



Сколковский институт науки и технологий

Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования
«Сколковский институт науки и технологий»

**Программное обеспечение
стека протоколов уровня L1-HighPHY/L2
базовой станции RAN 5G RUS
УСТАНОВКА И ЗАПУСК**

Страница проекта: <https://iot.skoltech.ru>

СОДЕРЖАНИЕ

Требования к аппаратному обеспечению распределенного модуля базовой станции 5G для запуска функций ПО L1-HighPHY/L2.....	3
Схема эталонного стенда для проведения испытаний распределённого модуля базовой станции 5G	5
Подготовка среды для обеспечения запуска на распределенном модуле функций ПО L1-HighPHY/L2.....	6
<i>Требования к ОС.....</i>	<i>6</i>
<i>Настройка операционной системы</i>	<i>7</i>
<i>Настройка сервисов операционной системы.....</i>	<i>8</i>
Установка дистрибутива	9
Установка лицензионного файла.....	9
Первоначальная настройка и запуск ПО.....	10
<i>Конфигурирование ПО стека протоколов уровня L1-HighPHY.....</i>	<i>10</i>
<i>Конфигурирование ПО стека протоколов уровня L2.....</i>	<i>12</i>
<i>Запуск.....</i>	<i>14</i>
<i>Логирование и контроль состояния.....</i>	<i>15</i>
Контактная информация.....	16

Требования к аппаратному обеспечению распределенного модуля базовой станции 5G для запуска функций ПО L1-HighPHY/L2

1. Сервер распределенного модуля базовой станции 5G (далее — распределенного модуля) на базе платформы Intel:
 - Процессор на Intel Xeon Scalable 2-го поколения или выше (2 шт)
 - Минимально рекомендуемые процессоры Intel Xeon Gold 6240R
 - Необходима поддержка инструкций процессора AVX512
 - Оперативная память с рекомендуемым объемом не менее 192 Гб
 - Твердотельный накопитель (SSD), с минимальным объемом 256 Гб
 - Сетевой адаптер Intel X710-DA4
 - Аппаратный ускоритель FEC (Forward Error Correction Acceleration Card) Intel ACC 100 для ускорения операций цифровой обработки сигналов ПО L1-HighPHY (функций FEC: LDPC Decoding/Encoding, RateMatching, HARQ)
2. В качестве централизованного модуля базовой станции 5G (далее — централизованного модуля) рекомендуется использовать сервер CU с ПО L3, разрабатываемым Сколковским институтом науки и технологий, на базе платформы Intel:
 - Процессора на Intel Xeon Scalable 2-го поколения или выше (2 шт)
 - Минимально рекомендуемые процессоры Intel Xeon Gold 6240R
 - Необходима поддержка инструкций процессора AVX512
 - Оперативная память с рекомендуемым объемом не менее 192 Гб
 - Твердотельный накопитель (SSD), с минимальным объемом 256 Гб
 - Сетевой адаптер Intel X710-DA4
 - Аппаратный ускоритель Intel QAT 8970 для ускорения функций криптографии, построенная на технологии Intel® QuickAssist (также подходит Intel QAT c628)

3. Сетевое оборудование

- Ethernet коммутатор 1Gb Base-T (Gigabit Ethernet)
- Комплект UTP патч-кордов категории 5e для организации доступа и передачи данных плоскости управления
- Коммутатор с необходимым количеством SFP+ портов при подключении более одного распределённого или централизованного модулей
- Комплект SFP+ трансиверов, либо соответствующих DAC кабелей для подключения канала передачи данных пользовательской плоскости в сторону централизованного модуля выполняющего функции ПО L3

4. Оборудование системы синхронизации

- Сервер синхронизации Microsemi TP4100 или аналогичный с поддержкой профилей PTP IEEE1588v2 (PTP Profile: G.8275.1 и G.8275.2) и поддержкой внешнего источника сигнала синхронизации от ГНСС ГЛОНАСС/GPS

5. Приёмопередающий модуль базовой станции 5G с открытым стандартизированным интерфейсом взаимодействия с DU (ORAN 7.2 CUS). В частности, на январь 2022 года протестирована работоспособность со следующими приёмопередающими модулями 5G:

- Radio Gigabit/Skoltech 5G O-RU 8T8R Band 79
- Foxconn 5G O-RU RPQN-78XX (4T4R Indoor pRRU Band n78)
- Foxconn 5G O-RU RHON-78XX (8T8R Outdoor pRRU Band n78)
- Foxconn 5G O-RU RPQN-79XX (4T4R Indoor pRRU Band n79)
- Foxconn 5G O-RU RHON-79XX (8T8R Outdoor pRRU Band n79)

6. Ядро сети 5GC (5G Standalone Core).

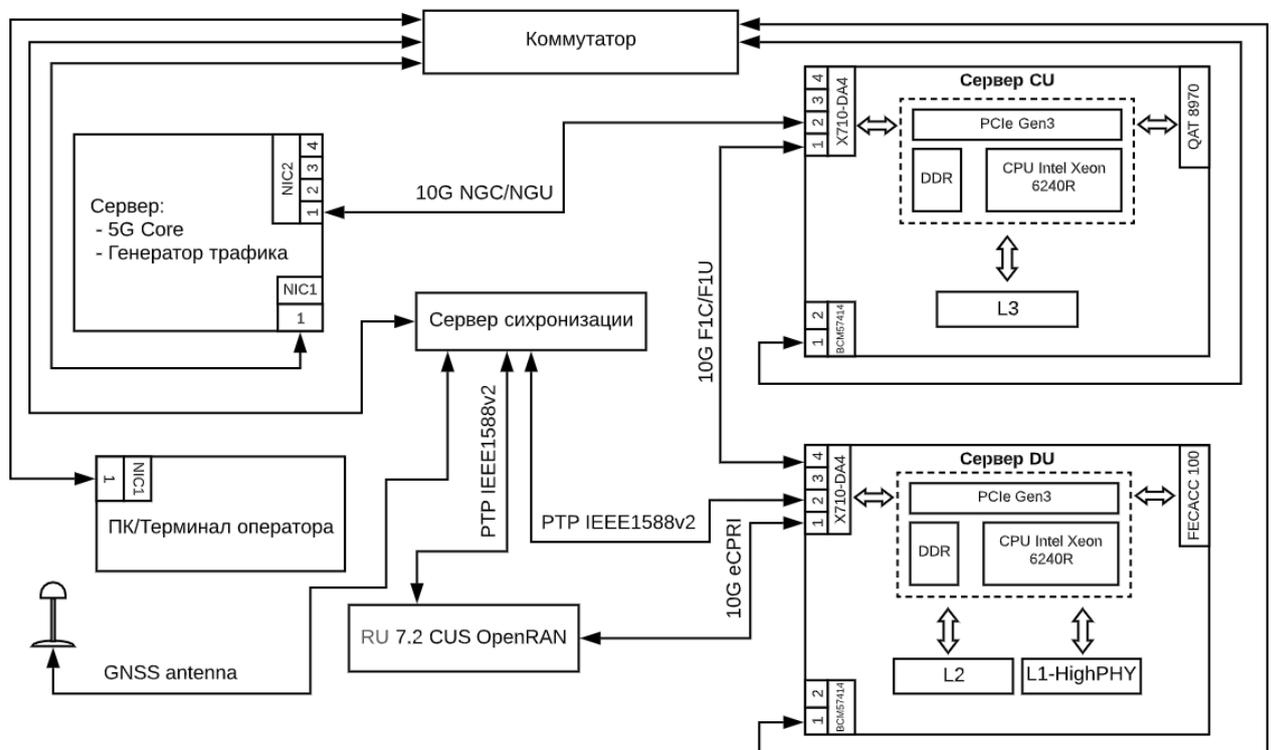
Для проведения испытаний необходимо обеспечить подключение к ядру сети 5GC через интерфейс NG, соответствующий спецификации ETSI TS 138 413 Release 16.3. Командой тестирования и интеграции Сколковского

института науки и технологий подтверждена совместимость с ядрами сети 5G следующих вендоров:

- Amarisoft (продукт: AMF/MME)
- Altran (продукт: ViNGC)
- Radisys (продукт: 5GCN)
- Huawei (продукт: UNC)
- Open5GCore
- Cumicore (продукт: 5GC)

Стоит отметить, что для максимальной совместимости с коммерческими абонентскими устройствами, ядро сети 5G должно иметь мультимедиа подсистему (IMS) для обеспечения функций VoNR.

Схема эталонного стенда для проведения испытаний распределённого модуля базовой станции 5G



Подготовка среды для обеспечения запуска на распределенном модуле функций ПО L1-HighPHY/L2

Требования к ОС

Для функционирования ПО требуется использовать Linux CentOS version 7.8.2003, версия ядра Linux 3.10.0-1127.19.1.rt56.1116.el7.x86_64

По умолчанию из дистрибутива устанавливается обычное ядро. Чтобы получить необходимую версию ядра, требуется выполнить следующие команды:

```
sudo yum --enablerepo=extras install epel-release
sudo yum install -y wget atool
cd /tmp
wget
https://buildlogs.centos.org/c7.1804.u.x86_64/tuned/20180820184932/2.9.0-1.el7_5.2.x86_64/tuned-2.9.0-1.el7_5.2.noarch.rpm
sudo yum remove tuned
sudo rpm -i tuned-2.9.0-1.el7_5.2.noarch.rpm
wget http://linuxsoft.cern.ch/cern/centos/7/rt/CentOS-RT.repo
wget http://ftp.riken.jp/Linux/cern/slc58/x86_64/RPM-GPG-KEYs/RPM-GPG-KEY-cern
sudo cp CentOS-RT.repo /etc/yum.repos.d/CentOS-RT.repo
sudo cp RPM-GPG-KEY-cern /etc/pki/rpm-gpg/RPM-GPG-KEY-cer
```

Чтобы получить необходимую версию ядра 7.8.2003(3.10.0-1127.19.1.rt56.1116.el7.x86_64), требуется выполнить следующие команды:

```
sudo yum install -y kernel-rt-3.10.0-1127.19.1.rt56.1116.el7.x86_64
sudo yum install -y kernel-rt-devel-3.10.0-1127.19.1.rt56.1116.el7.x86_64
```

После чего выполнить перезагрузку машины.

Настройка операционной системы

Для корректной работы ПО необходимо установить и настроить библиотеки **hugepages**.

Настройка страниц **hugepages** производится путем конфигурирования загрузчика операционной системы.

Для установки и настройки нужно выполнить следующие действия:

```
sudo yum -y install libhugetlbfs libhugetlbfs-utils  
hugeadm --page-sizes-all
```

В результате должны получить следующий вывод:

```
2097152 (2Mb)  
1073741824 (1Gb)
```

Проверить поддержку со стороны процессора 1G Hugepages:

```
cat /proc/cpuinfo | grep pdpe1gb | head -n 1
```

Далее необходимо заполнить конфигурационный файл `/etc/default/grub` следующим содержимым, а затем выполнить `grub2-mkconfig -o /boot/efi/EFI/centos/grub.cfg`, пример приведён ниже:

```
GRUB_TIMEOUT=5  
GRUB_DISTRIBUTOR="$(sed 's, release .*$,g' /etc/system-release)"  
GRUB_DEFAULT=saved  
GRUB_DISABLE_SUBMENU=true  
GRUB_TERMINAL_OUTPUT="console"  
GRUB_CMDLINE_LINUX="crashkernel=auto spectre_v2=retpoline  
rd.lvm.lv=centos/root rd.lvm.lv=centos/swap rhgb quiet intel_iommu=on  
iommu=pt usbcore.autosuspend=-1 selinux=0 enforcing=0  
nmi_watchdog=0 softlockup_panic=0 audit=0 intel_pstate=disable  
cgroup_memory=1 cgroup_enable=memory mce=off idle=poll  
hugepagesz=1G hugepages=50 hugepagesz=2M hugepages=20  
default_hugepagesz=1G processor.max_cstate=1 intel_idle.max_cstate=0  
isolcpus=1-14, rcu_nocbs=1-14 kthread_cpus=0,15 irqaffinity=0,15  
nohz_full=1-14 skew_tick=1 nohz=on nosoftlockup"  
GRUB_DISABLE_RECOVERY="true"
```

ВНИМАНИЕ! В строке выше необходимо указать достаточное количество ядер для параметров **isolcpus**, **nohz_full**, **rcu_nocbs**. Выше, в качестве примера указано 1-15 для 16 ядерного процессора. При использовании альтернативной конфигурации количество ядер выбирается в зависимости от конфигурации сервера.

По завершении настройки, нужно перезапустить машину.

После перезапуска выполнить команду:

```
hugeadm --pool-list
```

Вывод должен содержать следующее:

```
Size Minimum Current Maximum Default  
1073741824 16 16 16 *
```

Настройка сервисов операционной системы

Для корректной работы функций ПО, необходимо выполнить следующие действия.

Отключить сервис **firewalld**, выполнив следующие команды:

```
sudo systemctl stop firewalld  
sudo systemctl disable firewalld  
sudo systemctl mask --now firewalld
```

Отключить сервис **NetworkManager**, выполнив следующие команды:

```
sudo systemctl stop NetworkManager  
sudo systemctl disable NetworkManager
```

Отключить сервис **irqbalance**, выполнив следующие команды:

```
sudo systemctl stop irqbalance  
sudo systemctl disable irqbalance
```

Установка дистрибутива

1. Запросить архив с ПО L1-HighPHY/L2 у представителей Сколковского института науки и технологий

2. Распаковать архив `l2_11highphy.tar.gz`

```
tar -xvzf l2_11highphy.tar.gz
```

3. Запустить установку ПО L1-HighPHY/L2, выполнив следующие команды:

```
cd l2_11highphy && ./install.sh .
```

4. Дождаться завершения выполнения, при успешном завершении будет выведено следующее сообщение

Installation script complete successfully.

5. Убедиться в отсутствии ошибок время выполнения скрипта установки.

Установка лицензионного файла

1. Перейти в директорию с установленным ПО:

```
cd /usr/local/bin
```

2. Для генерации файла лицензии, необходимо получить файл с уникальными идентификаторами аппаратной платформы распределенного модуля, выполнив следующую команду:

```
sudo ./hardware_info /tmp/hwinfo.txt
```

3. В результате, в директории `/tmp` будет создан текстовый файл с именем ***hwinfo.txt*** приблизительно следующего содержания:

```
BOARD_SN=L1HF879019T  
MACHINE_ID=88bbd12a7f484f03b6485a1a2d5e6d30  
PRODUCT_SN=PC0WBQJ7  
PRODUCT_UUID=467f59cc-2df6-11b2-a85c-a4b61e3a629e
```

4. Передать файл ***hwinfo.txt*** представителям Сколковского института науки и технологий, в ответ будет выслан файл лицензии ***license.lic***.

5. Скопировать ***license.lic*** в директорию с `/usr/local/du/bin`.

Первоначальная настройка и запуск ПО

Конфигурирование ПО стека протоколов уровня L1-HighPHY

1. Убедиться, что распределенный модуль запущен.
2. Открыть консоль и установить ssh-соединение сервером. Для установки соединения использовать следующие параметры:
 - Login — user_name (имя пользователя),
 - Password — user_password (пароль пользователя),
 - Host_ip — host IP Address (IP-адрес распределенного модуля)
3. Включить режим администратора:
 - Ввести в консоли команду **sudo su**, используя пароль, указанный в пункте 2.
 - Об успешном выполнении команды можно понять по ключевому слову **root** в консоли.
4. Определить имя сетевого интерфейса, через который распределенный модуль подключен к приемопередающему модулю базовой станции 5G, и его MAC-адрес с помощью команды **ifconfig**, пример:

```
enp23s0f2 flags=4163<UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST> mtu 1500
inet6 fe80::6a05:caff:fe3a:f338 prefixlen 64 scopeid 0x20<link>
ether 68:05:ca:3a:f3:38 txqueuelen 1000 (Ethernet)
RX packets 0 bytes 0 (0.0 B)
RX errors 0 dropped 24826032 overruns 0 frame 0
TX packets 0 bytes 0 (0.0 B)
TX errors 0 dropped 0 overruns 0 carrier 0 collisions 0
```

5. Определить PCI-адрес аппаратного ускорителя FEC с помощью команды:

lspci | grep acc

Например:

```
[root@HW2-Silicom-DU ~]# lspci | grep acc
65:00.0 Processing accelerators: Intel Corporation Device 0d5c
```

6. Отредактировать файл `/usr/local/du/config/sys_config.txt`, изменив параметры:

- **PCI_ADDR_FEC** – на PCI-адрес аппаратного ускорителя FEC из п.5.
- **MAC_ADDR_FH** - на MAC-адрес сетевого интерфейса из п.4.
- **ETH_DEV_FH** – на имя сетевого интерфейса из п.4.

Пример итогового файла:

```
[STAND_PROPERTIES]
PCI_ADDR_FEC=65:00.0
MAC_ADDR_FH=68:05:ca:3a:f3:38
ETH_DEV_FH=enp23s0f2
```

7. Отредактировать файл `/usr/local/flexran/bin/nr5g/gnb/l1/phycfg_xran.xml`, изменив параметр:

- **dpdkBasebandDevice** –на PCI-адрес аппаратного ускорителя FEC из п.5, например:

```
<dpdkBasebandDevice>0000:65:00.0</dpdkBasebandDevice>
```

8. Перезагрузить аппаратную платформу распределенного модуля и повторно подключиться по ssh

9. Отредактировать файл `/usr/local/flexran/bin/nr5g/gnb/l1/xrancfg_sub6.xml`, изменив параметры:

- **PciBusAddoRu0Vf0** и **PciBusAddoRu0Vf1** – на PCI-адреса двух виртуальных сетевых функций интерфейса, уточнив их предварительно, используя команду:

```
lspci | grep Virtual
```

Пример вывода команды:

```
[user1@HW2-silicom-DU bin]$ lspci | grep Virtual
17:06.0 Ethernet controller: Intel Corporation Ethernet Virtual Function 700 Series (rev 02)
17:06.1 Ethernet controller: Intel Corporation Ethernet Virtual Function 700 Series (rev 02)
```

- Далее, необходимо внести полученные PCI-адреса устройств, в следующем порядке:

- **PciBusAddoRu0Vf0** — вторая виртуальная функция их списка,
 - **PciBusAddoRu0Vf1** — первая виртуальная функция из списка,
- например:

```
<PciBusAddoRu0Vf0>0000:17:06.1</PciBusAddoRu0Vf0>
<PciBusAddoRu0Vf1>0000:17:06.0</PciBusAddoRu0Vf1>
```

Конфигурирование ПО стека протоколов уровня L2

1. Убедиться, что распределенный модуль запущен.
2. Открыть консоль и установить ssh-соединение сервером. Для установки соединения использовать следующие параметры:
 - Login — user_name (имя пользователя),
 - Password — user_password (пароль пользователя),
 - Host_ip — host IP Address (IP-адрес распределенного модуля)
3. Включить режим администратора:
 - Ввести в консоли команду **sudo su**, используя пароль, указанный в пункте 2 выше.
 - Об успешном выполнении команды можно понять по ключевому слову **root** в консоли.
4. Установить необходимые файлы конфигурации, скопировав их в папку
/usr/local/cu/config/
5. Перейти в директорию */usr/local/cu/config/* с помощью команды:
cd /usr/local/cu/config
6. Отредактировать файл **netconf_du.xml**
(*/usr/local/du/config/netconf_du.xml*), изменив значения параметров **localIpAddress** и **remoteIpAddress** для интерфейсов F1 в сторону распределенного модуля, секции F1C_EP и EP_F1U для Control plane и User plane каналов передачи данных соответственно:

```
<F1C_EP>
  <objectClass>F1C_EP</objectClass>
  <objectInstance>0</objectInstance>
  <id>0</id>
  <userLabel>F1C_EP</userLabel>
  <farEndEntity>1</farEndEntity>
    <localIpAddress>9.9.9.2</localIpAddress>
    <localVlanId>007</localVlanId>
  <remoteAddress>9.9.9.1</remoteAddress>
</F1C_EP>
<EP_F1U>
  <id>0</id>
  <objectClass>EP_F1U</objectClass>
  <objectInstance>0</objectInstance>
  <userLabel>EP_F1U</userLabel>
  <farEndEntity>1</farEndEntity>
    <localIpAddress>9.9.9.2</localIpAddress>
    <localVlanId>007</localVlanId>
  <remoteAddress>9.9.9.1</remoteAddress>
</EP_F1U>
```

7. Запуск ПО L1-HighPHY/L2 осуществляется с помощью команды:

```
sudo service gnb_du_cl_dpdk restart
```

Запуск

После установки ПО L1-HighPHY/L2 не запускается автоматически (только после перезапуска системы).

Для изменения поведения можно воспользоваться скриптами настройки:

Для выключения автоматического запуска выполнить команду:

```
/usr/local/du/scripts/disable_auto_restart
```

Для включения автоматического запуска выполнить команду:

```
/usr/local/du/scripts/enable_auto_restart
```

Для ручного запуска сервиса выполнить команду:

```
sudo systemctl start gnb_du_cl_dpdk
```

Для ручной остановки сервиса выполнить команду:

```
sudo systemctl stop gnb_du_cl_dpdk
```

Для проверки состояния работы сервиса выполнить команду:

```
sudo systemctl status gnb_du_cl_dpdk
```

Пример нормального вывода работы команды:

```
[user1@HW2-Silicom-DU ~]$ sudo systemctl status gnb_du_cl_dpdk
● gnb_du_cl_dpdk.service - New Radio Standalone Distributed Unit Package version: gnb_du_cl_dpdk-2.5.2-24469.x86.64 trunk 2ed3d64ae4244348ff95153e83d79c8329db2804
   Loaded: loaded (/etc/systemd/system/gnb_du_cl_dpdk.service; enabled; vendor preset: disabled)
   Active: active (running) since Tue 2022-02-22 16:40:31 MSK; 6s ago
     Process: 3152 ExecStart=/bin/screen -dmS gnb_du_cl_dpdk /usr/local/du/bin/run_in_screen (code=exited, status=0/SUCCESS)
    Process: 3148 ExecStartPre=/usr/bin/bash -c /usr/bin/echo "
#####
#####START GNB_DU#####
#####"
" >> /var/log/5G-gNB/console_gnb_du_cl_dpdk.log (code=exited, status=0/SUCCESS)
     Process: 3146 ExecStartPre=/usr/local/du/bin/configure_dpdk (code=exited, status=0/SUCCESS)
    Main PID: 3154 (screen)
   CGroup: /system.slice/gnb_du_cl_dpdk.service
           └─3154 /bin/SCREEN -dmS gnb_du_cl_dpdk /usr/local/du/bin/run_in_screen
             └─3156 /bin/bash /usr/local/du/bin/run_in_screen
               └─3164 ./gnb_du
                 └─3165 tee -a /var/log/5G-gNB/console_gnb_du_cl_dpdk.log

Feb 22 16:40:31 HW2-Silicom-DU systemd[1]: Starting New Radio Standalone Distributed Unit Package version: gnb_du_cl_dpdk-2.5.2-24469.x86.64 trunk 2ed3d64ae4244348
Feb 22 16:40:31 HW2-Silicom-DU systemd[1]: Started New Radio Standalone Distributed Unit Package version: gnb_du_cl_dpdk-2.5.2-24469.x86.64 trunk 2ed3d64ae4244348
Feb 22 16:40:31 HW2-Silicom-DU gnodeb[3164]: EAL: Probing VFIO support...
Feb 22 16:40:31 HW2-Silicom-DU gnodeb[3164]: EAL: No legacy callbacks, legacy socket not created
Hint: Some lines were ellipsized, use -l to show in full.
```

Логирование и контроль состояния

Для просмотра логов ПО L2 используются следующие команды:

```
tail -f /var/log/5G-gNB/Console.log -n100  
tail -f /var/log/5G-  
gNB/boot_log_du_YY_MM_DD_hh_mm_ss_part_0.log -n100, где  
YY_MM_DD_hh_mm_ss – дата и время запуска сервиса  
tail -f /usr/local/du/bin/du_YY_MM_DD_hh_mm_ss_part_0.log -  
n100, где YY_MM_DD_hh_mm_ss – дата и время запуска сервиса  
Для просмотра логов confD используются следующие команды:  
tail -f /var/log/5G-gNB/confd_gnb_du_sub6_dpdk.log -n100  
tail -f /var/log/5G-gNB/netconf_gnb_du_cl_dpdk.log -n100
```

Для просмотра логов ПО L1-HighPHY используются следующие команды:

```
tail -f /var/log/5G-gNB/console_flexran.log -n100  
tail -f /var/log/5G-gNB/flexran_output.log -n100  
tail -f /var/log/5G-gNB/flexran_startup.log -n100
```

Контактная информация

Автономная некоммерческая образовательная организация высшего образования «Сколковский институт науки и технологий»/	Autonomous Non-Profit Organization for Higher Education “Skolkovo Institute of Science and Technology”
121205, г. Москва, территория инновационного центра «Сколково», Большой бульвар, д. 30 стр.1	121205, Moscow, territory of innovation center “Skolkovo”, Bolshoy Boulevard 30, bld. 1
ОГРН 1115000005922 ИНН/КПП/ 5032998454/773101001	OGRN 1115000005922 INN/KPP 5032998454/773101001
Тел.: +7 (495) 280-14-81	Tel.: +7 (495) 280-14-81
Эл. почта: wireless@skoltech.ru	E-mail: wireless@skoltech.ru
Документация для скачивания, а также информация по продукту размещена на сайте: https://www.skoltech.ru/ofis-transferaznaniy/programmnoe-obespechenie/	Documents and product details are available on the page: https://www.skoltech.ru/ofis-transferaznaniy/programmnoe-obespechenie/