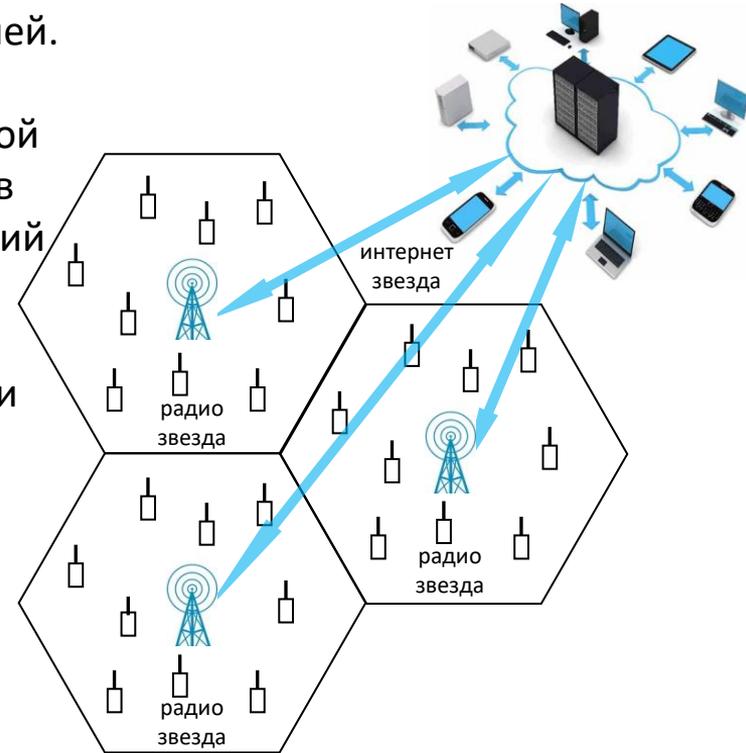


Анатолий Сартаков, к.т.н.

Синхронная узкополосная сеть связи SNBWAN

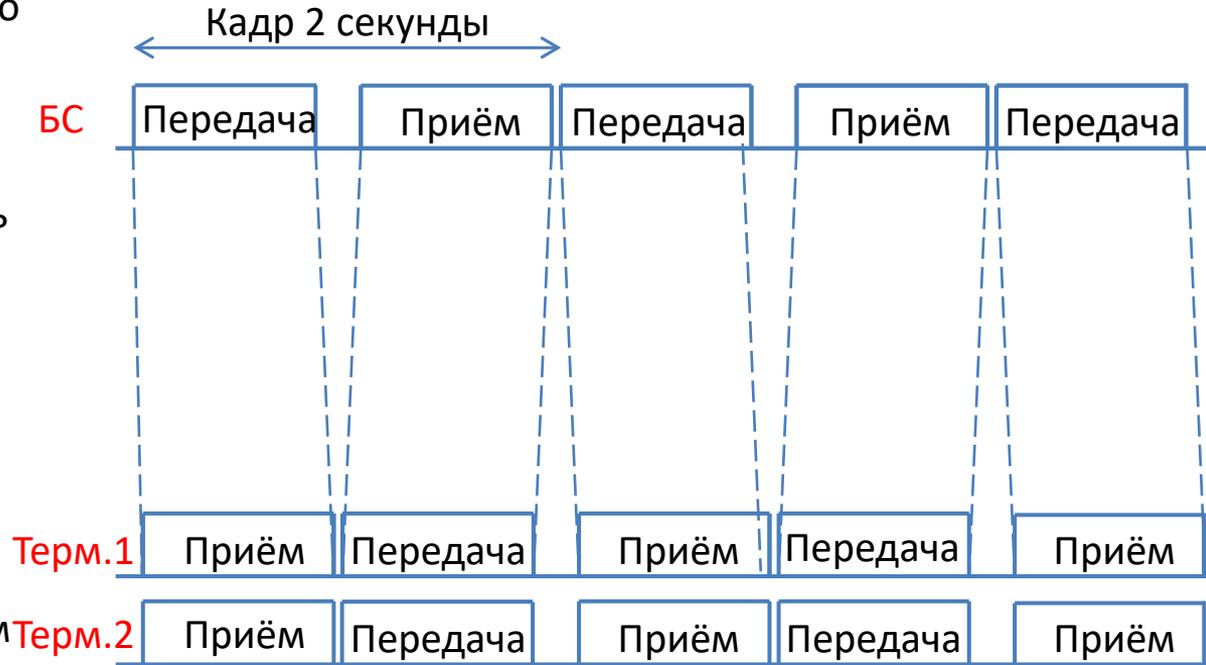
- ❖ SNBWAN – новая синхронная узкополосная LPWAN сеть для Интернета вещей с квазизамкнутой сетевой синхронизацией.
- ❖ Сетевая синхронизация позволяет:
 - предельно эффективно использовать частотно-временной ресурс при плотном размещении сигналов терминалов в частотной и временной области без зазоров и перекрытий для максимизации пропускной способности сети;
 - увеличить число обслуживаемых терминалов с регулярными передачами в сравнении с несинхронными UNB сетями (Sigfox, XNB, NB-Fi) – в 66 раз, в сравнении с LoRaWAN – в 2500 раз, а терминалов со случайными передачами в 4 раза и в 160 раз, соответственно;
 - значительно снизить затраты на инфраструктуру сети и обслуживание в расчёте на один терминал;
 - использовать псевдослучайную перестройку рабочей частоты (ППРЧ), которая в сочетании с эффективным кодированием обеспечивает устойчивость к многолучевой интерференции и сосредоточенным помехам.



Архитектура LPWAN сети –
«звезда из звёзд»

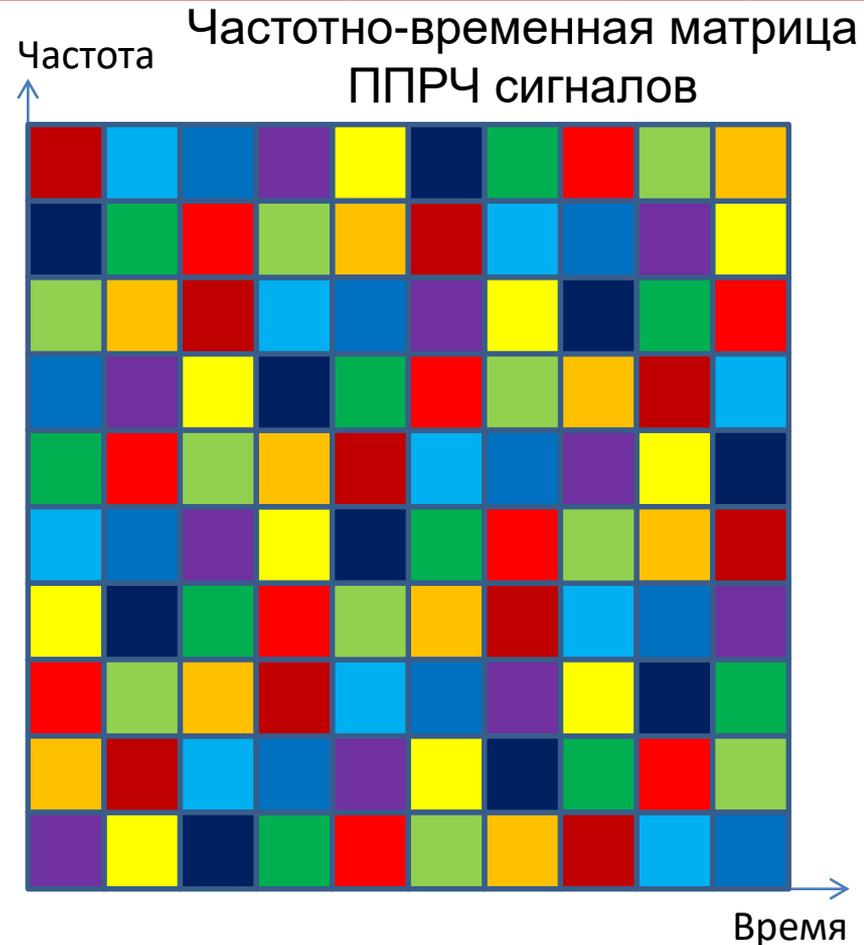
- ❖ В SNBWAN используется дуплекс с временным разделением. Базовые станции и терминалы передают по очереди в одной полосе частот.
- ❖ Терминалы с регулярными передачами «просыпаются» по внутренним часам, чтобы принять синхропакет перед собственной передачей.
- ❖ После передачи все терминалы принимают сообщение подтверждения приёма данных.
- ❖ При отрицательном подтверждении терминалы передают пакет повторно в одном из ППРЧ каналов случайного доступа с резервированием на одну передачу.

Временные диаграммы работы SNBWAN сети



256 терминалов передают одновременно в одной полосе частот шириной 125 кГц на разных ППРЧ каналах без взаимных помех

- ❖ В SNBWAN базовые станции передают синхропакет на фиксированной частоте а последующие данные в режиме быстрой ППРЧ.
- ❖ Терминалы все данные передают в режиме быстрой ППРЧ.
- ❖ При быстрой ППРЧ частота изменяется при передаче каждого следующего символа.
- ❖ Терминалы ячеек сетей с согласованным распределением ППРЧ каналов не создают помех приёму ни «своей» базовой станции, ни «чужой».
- ❖ Расширение базы сигнала методом ППРЧ в сочетании с кодированием более эффективно ослабляет помехи, чем методом ЛЧМ как у LoRa.
- ❖ SNBWAN обладает самой высокой пропускной способностью сети, при этом симметричной в обоих направлениях. Необходимая пропускная способность сети для передач базовых станций достигается излучением на нескольких несущих.



- ❖ В SNBWAN терминалы передают с эквивалентной изотропной мощностью (ЭИМ) 25 мВт, а базовые станции на каждом ППРЧ канале – с ЭИМ 100 мВт при 10-процентном ограничении рабочего цикла на каждой прыжковой частоте.
- ❖ Базовая станция ведёт передачу на 8 ППРЧ каналах. 4 канала используется для передачи подтверждений, другие - для передачи команд актуаторам, - для передачи служебных и пользовательских данных, - для дистанционного обновления прошивок.
- ❖ Скорость передачи данных нисходящей линии примерно равна минимальной используемой скорости передачи данных восходящей линии. Дальность действия радиолиний одинаковая и при минимальной скорости передачи в городских условиях составляет в среднем 10 км, за городом - 50 км.
- ❖ Обе радиолинии используют общую полосу частот шириной 125 кГц. Для построения одной сети со сплошным покрытием потребуется две таких полосы частот. В полосе частот 868,7-869,2 МГц можно разместить две сети SNBWAN, работающих на одной территории без взаимных помех.

f0 200 мс	Посимвольная ППРЧ
Синхропакет	Данные, 93 символа

Структура пакета физического уровня нисходящей линии

- ❖ SNBWAN является технологией для сетей Интернета вещей операторского класса, поскольку обладает самой высокой пропускной способностью среди известных LPWAN сетей.
- ❖ Однажды установленное сетевое оборудование SNBWAN будет эксплуатироваться много дольше оборудования других сетей без перегрузки при подключении новых абонентов.
- ❖ Сотовая ячейка SNBWAN обеспечивает наибольшую площадь покрытия, в городе до 200 кв. км, за городом до 5000 кв. км.
- ❖ SNBWAN – лучшая технология для спутникового Интернета вещей, ввиду необходимости высокой пропускной способности для большой зоны покрытия спутниковой базовой станции (радиус зоны 1700 км).
- ❖ Сеть SNBWAN допускает как стационарное, так и мобильное размещение терминалов. Для поддержания связи при самом большом ускорении движения автомобиля необходим приём всех синхропакетов, передаваемых базовой станцией с периодом 2 с.
- ❖ SNBWAN не требует сетевой поддержки передачи обслуживания между базовыми станциями.

Терминал



Платы базовой станции



Базовая станция



Основные характеристики сети SNBWAN

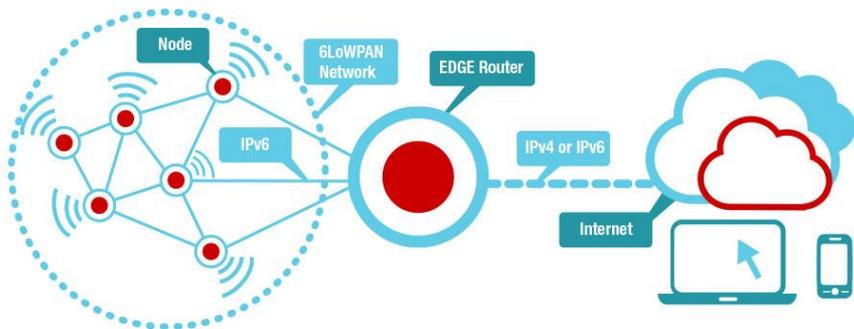
1. Диапазон частот, мощность передатчика:
 - восходящей линии 868,7-869,2 МГц, полоса частот (2x125) кГц, ЭИМ=25 мВ, быстрая ППРЧ - посимвольные прыжки по частоте
 - нисходящей линии 868,7-869,2 МГц, полоса частот (2x125) кГц, ЭИМ=100 мВт, рабочий цикл менее 10%, быстрая ППРЧ - посимвольные прыжки по частоте
2. Многоканальная передача в восходящей и нисходящей линиях
3. Скорость передачи данных в одном канале:
 - восходящей линии 113; 907; 7812; 62500 бит/с
 - нисходящей линии 122; 976; 7812; 62500 бит/с
4. Число каналов восходящей линии:
256, 32, 16, 2 зависит от скорости передачи данных
5. Метод модуляции:
 - восходящей линии 4FSK, $\pi/4$ DQPSK (зависит от скорости передачи данных)
 - нисходящей линии $\pi/2$ DBPSK – синхропакет; 4FSK, $\pi/4$ DQPSK – передача данных
6. Кодирование:
 - восходящей линии свёрточный код, $R=1/2$
 - нисходящей линии свёрточный код, $R=1/2$

Сравнение технологий беспроводной связи Интернета вещей

Технологии LR-WPAN (PHY/MAC - IEEE 802.15.4)

ZigBee
6LoWPAN
Wi-SUN

Многопрыжковая радиолиния. Mesh-сеть
Средняя скорость передачи
Малая дальность. Дорого



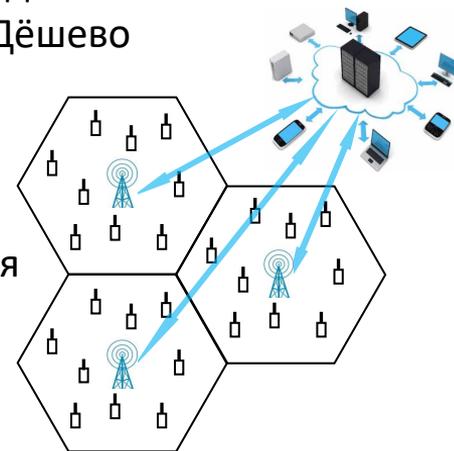
Технологии LPWAN

UNB – Sigfox, XNB, NB-Fi
LoRaWAN
Weightless, Telensa

Однопрыжковая радиолиния. Сеть «звезда»
Низкая скорость передачи
Большая дальность. Дёшево

SNBWAN

Относится к LPWAN но физический, MAC и LLC уровни могут использоваться для построения ячеистых и гибридных сетей



Сравнение SNBWAN с узкополосными несинхронными LPWAN-технологиями

UNB – Sigfox, XNB, NB-Fi

Узкополосные несинхронные сети

Случайный доступ к частотному и временному ресурсу -

- «чистая» ALOHA

Пропускная способность = 1 (условно)

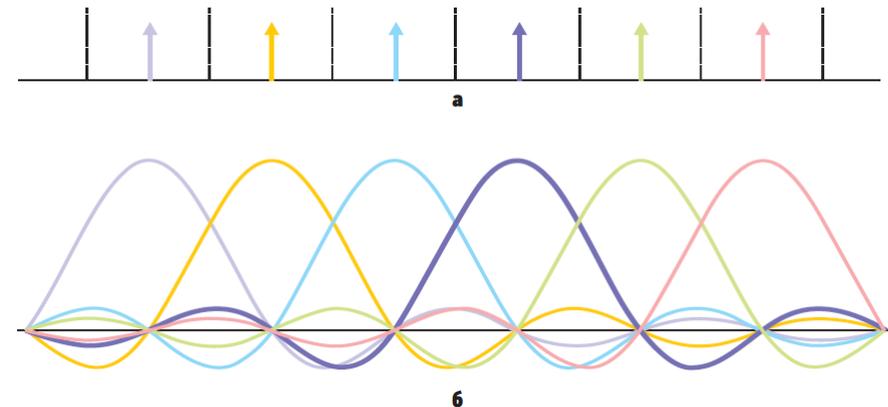
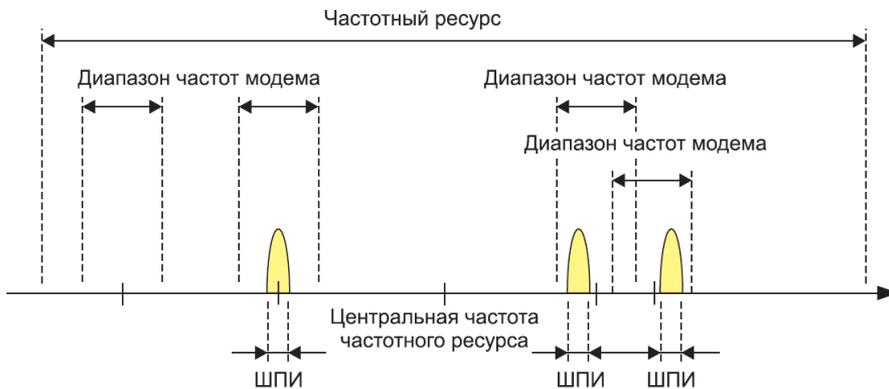
SNB - SNBWAN

Узкополосные синхронная сеть

Детерминированный доступ к частотному и временному ресурсу - относительная пропускная способность = 66

Случайный доступ - слотовая ALOHA

Относительная пропускная способность = 4



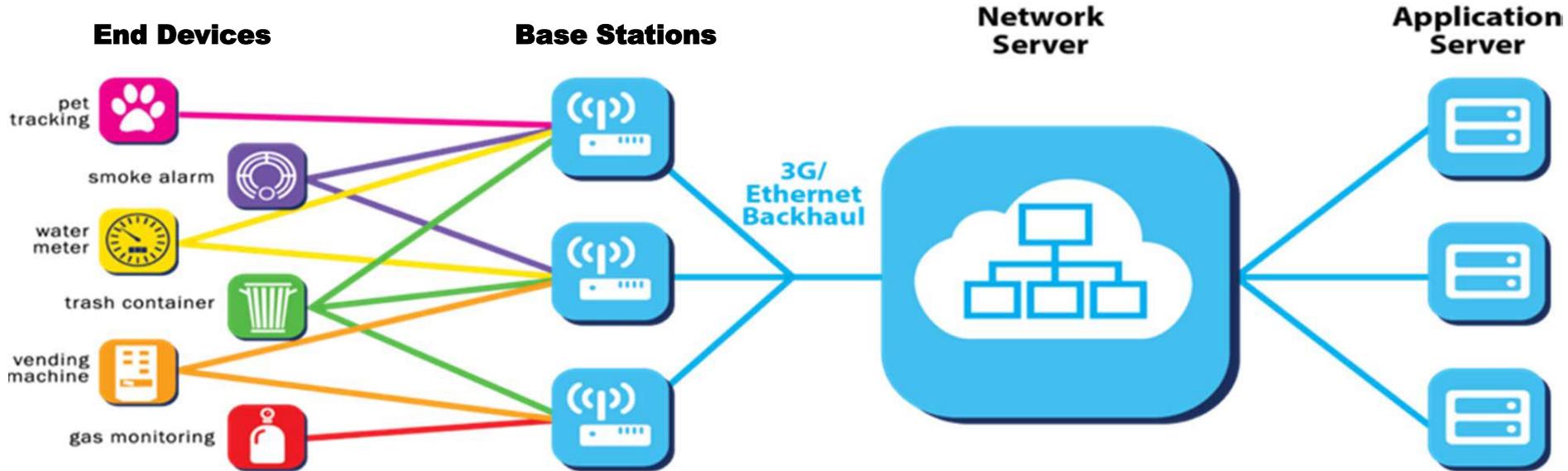
Сравнение SNBWAN с широко распространёнными LPWAN-технологиями

	<i>LoRaWAN</i>	<i>Sigfox</i>	<i>XNB, NB-Fi</i>	<i>Weightless</i>	<i>SNBWAN</i>
<i>Пропускная способность</i>	0,3%	1,5%	1,5%	10%	100%
<i>Эффективность использования времени</i>	12,2%	12,2%	12,2%	100%	100%
<i>Эффективность использования спектра</i>	2,4%	12,2%	12,2%	10%	100%
<i>Стоимость на один терминал</i>	100%	80%	80%	60%	20%
Тип сети связи	<i>несинхронный</i>	<i>несинхронный</i>	<i>несинхронный</i>	<i>синхронный</i>	<i>синхронный</i>

Цели и задачи продвижения технологии SNBWAN

- ❖ Стандартизация технологии международная и национальная.
- ❖ Широкое распространение технологии на основе открытого стандарта.
- ❖ Применение технологии SNBWAN во всех сферах, для которых рационально использование LPWAN:
 - индустриальный Интернет вещей в производственной сфере, в энергетике, в шахтах, карьерах, в сейсморазведке, в добыче и транспортировке нефти и газа, на транспорте, в т.ч., подключённом;
 - «Умный город» как услуга оператора сети: ЖКХ, централизованное управление светофорами, освещением улиц, зданиями, дверьми подъездов, лифтами, воротами, шлагбаумами, парковками, вывозом мусора, метео- и экологический мониторинг, сигнализация безопасности;
 - «Умный регион» как услуга оператора сети: агротехника, животноводство, мониторинг с целью предотвращения крупных лесных, степных пожаров, предсказание наводнений, сходов ледников;
 - глобальный спутниковый Интернет вещей как услуга оператора сети: все услуги IoT для арктических и других труднодоступных территорий по всему миру, подключённые корабли, самолёты, отслеживание активов: контейнеров и других грузов, глобальный мониторинг с целью предотвращения природных и техногенных чрезвычайных ситуаций, МЧС и медицина катастроф;
 - мониторинг состояния здоровья пациентов в стационаре и при амбулаторном наблюдении, мониторинг здоровья в спорте и фитнесе, «браслеты» при карантине и домашнем аресте;
 - в финансовой сфере - замена сотовой связи в терминалах обслуживания банковских карт.

Архитектура сети SNBWAN



Иерархия уровней модели информационной системы SNBWAN



Оконечное устройство (ОУ)



Модуль радиомодема (PM)



Базовая станция (БС)



Сетевой сервер (СС), БД



Прикладной сервер

Пользовательский

Прикладной

Представления

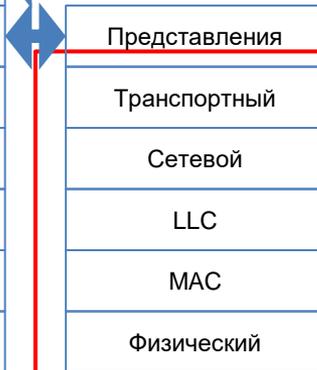
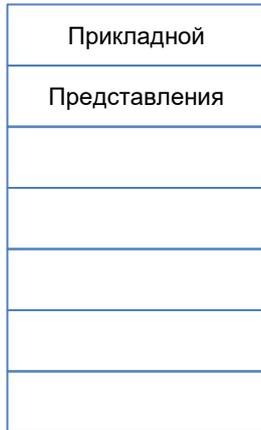
Транспортный

Сетевой

LLC

MAC

Физический



SNBWAN

Альянс SNBWAN на базе Научно-исследовательской и испытательной лаборатория инновационных инфокоммуникаций ПАО "Ростелеком" (открыта при поддержке Международного союза электросвязи)

<https://test-ict.tech/>

Научно-исследовательский и испытательный центр нового инфокоммуникационного оборудования, технологий и услуг

kirichek@sut.ru

+79219700160

Киричек Руслан Валентинович

д.т.н., доц., заведующий кафедрой программной инженерии и вычислительной техники СПбГУТ им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, заместитель начальника Научно-исследовательской и испытательной лаборатория инновационных инфокоммуникаций ПАО "Ростелеком"



Анатолий Сартаков. Тел.: +7(383)244-00-87, Моб.: +7-913-922-69-19
E-mail: kb-mars@yandex.ru