати на предаване и изпълняват функциите на интерфейс между мрежите. Шлюзовете преобразуват формата на данни, управляват сигналното преобразуване, настройките на повикващите между двете страни на мрежата и кодека за глас и видео. Шлюзовете представляват интерфейс между LAN мрежи и мрежи с комутация на канали. Занимават се с компресирането и пакетирането на гласа.

### 2.2.3 Гейткийпъри

Гейткийпърите също не са задължителна част от H.323 архитектурата. Те се използват когато е необходимо изпълнението на задачи като управление на повикването, задаване широчината на честотната лента и преобразуване на адреса. Всички контролни съобщения следва да минават през гейткийпъра, както и всички крайни точки като терминали и шлюзове да бъдат регистрирани в него. Те управляват зона, която представлява набор от H.323 устройства. Обикновено има един гейткийпър за зона. Възможно е да бъде поставен още един за отказоустойчивост и баланс на трафика. Гейткийпърът основно е софтуерно приложение, но също така може да бъде интегрирана част в шлюз или терминал. Функциите, които задължително трябва да се изпълняват от него са следните:

- Транслация на адреси;
- Контрол на достъпа;
- Управление на зони;
- Минимален контрол на честотната лента.

Като незадължителни функции могат да се посочат:

- Сигнализация Q.931 между крайни точки;
- Директорийни услуги;
- Управление на обажданията, използвайки конкретно дефинирани правила;
- Управляваща информация за гейткийпъра.

### 2.2.4 Устройства за многоточково управление – (MCU)

Устройствата за многоточково управление също са незадължителен елемент от H.323 архитектурата, като може да се използват за осъществяване на конферентна връзка между трима или повече потребители. Те могат да бъдат самостоятелни устройства или интегрирани в шлюз, гейткийпър или терминал. Обикновено се състоят от многоточков контролер - multi-point controller (MC) и многоточков процесор - multi-point processor (MP). Многоточковият контролер управлява контрола и сигнализацията за конферентно обслужване. Многоточковия процесор получава потоци данни от крайните точки, обработва ги и ги връща отново към тях в конференцията. Конференциите могат да бъдат централизирани и децентрализирани. Когато MCU ръководи и сигнализацията (MC) и потока (MP) е налице централизирана конференция. Когато MCU управлява само сигнализацията, а потоците полезна информация вървят директно между крайните точки става въпрос за децентрализирана конференция. В този случай MCU функционира без многоточков процесор (MP).

## 2.3 Протоколен пакет H.323

Протоколния пакет H.323 изпълнява функции за установяване и поддържане на потоци от глас, видео и данни, предавани в реално време. Това включва H.323 управление на разговорите за управление на всички активни настройки, слоя H.225, който управлява

## АНАЛИЗ НА ПРОТОКОЛИТЕ И ТЕХНИКИТЕ ЗА ПРЕНОС НА ГЛАС ЧРЕЗ ИНТЕРНЕТ ПРОТОКОЛ

Росен Пасарелски, Вергиния Тодорова

пакетирането и синхронизацията на всички информационни потоци по време на сесиите и слой H.245, който управлява връзките между крайните устройства.

Протоколът H.323 дефинира гласови кодеци със следните характеристики:

- G.711 – кодек за 3.1 kbit/s ширина на честотната лента над 48, 56, 64 kbit/s канала;
- G.722 – кодек за 7 kbit/s ширина на честотната лента над 48,56 и 64 kbit/s канали;
- G.728 – кодек за 3.1 kbit/s ширина на честотната лента над 16 kbit/s канал;
- G.723, G.723.1 - стандартен VoIP гласов кодек. Изисква скорост за предаване на данни 5.3 или 6.4 kbit/s;
- G.729 – кодек за 3.1 kbit/s ширина на честотната лента 8 kbit/s канал;

Всеки H.323 терминал е необходимо да има инсталиран гласов кодек, тъй като преноса на глас е минималната услуга, поддържана от H.323 стандарта.

Кодека основно конвертира аналогови в цифрови сигнали и обратно. Това е общото наименование за системата кодер-декодер. Видео кодеците са H.261 и H.263. Служат за компресиране и декомпресиране на медийни потоци. H.263 дефинира кодека за видео сигнал върху PSTN, а H.261 е кодек за видео сигнал и аудио-визуални услуги на базата на 64 kbit/s. Трафика в H.323 базираните мрежи се състои от глас, данни и видео и сигнализация за управлението. Сигнализацията се транспортира надеждно чрез TCP и включва следните елементи:

- RAS (Registration Admission Status) – протокол, използван за връзка между гейткийпъра и крайните точки. Прилага се, когато гейткийпъра е включен в мрежата и се използва UDP. RAS управлява достъпа и широчината на честотната лента между крайната точка и гейткийпъра;
- Q.931 – за изграждане и терминиране на обаждане между две крайни точки. Q.931 помага при изграждане на връзките и форматиране на рамката. Повикващите сигнали трябва да преминат през гейткийпъра, а ако в мрежата липсва такъв, то тогава трябва да си общуват с крайното устройство директно;
- H.245 – използва се за управление на връзката. Този протокол е задължителен за всички крайни точки в H.323 мрежата. Изисква надежден транспорт като TCP. Използва се за размяна на контролни съобщения от край до край след като веднъж е изградена връзката. Тези съобщения включват:
  - управление на информационния поток по време на разговора между крайните точки;
  - обмяна на информация за съвместимостта на крайните точки, която може да бъде следена чрез H.245 съобщения;
  - определяне на многоточков контролер, отговорен за централното управление.

### 2.4 Протокол RTP

Протоколът RTP (Real-Time Transport Protocol) осигурява мрежова комуникация от край до край, предназначена за приложения, изискващи предаване в реално време, като глас и видео. Тези функции включват идентификация типа на предавания полезен товар, пореден номер, мониторинг на доставянето и времева марка. RTP обикновено работи върху протокол-UDP, за да използва услуги като мултиплексиране и контролна сума, които предлага той. Въпреки че RTP често се използва за еднопоточни уникаст сесии, той

първоначално е разработен за множествени мултикаст сесии. В допълнение на ролята на изпращач и получател, RTP също дефинира ролята на преводач и смесител, за да поддържа изискванията за мултикаст. Протоколът RTP е VoIP компонент с критично значение, защото той позволява на устройството по местоназначение да изпрати заявка за повторно изпращане на пакетите преди те да бъдат предадени към потребителя. Кадърът на RTP е съставен от хедър, съдържащ времева марка и пореден номер, което позволява на получаващото устройство да буферира и джитера и латентността, чрез синхронизиране на пакетите да възпроизвеждат продължителни потоци от звук. Протоколът използва поредни номера, за да поиска пакетите отново. При RTP не се изисква предаване отново, ако даден пакет е изгубен. Когато пакетите, пренасящи глас попаднат в мрежата, за да достигнат своята дестинация, те може да поемат по един или повече пътища. Всеки път може да има различна дължина и скорост на предаване, което може да доведе до достигането на пакетите в неподреден вид при крайното устройство. Когато пакетите се изпращат към преносната среда от устройството – изпращач, RTP поставя етикети на пакетите с времева марка и пореден номер. При устройството – получател RTP може да подреди отново пакетите и да ги изпрати към цифровия процесор (DSP – Digital Signal Processor). Хедърът на RTP пакет се състои от 16 байта. Първите 12 байта са задължителни. Формата на заглавието на RTP пакет е представена на фигура 2:



Фиг. 2 Форма на заглавие на RTP пакет

Полята в хедъра, представен на фиг.2, имат следното значение:

- **V** – версия на RTP;
- **P** – бит за запълване. Ако има стойност “1”, означава, че в пакета е използвано запълване, отделно от полезния товар;
- **X** – бит за разширение. Ако има стойност “1”, след заглавие с фиксирана дължина следва разширение;
- **CSRC брояч** – брой участващите източници. Съдържа броя на идентификаторите на спомагателните източници, които следват във фиксираното заглавие;
- **M** – позволява маркирането на събития с голямо значение, като например границите на рамка;
- **Вид на полезния товар** - определя формата на полезния товар в пакета на RTP. Предаващият по RTP протокола може да излъчва само един тип полезен товар в даден момент;

## АНАЛИЗ НА ПРОТОКОЛИТЕ И ТЕХНИКИТЕ ЗА ПРЕНОС НА ГЛАС ЧРЕЗ ИНТЕРНЕТ ПРОТОКОЛ

Росен Пасарелски, Вергиния Тодорова

- **Последователен номер** - приемащата станция използва този номер за да възстанови последователността на пакетите;
- **Времева марка** – съдържа стойност, която представлява времето, когато полезните данни са дискретизирани;
- **Синхронизационен SSRC идентификатор** (Synchronization Source Identifier) – представлява произволно избран идентификатор за RTP станция. Всеки източник има един и същ идентификатор, съдържащ се в пакетите. Всяко устройство в RTP сесия трябва да има уникален идентификатор;
- **Спомагателен източник CSRC идентификатори** (Contributing Source Identifiers) – съдържа списък на източниците на полезния товар в текущия пакет. Това поле се използва когато смесител комбинира различни потоци от данни. Тази информация помага на приемника да идентифицира оригиналните източници.

### 2.5 Протокол RTCP (Real-Time Transport Control Protocol)

Протоколът RTCP наблюдава качеството на доставката на данни и осигурява контролна информация. Той осигурява следните функционалности:

- осигурява механизъм, чрез който устройствата, намиращи се в RTP сесия да обменят информация за наблюдение и контролиране на сесията. Следи качеството на елементи като брой пакети, загуба на пакети, закъснение и джитер. Предва пакети като процент от честотната лента за сесията, но на специфично ниво от най-малко 5 секунди;
- RTP стандарта указва, че NTP (Network Time Protocol) времевата марка е базирана на синхронизирани часовници. Отговарящата RTP времева марка е произволно генерирана и базирана на времевото деление на пакетите с данни. RTP и NTP са включени в RTCP пакетите от устройството-изпращач на данните;
- Осигурява отделен поток от данни от RTP, който се транспортира чрез UDP. Когато на гласов поток се даде номера на UDP порт, на RTP обикновено се дава идентичен номер на порт и RTCP взема следващия нечетен номер на порт. За всяко гласово обаждане се асоциират четири порта – RTP и RTCP от страна на предаващото устройство и RTP и RTCP от страна на приемащото.

По време на всяко RTP обаждане, RTCP генерира рапорт пакети най-малко на всеки 5 секунди. В случай на лоши условия по мрежата, дадено обаждане може да бъде прекратено, поради загуба на пакети. Когато пакетите се визуализират, използвайки анализатор на пакети, мрежовия администратор може да провери информацията в RTCP заглавието, което включва броя пакети, броя октети, броя на изгубени пакети и джитер. Заглавната RTCP част дава информация, поради каква причина обаждането е било прекъснато.

### 2.6 Протокол SIP

Протоколът SIP (Session Initiation Protocol) е стандарт за установяване на мултимедийни комуникации, предложен от IETF (International Engineering Task Force). Той е сходен с H.323 протокола с разликата, че се акцентира на някои IP технологии като DNS. Протоколът SIP има функции за управление, намира се в приложния слой и служи, за да установи, промени или прекрати мултимедийна сесия или повикване. Той може да привлече участници в индивидуални или групови сесии, както и да бъдат добавени към съществуваща сесия. Концепцията на SIP е подобна на HTTP (Hyper Text Transfer

Protocol) и SMTP (Simple Mail Transfer Protocol). Използва се модела клиент-сървър, в който сървърът получава запитване и съответно изпраща отговор на клиента. Протоколът SIP действа на приложно ниво от OSI модела и е независим от протоколите от по-ниско ниво. Той не осигурява сесийни услуги или средства за управление на разговорите, за разлика от H.323. Също така не зависи от TCP по отношение на надеждността, а използва SDP (Session Description Protocol) за медийно описание. Протоколът осигурява следните функционалности:

- Установяване на обаждане – позвъняване и установяване на параметрите на обаждането;
- Определяне местоположението на потребителя – определяне на крайната система, използвана за връзката;
- Управление на обаждането – трансферът и прекратяването на обаждането;
- Достъпност на потребителя – определя готовността на викания абонат да изгради връзката;
- Потребителски възможности – определяне на връзката и параметрите на връзката, които ще бъдат използвани;
- Потребителска мобилност – чрез използване на прокси сървър при осъществяване на комуникацията.

## 2.7 Компоненти на SIP протокол

Структурата на SIP протокола се състои от следните компоненти:

- Потребителски агент – елемент от крайната система. Функционира като клиент, когато приема запитване, и като сървър, когато получава повикване;
- Прокси сървър – получава заявки от клиенти, препраща заявките към следващ сървър, ако е необходимо. Може да направи заявка към друг сървър от името на клиента;
- Регистрационен сървър – поддържа актуално разположението на клиентите;
- Пренасочващ сървър – отговаря на клиентските запитвания като им предоставя исканите сървърни адреси.

Всеки потребителски агент се отличава със собствен SIP във формата на **username@host.SIP**. Обажданият се трябва да изпрати заявката си към подходящ сървър с помощта на прокси сървър или чрез пренасочващ сървър. Осъществяването на комуникация чрез SIP протокол се извършва в следната последователност:

- Локализиране и регистриране на потребителя;
- Определяне на преносната среда, която ще се използва;
- Установяване на участието на пасивната страна;
- Изграждане на обаждането;
- Промяна на обаждането, ако се налага;
- Прекратяване на обаждането

Всяко SIP устройство, включено от клиент се регистрира от регистрационния сървър. Тази информация периодично се актуализира и достига регистрационния или прокси сървър. Установяването на комуникация и съобщенията, които се обменят между клиента и SIP сървърът са следните:



## АНАЛИЗ НА ПРОТОКОЛИТЕ И ТЕХНИКИТЕ ЗА ПРЕНОС НА ГЛАС ЧРЕЗ ИНТЕРНЕТ ПРОТОКОЛ

Росен Пасарелски, Вергиния Тодорова

- Invite – кани за разговор потребител;
- Ask – за надежден обмен на съобщения-покани;
- Bye – прекратяване на връзка между две крайни точки;
- Options – изисква информация за параметрите на обаждането;
- Register – дава информация за местоположението на потребителя;
- Cancel – преустановява търсенето на потребител;
- Info – пренася служебна информация.

### 2.8 Качество на обслужване (QoS)

Приложенията за VoIP са чувствителни към закъснения дори от няколко милисекунди. Натрупването на закъснение е незабележимо, тъй като VoIP разговора може да премине през различни корпоративни мрежи. VoIP използва RTP протокола на приложно ниво и се транспортира чрез UDP на транспортно ниво. UDP предлага мултиплексиране на пакети без предварително изграждане на връзка и без потвърждения за получаване. RTP приложенията изпращат пакетите през фиксирани периоди и с фиксирана дължина. Заедно с това се изпращат и RTCP пакети, които извършват наблюдение на разпространението и изпълняват минимален контрол и функции по идентификация. Не винаги VoIP пакетите достигат до тяхното местоназначение в същия ред, както са били изпратени. Поради това се налага използването на така наречения джитер. Буфера в джитера се използва от приемния край с цел предването на VoIP към приемния шлюз в последователен ред. Буфера събира VoIP пакетите в шлюза и компенсира липсата на закъснели пакети като използва повтарящи се алгоритми.

В съвременните мрежи се използват различни механизми, осигуряващи качество на обслужването – QoS (Quality of Service) с цел да се даде приторитет на даден трафик пред друг. Най-често използваните механизми за осигуряване на QoS са следните:

- Класифициране – всеки класово-ориентиран механизъм трябва да поддържа някакъв вид класификация;
- Маркиране – използва се за маркиране на пакети, базирано на класификация или измерване;
- Управление на претоварването – всеки интерфейс трябва да има механизъм на изчакване, за да приоритизира предаването на пакети;
- Състояние на трафика – използва се, за да предизвика ограничение в нивото на трафика, базирано на измерване, чрез забавяне на излишния трафик;
- Компресиране – намалява частичните закъснения и честотната лента, която се изисква за предаването на данни чрез намаляване големината на хедъра на пакет или полезния товар;
- Ефективност на връзката – използва се за подобряване ефективността на честотната лента чрез компресиране и фрагментиране на връзката.

### 3 ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Телекомуникационните мрежи еволюират през годините и се развиват с много бързи темпове, като тенденцията е към конвергенция на услугите. Преносът на глас чрез IP протокол е предпочитан метод при все повече далекосъобщителни оператори като заменя стандартната телефония и мрежа. Технологиата на VoIP позволява много повече информация да бъде пренесена по мрежата, за да обслужи и подобри комуникационните нужди, в сравнение с традиционната телефония. Анализът на протоколите за пренос на глас чрез IP изяснява концепциите и правилата в такъв тип комуникации и представя функционалностите и компонентите им като част от тези комуникации.



**ЛИТЕРАТУРНИ ИЗТОЧНИЦИ (REFERENCES):**

1. CHAKRABORTY, Tamal, Iti Saha MISRA and Ramjee PRASAD. *VoIP Technology: Applications and Challenges*. Springer, 2019. ISBN 978-3-319-95594-0.
2. HARTPENANCE, Bruce. *Packet Guide to Voice over IP*. O'Reilly Media, 2013. ISBN 978-1-4493-3967-8.
3. DAVIDSON, Jonathan, James PETERS, Manoj BHATIA, Satish KALIDINDI, and Sudipto MUKHERJEE. *Voice over IP Fundamentals*. Cisco Press, 2006. ISBN 978-1-58705-257-6.

**Информация за автора/ите:**

Доц. д-р Росен Пасарелски, Нов български университет, ул. Монтевидео №21, 02/811 616, [rpasarelski@nbu.bg](mailto:rpasarelski@nbu.bg)

Вергиния Тодорова, Нов български университет, ул. Монтевидео №21, 02/811 609, [verginia.todorova@gmail.com](mailto:verginia.todorova@gmail.com)

**Contacts:**

Assoc. Prof. Rosen Pasarelski, New Bulgarian University, 21, Montevideo Str., 02/811 616, [rpasarelski@nbu.bg](mailto:rpasarelski@nbu.bg)  
Verginiya Todorova, New Bulgarian University, 21 Montevideo Str., 02/811 609, [verginia.todorova@gmail.com](mailto:verginia.todorova@gmail.com)

Дата на постъпване на ръкописа (Date of receipt of the manuscript): 24.07.2019

Дата на приемане за публикуване (Date of adoption for publication): 27.09.2019