

Имитационное моделирование услуги передачи голосовой информации мультисервисной сети связи

Е.П.Журавель, к.т.н., доцент СПбГУТ им. проф. М.А.Бонч-Бруевича / eshur2003@mail.ru,
М.В.Соболев, аспирант СПбГУТ им. проф. М.А.Бонч-Бруевича / hardmstizlov@gmail.com

УДК 004.77, DOI: 10.22184/2070-8963.2024.123.7.72.77

Рассмотрены аспекты натурного моделирования услуги передачи голосовой информации мультисервисной сети связи с коммутацией пакетов. Приведены рекомендации по получению практических результатов и сформирована имитационная модель услуги в среде моделирования дискретных событий OMNeT++ с использованием модуля INET на дескриптивном языке описания топологии сети NED, для которой выполнены многофакторные вычислительные эксперименты и получена верхняя оценка точности получаемых результатов, составляющая $\pm 2\%$. Предлагаемая модель услуги передачи голосовой информации может быть использована для оценки качества предоставления этой услуги в мультисервисной сети связи с обязательным выполнением контроля соответствия модельных значений основных характеристик услуги величинам, полученным в ходе моделирования.

Введение

Услуга передачи голосовой информации является одной из основных, поскольку входит в список универсальных услуг связи, предоставляемых мультисервисными сетями связи (МСС), что обусловлено как положениями ст. 57 закона №126-ФЗ "О связи" [1], так и фактическим использованием этой услуги в повседневной деятельности домохозяйств, физических и юридических лиц, а также специальных пользователей. В связи с этим к качеству предоставления услуги передачи голосовой информации предъявляются достаточно строгие требования [2], для выполнения которых целесообразно рассмотреть и уточнить различные практические аспекты ее предоставления и моделирования.

В статье с использованием предложенного ранее в [3] подхода к моделированию услуг МСС на основе использования совокупности существенных значений параметров, характеризующих соответствующую услугу, описан натурный эксперимент по предоставлению услуги передачи голосовой информации и выявлены основные значения параметров, которые использованы для построения имитационной модели услуги передачи голосовой информации и оценки ее точности.

Натурное моделирование процессов предоставления услуги передачи голосовой информации

К основным характеристикам услуги передачи голосовой информации, предоставляемой МСС с коммутацией

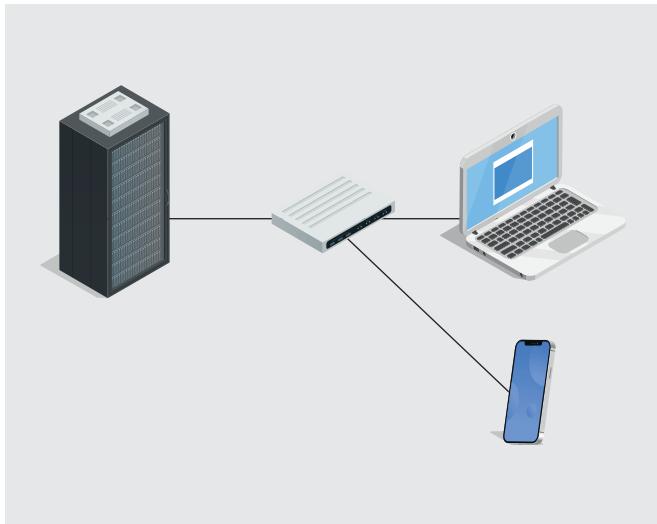


Рис.1. Схема стенда натурного моделирования услуги передачи голосовой информации

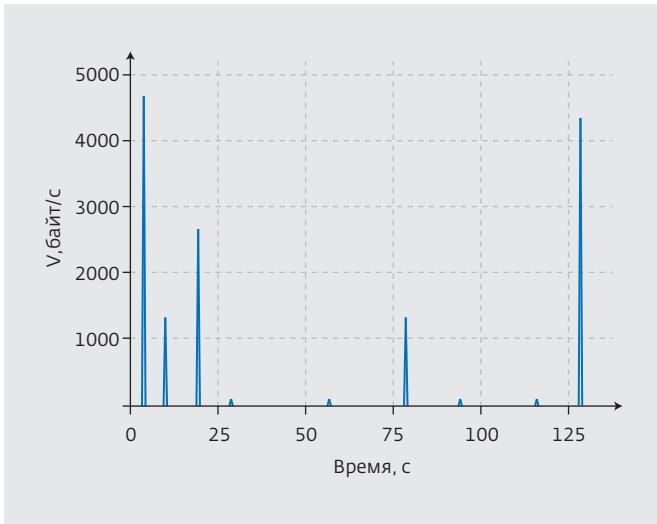


Рис.2. Статистика натурного моделирования служебных RTPCP-потоков услуги передачи голосовой информации

пакетов, относятся время поступления запроса на предоставление услуги, требуемая необходимая для предоставления услуги пропускная способность среды передачи данных, порты абонентского оконечного оборудования и сервера, на котором предоставляется телематическая услуга, а также приоритет услуги [4].

Для осуществления натурного моделирования услуги передачи голосовой информации МССС использован стенд, сформированный на основе рекомендаций, изложенных в п.5.1.2 Программы и методик проведения контроля параметров качества услуг связи по передаче данных для целей передачи голосовой информации [5]. Структурная схема стенда приведена на рис.1.

Настройка свободного программного обеспечения сервера средств вычислительной техники (СВТ) Asterisk PBX, образующего услугу, осуществлена под управлением ОС GNU Linux Debian 12, на ПЭВМ установлено клиентское свободное ПО 3CXPhone [6], а в качестве второго клиентского абонентского терминала использован SIP-телефон модели Gigaset C610A [7]. Все оборудование, имеет проводное подключение к портам телекоммуникационного оборудования (ТКО), характеризующимся скоростью 100 Мбит/с (за исключением непосредственной связи Gigaset C610A с его базой с использованием технологии DECT/GAP). С целью максимально полного сбора дампа трафика он выполнялся на сервере Asterisk PBX с использованием анализатора трафика для компьютерных сетей Wireshark в соответствии с [8].

Для сбора данных натурного моделирования услуги передачи голосовой информации на сервере был выполнен запуск ПО Wireshark, а затем инициирован исходящий вызов от ПО 3CXPhone к терминалу Gigaset C610A. После выполнения и завершения вызова в собранном дампе трафика присутствуют два потока RTPCP (Real-time Transport Protocol Control Protocol) регистраций и подтверждения регистраций к серверу Asterisk PBX от SIP-клиентов ПО 3CXPhone и Gigaset C610A, соответственно (см. рис.2).

Также в дампе трафика, собранного на сервере Asterisk PBX, имеются два входящих и два исходящих RTP-потока (Real-time Transport Protocol) к/от клиента ПО 3CXPhone и Gigaset C610A, соответственно, причем общий вид каждого из четырех потоков практически одинаков (он приведен на рис.3).

Сравнительный анализ рис.2 и 3 позволяет выявить существенное суммарное преобладание по объему и по времени трафика RTP-потоков передачи голосовой информации над RTPCP-потоками (с учетом двух RTPCP-потоков и в совокупности четырех RTP-потоков), что, в свою очередь, определяет нецелесообразность моделирования RTPCP-потоков при последующем имитационном моделировании услуги передачи голосовой информации МССС.

Особенностями трафика передачи голосовой информации являются размер и период следования пакетов, которые непосредственно зависят от аудиокодека – математического алгоритма и его программной реализации, применяемой для кодирования

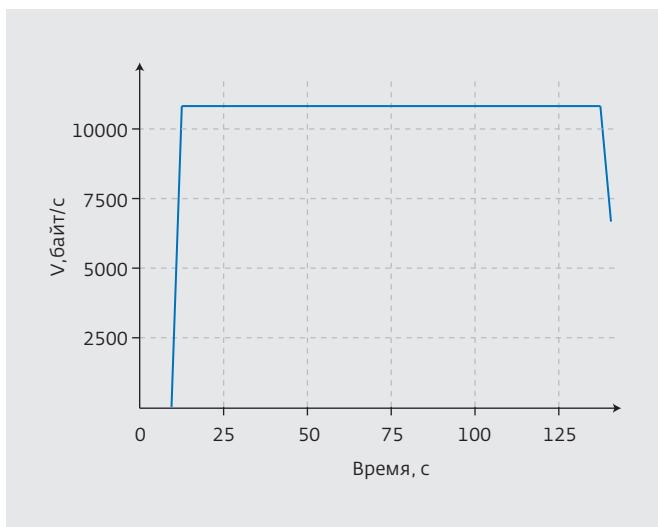


Рис.3. Статистика натурного моделирования RTP-потока услуги передачи голосовой информации

и сжатия аналоговых аудиосигналов, преобразования их в цифровые сигналы. Аудиокодеки целесообразно сравнивать по скорости оцифровывания, с которой кодек сжимает голосовую информацию (в общем случае голосовой канал 64 кбит/с может быть сжат до 8, 6,4 и 5,3 кбит/с), по сложности программной реализации ПО аудиокодека (определяющей требования к процессору), по качеству воспринимаемой абонентом-получателем речи абонента-отправителя и по задержкам, связанным с выполнением кодирования ввиду необходимости буферизации исходной голосовой информации перед ее сжатием для корректной работы ПО аудиокодека.

В соответствии с рекомендацией МСЭ-Т G.114 максимальная суммарная односторонняя задержка, при которой сохраняется достаточно хорошее качество телефонных переговоров, должна составлять не более 150 мс [9]. При этом задержку вносят и ТКО МССС (по количеству активного ТКО, участвующего в передаче трафика) и непосредственно алгоритм кодирования аудиокодека, задержка которого, в большинстве случаев, фиксирована и составляет порядка 10–20 мс. Также для пакетов, отправленных через равные интервалы времени, в МССС имеет место явление отклонения во времени фактического времени поступления пакетов от средней задержки следования пакетов или прибытие пакетов не в исходной последовательности, которое называется джиттером. Указанное обстоятельство определяется особенностями работы различного ТКО при обработке пакетов, их буферизации по различным очередям в соответствии с приоритетом пакетов, а также последующей спекулятивной

обработкой пакетов в соответствующих очередях [10]. Для повышения качества предоставления услуги голосовой связи может быть использован буфер компенсации джиттера, который может задерживать поступающие пакеты для их последующей передачи с заданным интервалом и контролем номеров последовательностей пакетов в полях сообщений RTP-пакетов, но он также вносит задержку порядка 50–80 мс.

В дампах RTPCP-потоков в результате выбора из подмножества доступных аудиокодеков PCMA, PCMU и G722 был выбран и использован кодек PCMU с сжатием 8 кбит/с, который обеспечивает высокие скорость и качество кодирования. Следует отметить, что в дампе для кодеков PCMU и G722 также было приведено значение сжатия 8 кбит/с, в связи с чем при моделировании рассматриваемого варианта предоставления услуги конкретной программной реализацией кодека можно пренебречь. Помимо этого, следует отметить наличие в передаваемой голосовой информации так называемого белого шума, спектральные составляющие которого имеют малые значения и равномерно распределены во всем диапазоне передаваемых частот, предназначенного для формирования комфортного восприятия абонентом-получателем пауз в ходе разговорного общения с другим абонентом, поскольку тишина в большинстве случаев воспринимается человеком как разрыв соединения. Эти практически важные при предоставлении услуги передачи голосовой информации аспекты будут учтены в ходе формирования имитационной модели.

Модель услуги передачи голосовой информации в среде имитационного моделирования OMNeT++

Предоставление услуг связи осуществляется с использованием активного и пассивного ТКО и СВТ, являющихся ресурсами МССС, теоретико-множественные модели которых рассмотрены в [11]. В [3] приведено обоснование моделирования процессов предоставления услуг связи МССС методом имитационного моделирования на основе среды моделирования дискретных событий OMNeT++ [12, 13, 14], в которой для моделирования услуги передачи голосовой информации целесообразно использовать схему модели МССС, приведенную на рис.4.

Программная реализация модели выполнена в среде имитационного моделирования OMNET++ в виде кода имитационной модели, описывающего передачу голосовой информации от клиентов ПО 3CXPhone и Gigaset C610A к серверу Asterisk PBX:

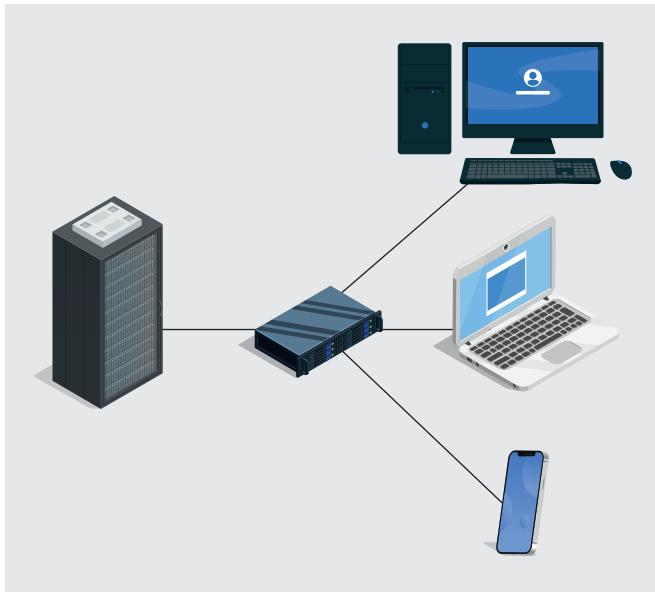


Рис.4. Схема модели сети связи в OMNeT++

```
**.sip_server.app[2].sendInterval = 20ms
**.sip_server.app[2].messageLength = 168B
**.sip_server.app[2].startTime = 0s
**.sip_server.app[2].stopTime = 125s
**.sip_server.app[2].destAddresses = "sip_client"
**.sip_server.app[2].destPort = 5008

**.sip_server.app[3].typename = "UdpBasicApp"
**.sip_server.app[3].localPort = 16965
**.sip_server.app[3].sendInterval = 20ms
**.sip_server.app[3].messageLength = 168B
**.sip_server.app[3].startTime = 0s
**.sip_server.app[3].stopTime = 125s
**.sip_server.app[3].destAddresses = "sip_client2"
**.sip_server.app[3].destPort = 5008
**.sip_server.numPcapRecorders = 1
**.sip_server.pcapRecorder[""].pcapFile = "results/sip_server.pcap"
```

прием трафика клиентами ПО 3CXPhone и Gigaset C610A от сервера Asterisk PBX:

```
**.sip_client*.app[0].typename = "UdpEchoApp"
**.sip_client*.app[0].localPort = 5008
```

с использованием связей между сервером Asterisk PBX, ТКО и клиентами ПО 3CXPhone и Gigaset C610A

```
channel ethernet extends DatarateChannel
{ datarate = 100Mbps; }
connections allowunconnected:
switch.ethg[0] <-> ethernet <-> sip_server.ethg[0];
switch.ethg[1] <-> ethernet <-> sip_client.ethg[0];
switch.ethg[2] <-> ethernet <-> sip_client2.ethg[0];
```

Дамп собранного трафика имитационной модели предоставления услуги голосовой связи приведен на рис.5.

Исходя из сравнительного анализа рис.3 и 5 можно сделать вывод о соответствии результатов, полученных в натурной модели и полученных с использованием системы имитационного моделирования OMNeT++. При этом максимальный модуль разности полученных из дампов информационного обмена точечных значений фактической и модельной установившейся скорости передачи при предоставлении услуги передачи голосовой информации по отношению к фактической установившейся скорости составляет порядка 1,5%, а максимальная разница в значениях фактического и модельного времени предоставления услуги по отношению к фактическому времени – порядка 1%. Таким образом, с учетом пренебрежения периодическим

```
**.sip_client*.numApps = 2
**.sip_client*.app[0].typename = "UdpBasicApp"
**.sip_client*.app[0].localPort = 5016
**.sip_client*.app[0].sendInterval = 20ms
**.sip_client*.app[0].messageLength = 168B
**.sip_client*.app[0].startTime = 0s
**.sip_client*.app[0].stopTime = 125s

**.sip_client.app[0].destAddresses = "sip_server"
**.sip_client.app[0].destPort = 14588

**.sip_client2.app[0].destAddresses = "sip_server"
**.sip_client2.app[0].destPort = 16964
```

прием трафика сервером Asterisk PBX от клиентов ПО 3CXPhone и Gigaset C610A:

```
**.sip_server.numApps = 5
**.sip_server.app[0].typename = "UdpEchoApp"
**.sip_server.app[0].localPort = 14588

**.sip_server.app[1].typename = "UdpEchoApp"
**.sip_server.app[1].localPort = 16964
```

передачу трафика от сервера Asterisk PBX к клиентам ПО 3CXPhone и Gigaset C610A:

```
**.sip_server.app[2].typename = "UdpBasicApp"
**.sip_server.app[2].localPort = 14589
```

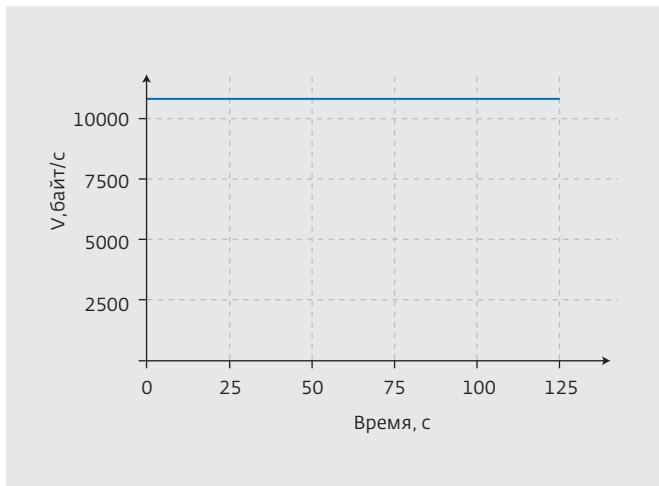


Рис.5. Статистика имитационного моделирования RTP-потока услуги передачи голосовой информации

взаимодействием клиентов и сервера с использованием служебных RTP/PCP-потоков можно сделать вывод о соответствии значений основных параметров натурной и имитационной модели процессам, протекающим в МССС при предоставлении услуги передачи голосовой информации с верхней оценкой точности результатов $\pm 2\%$.

Заключение

При оценке результатов моделирования следует выполнять контроль соответствия получаемых при имитационном моделировании количественных значений основных характеристик услуги значениям, получаемым в ходе натурного моделирования с использованием сведений о совокупной нагрузке ресурсов МССС в соответствии с приведенным выше значениями.

Для повышения адекватности и достоверности модели услуги передачи голосовой информации возможно осуществление передачи заранее записанного голосового сообщения с использованием средств OMNeT++, например, от сервера:

```
**.sip_server.app[4].typename = "VoipStreamSender"
**.sip_server.app[4].localPort = 1000
**.sip_server.app[4].destAddress = "sip_client"
**.sip_server.app[4].destPort = 1000
**.sip_server.app[4].soundFile = "sends/send.wav"
```

к клиенту:

```
**.sip_client.app[1].typename = "VoipStreamReceiver"
**.sip_client.app[1].localPort = 1000
```

с записью результатов передачи:

```
**.sip_client.app[1].resultFile = "results/result.wav"
**.sip_client.numPcapRecorders = 1
**.sip_client.pcapRecorder[""].pcapFile = "results/sip_client.pcap"
```

и последующей оценкой, в том числе органолептической, полученных записей по значениям критериев качества предоставления услуги, приведенным в [15], и непосредственной разборчивости речи по критериям, приведенным в [16, 17, 18]. Однако рассмотрение процесса и результатов моделирования данного способа выходит за рамки настоящей статьи.

Предлагаемая имитационная модель услуги передачи голосовой информации может быть использована для оценки качества предоставления этой услуги в МССС при многофакторном вычислительном эксперименте, поскольку обладает достаточной точностью получаемых значений. В соответствии с предлагаемым [3] и в настоящей статье подходом целесообразно формирование имитационных моделей для ранее рассмотренных в [4] теоретико-множественных моделей услуг МССС, а также для новых услуг по мере их появления в МССС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральный закон Российской Федерации от 7 июля 2003 года № 126-ФЗ "О связи".
2. Постановление Правительства РФ от 24 января 2024 года № 59 "Об утверждении Правил оказания услуг телефонной связи".
3. Журавель Е.П., Соболев М.В. Имитационное моделирование услуги передачи данных мультисервисной сети связи // ПЕРВАЯ МИЛЯ. 2024. № 5. С. 60–66.
4. Журавель Е.П. Модели услуг мультисервисной сети связи // Технологии и средства связи. 2016. № 5. С. 41–46.
5. Программа и методики проведения контроля параметров качества услуг связи по передаче данных для целей передачи голосовой информации [Электронный ресурс]. URL: https://rkn.gov.ru/docs/Programma_i_metodiki_kontrolja_kachestva_uslug_peredachi_dannykh_golosovaja_informacija.pdf (дата обращения: 01.07.2024).
6. Программный VoIP-софтфон ЗСХ [Электронный ресурс]. URL: <https://www.3cx.ru/voip-phone/soft-phone/> (дата обращения 10.07.2024).
7. Gigaset C610 IP or C610A IP telephone [Электронный ресурс]. URL: <https://gse.gigaset.com/filter>

- [eadmin/legacy-assets/A31008-M2312-A601-1-UZ43_02-05-2011_en_AE.pdf](https://www.lastmile.su/eadmin/legacy-assets/A31008-M2312-A601-1-UZ43_02-05-2011_en_AE.pdf) (дата обращения 12.07.2024).
8. **Бобровский В.И.** и др. Расширенное администрирование сетевой операционной системы GNU/Linux. Администрирование сетевых служб: учебное пособие. СПб: СПбГУ. Т. 2022. 111 с.
 9. ITU-T Recommendation G.114. One-way transmission time [Электронный ресурс]. URL: https://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=e&id=T-REC-G.114-200305-!!!PDF-E (дата обращения 15.08.2024).
 10. BBF Technical Report 181. Device Data Model for CWMP Endpoints and USP Agents [Электронный ресурс]. URL: <https://www.broadband-forum.org/pdfs/tr-181-2-18-1.pdf> (дата обращения 01.09.2024).
 11. **Журавель Е.П.** Модели ресурсов мультисервисной сети связи // Технологии и средства связи. 2017. № 2/3. С. 23–29.
 12. OMNeT++ Discrete Event Simulator [Электронный ресурс]. URL: <https://omnetpp.org> (дата обращения: 05.09.2024).
 13. Chamberlain T. Learning OMNet++. Birmingham – Mumbai: Packt Publishing, 2013. 91 p.
 14. Virdis A., Kirsche M. Recent Advances in Network Simulation. The OMNeT++ Environment and its Ecosystem. Cham: Springer, 2019. 472 p.
 15. Методика оценки качества услуг подвижной радиотелефонной связи [Электронный ресурс]. URL: https://digital.gov.ru/uploaded/files/08062017nn-p_19-12345metodika-otsenki-kachestva-uslug-podvizhnoj-radiotelefonnoj-svyazi.pdf (дата обращения: 15.09.2024).
 16. ГОСТ 16600-72. Передача речи по трактам радиотелефонной связи. Требования к разборчивости речи и методы артикуляционных измерений. М.: Стандартинформ, 2007. 76 с.
 17. ГОСТ Р 50840-95. Передача речи по трактам связи. Методы оценки качества, разборчивости и узнаваемости. М.: Издательство стандартов, 1996. 234 с.
 18. ГОСТ Р 51061-97. Системы низкоскоростной передачи речи по цифровым каналам. Параметры качества речи и методы измерений. М.: Издательство стандартов, 1997. 24 с.

Разработчики "Авроры" провели первое глобальное партнерско-клиентское мероприятие



8–9 октября компания "Открытая мобильная платформа" провела в Москве свое первое глобальное партнерско-клиентское мероприятие. В конференции приняло участие более 1100 человек, было представлено 19 партнерских стендов и видеогрэвинг с планшетами на ОС "Аврора". С докладами выступило более 80 спикеров. Были продемонстрированы устройства от ведущих отечественных производителей: Fplus, "Байтэр", YADRO, "Масштаб" и "Аквариус".

Главной новостью события стало объявление о появлении гибридного рабочего места

на ОС "Аврора". При подключении телефона или планшета к монитору, клавиатуре и мышке интерфейс "Авроры" превращается в десктопную версию, которая напоминает привычный рабочий стол Windows. Все файлы с устройства доступны, как и раньше, а такие приложения, как браузер, офисный пакет, ВКС, начинают работать в режиме десктона. Потребность в таком гибридном рабочем месте огромная, так как оно позволяет избавиться от зоопарка устройств и использовать одно устройство для разных задач, которое будет и мобильным, и условно-стационарным. На стенде ОМП все желающие могли посмотреть, как выглядит прототип этого гибридного рабочего места.

Второй важной новостью стало направление развития, которое анонсировали со сцены во второй, клиентский день мероприятия, и назвали "Аврора+" – разнообразные устройства, в которых может использоваться платформа "Аврора".

Как отметил в докладе Павел Эйгес, генеральный директор "Открытой мобильной платформы", первоочередной целью развития экосистемы

"Аврора" является преодоление рубежа в один миллион активных пользователей мобильной платформы. Сегодня "Аврора" представляет собой крупную промышленную корпоративную мобильную бизнес-платформу, в составе которой представлено большое число различных программных продуктов. Более 100 компаний-партнеров участвуют в программе разработки ОМП, развивая полный стек корпоративных приложений для платформы "Аврора" в формате заказного и тиражного ПО.

Во второй части клиентского дня была проведена бизнес-панель "Опыт внедрения реальных проектов". Основным вопросом дискуссии стала степень мобильности российской экономики – можно ли считать ее таковой уже сейчас и если нельзя, то что необходимо сделать, чтобы двигаться в ее направлении. При этом тезис о неизбежности перехода к мобильной экономике поддержали все спикеры.

По информации
ООО "Открытая мобильная платформа"