

Тактильный Интернет и Интернет Навыков

А.Е.Кучерявый, зав. кафедрой
сетей связи и передачи данных

Параметры качества обслуживания (ТфОП)

Потери на ступенях искания – $(2-5) 10^{-3}$

Потери из конца в конец - $\leq 5\%$

Ожидание зуммера “Ответ станции” –
 $\leq 5\text{с.}$

Параметры качества обслуживания (NGN)

Задержки (IPTD), 100мс

Джиттер (IPDV), 50 мс

Потери (IPLR), 10^{-3}

Ошибки (IPER), 10^{-4}

Методы обеспечения качества обслуживания У.1291

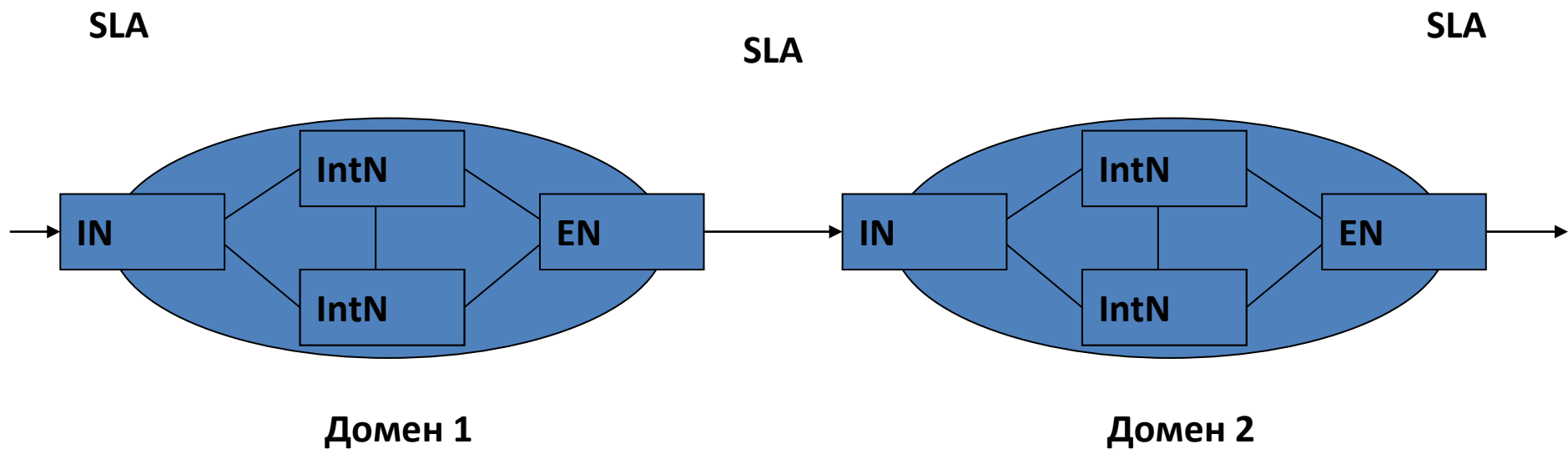
1. IntServ – интегральные услуги.
2. DiffServ – дифференцированные услуги.
3. MPLS – многопротокольная коммутация по метке.
4. IP Cablecom Dynamic QoS – динамическая поддержка параметров QoS.

Обеспечение качества обслуживания в NGN Y.1291:

NGN – гетерогенная сеть: базовая IPсеть + Ethernet сети (WiFi, WiMax) + Zig Bee сети (сенсорные) и т.д.

Механизм обеспечения качества: DiffServ

Архитектура DiffServ



Элементы DiffServ

Ingress Node – входящий пограничный узел.

Мониторинг нагрузки (соответствие заявленному профилю), маркировка пакетов (управление полем DSCP), сглаживание нагрузки (оптимизация обслуживания за счет снижения пачечности трафика), сброс нагрузки (защита от перегрузок).

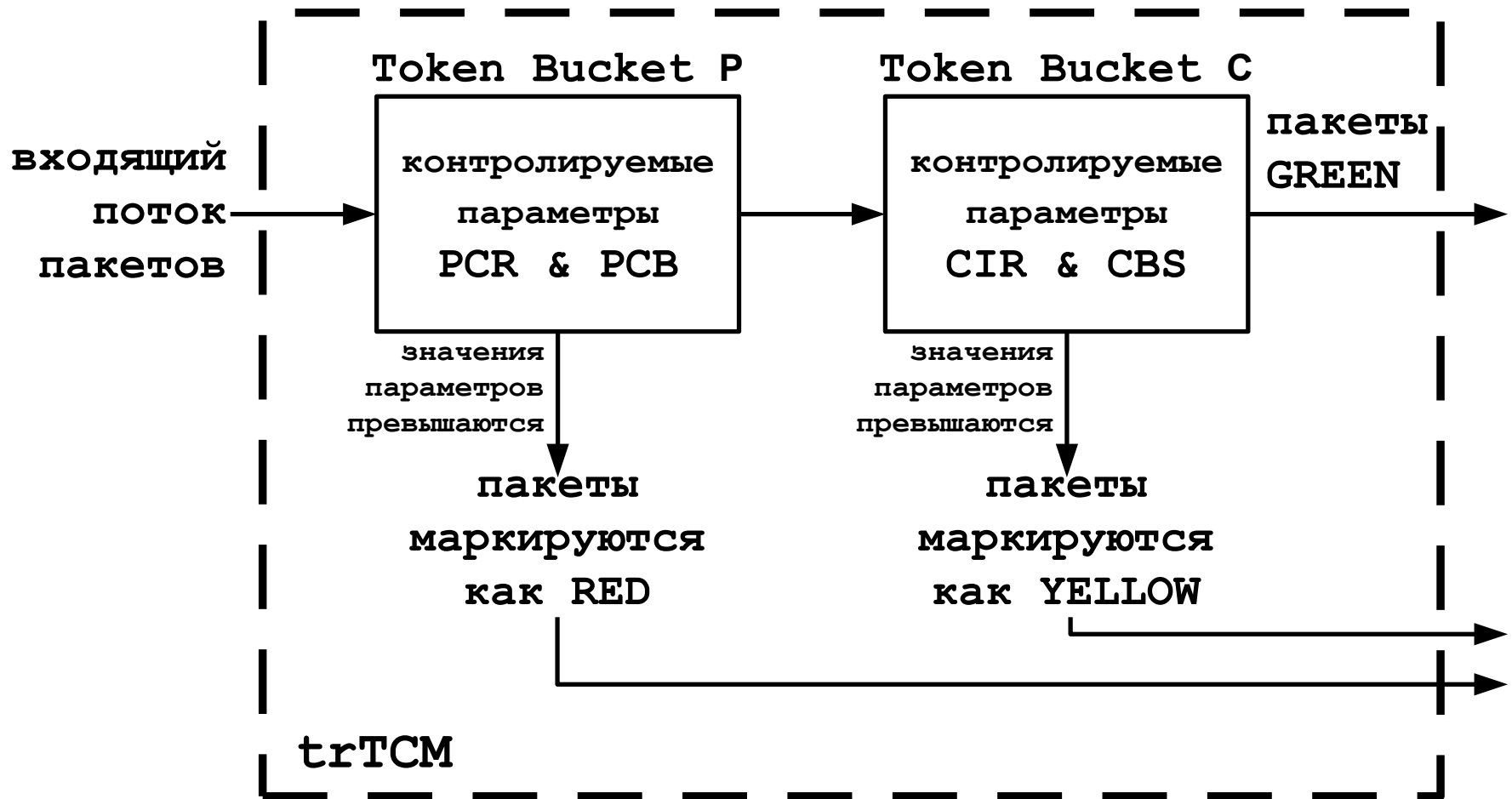
Interior Node – перенаправление нагрузки.

Egress Node – исходящий пограничный узел.

Поддержка SLA, соблюдение профиля трафика.

Методы: мониторинг, маркировка, сглаживание (Tr TCM), управление очередями для дифференциации и сброса нагрузки (FRED).

Алгоритм trTCM



Алгоритм FRED

- Три типа нагрузки:
 - аддитивная,
 - неаддитивная,
 - хрупкая.

Типы PNB

PNB (Per Hop Behavior) – поведение на переходе.

PNB EF (Expedited Forwarding) – быстрое перенаправление, QoS как в ненагруженной сети.

PNB AF (Assured Forwarding) – гарантированное перенаправление, различные классы обслуживания.

В заголовке IP пакета поле ToS (Type of Service) в DiffServ отводится для DSCP (DiffServ Code Point), до 64 классов обслуживания.

PNB Default – Best Effort

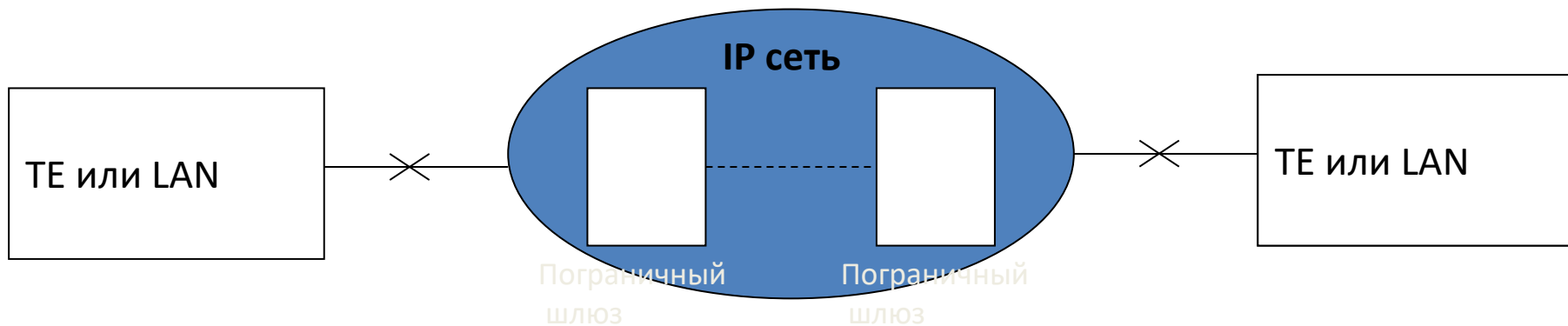
Классы качества обслуживания по Y.1541

- 0 - для услуг реального времени, чувствительных к джиттеру,
- 1 - для услуг реального времени, чувствительных к джиттеру, с меньшей степенью интерактивности,
- 2 - для услуг передачи данных с высокой степенью интерактивности,
- 3 - для услуг передачи данных с меньшей степенью интерактивности,
- 4 - для услуг, допускающих низкий уровень потерь,
- 5 - для услуг наилучшей попытки (Best Effort).

Нормы на параметры(1), Y.1541

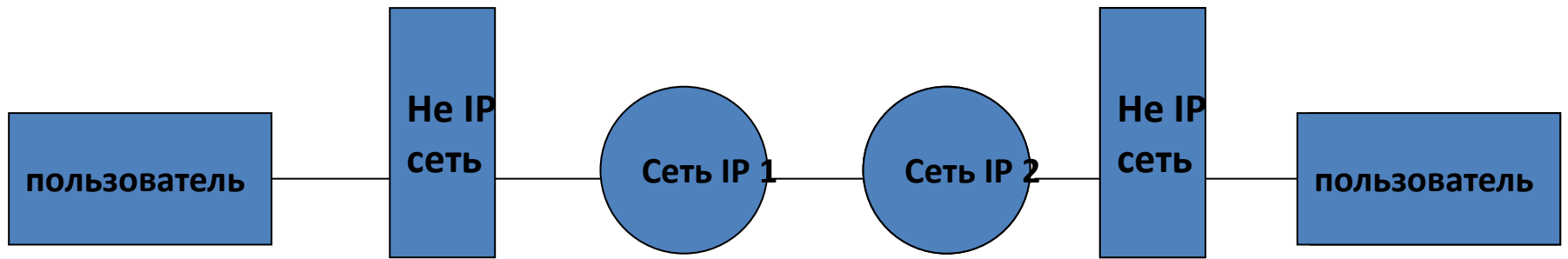
Параметр	Класс качества обслуживания					
	0	1	2	3	4	5
IPTD	100мс	400мс	100мс	400мс	1с	Н
IPDV	50мс	50мс	Н	Н	Н	Н
IPLR	$1 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-3}$	$1 \cdot 10^{-3}$	Н
IPER	$1 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$	$1 \cdot 10^{-4}$	Н

Определение параметров Y.1540 и Y.1541 на сети

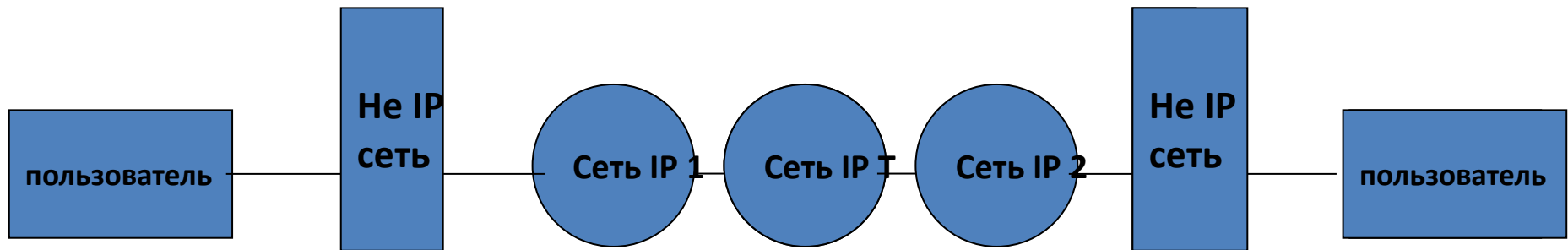


Задержки и джиттер для классов обслуживания 0 и 1

Шлюзы и маршрутизаторы	Средняя задержка (сумма задержек очереди и процессинга)	Вариация задержки (джиттер)
Шлюз доступа	10 мс	16 мс
Межсетевой шлюз	3 мс	3 мс
Маршрутизатор сети распределения	3 мс	3 мс
Маршрутизатор базовой сети	2 мс	3 мс



**Эталонная модель сети для расчета задержек
(класс 0, расстояние до 5000 км)**



**Эталонная модель сети для расчета задержек
(класс 1, расстояние 27500 км)**

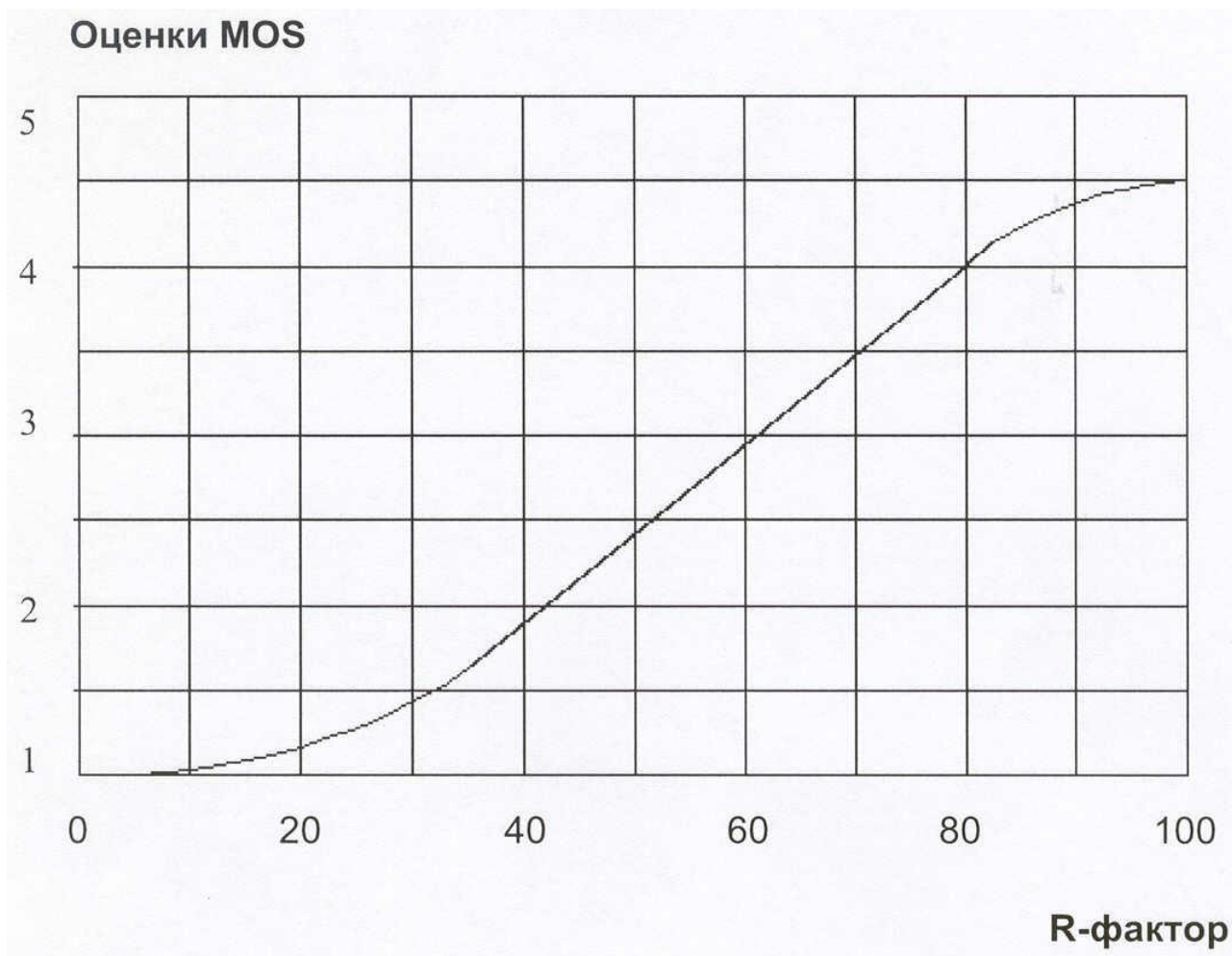
Распределение параметров QoS (класса 0)

Element	Unit	IPTD/ Unit	Ave IPTD
Distance	4070 km		
Route	5087.5 km		25
Insertion Time	200 bytes (1500 bytes)		1 (8)
Non IP Net 1			15
IP Net 1			
Access, N_A	1	10	10
Distribution, N_D	1	3	3
Core, N_C	2	2	4
Internetwork GW, N_I	1	3	3
IP Net 2			
Access, N_A	1	10	10
Distribution, N_D	1	3	3
Core, N_C	4	2	8
Internetwork GW, N_I	1	3	3
Non IP Net 2			15
Total, ms			100

Значение R-фактора

Значение R-фактора	Категория качества и оценка пользователя	Значение оценки MOS
90 < R < 100	Самая высокая	4,34 – 4,50
80 < R < 90	Высокая	4,03 – 4,34
70 < R < 80	Средняя (часть пользователей оценивает качество как неудовлетворительное)	3,60 – 4,03
60 < R < 70	Низкая (большинство пользователей оценивает качество как неудовлетворительное)	3,10 – 3,60
50 < R < 60	Плохая (не рекомендуется)	2,58 – 3,10

Функциональная зависимость между MOS и R-фактором



Значения R-фактора при различных задержках

Сетевая задержка	Задержка в терминалах	Общая задержка	R-фактор, без потерь пакетов	R-фактор, 0,1% потерь пакетов	Класс QoS
100	50	150	89.5	87.6	0
100	80	180	87.8	87.5	0
150	80	230	81.9	81.5	1
233	80	313	71.1	70.7	1

Значения R-фактора при различных задержках

Сетевая задержка	Задержка в терминалах	Общая задержка	R-фактор, без потерь пакетов	R-фактор, 0,1% потерь пакетов	Класс QoS
100	50	150	89.5	87.6	0
100	80	180	87.8	87.5	0
150	80	230	81.9	81.5	1
233	80	313	71.1	70.7	1

Качество обслуживания для WiFi

IEEE 802.11e.

1. Категории доступа (AC) – 4.
2. Пользовательские приоритеты – 8.
3. Монопольное владение каналом (TXOP – период без конкуренции).
4. Арбитражный интервал (AIFS).

Новые виды трафика

Игры в реальном времени

Услуги e-health

Классы качества обслуживания (3GPP TS 23.203)

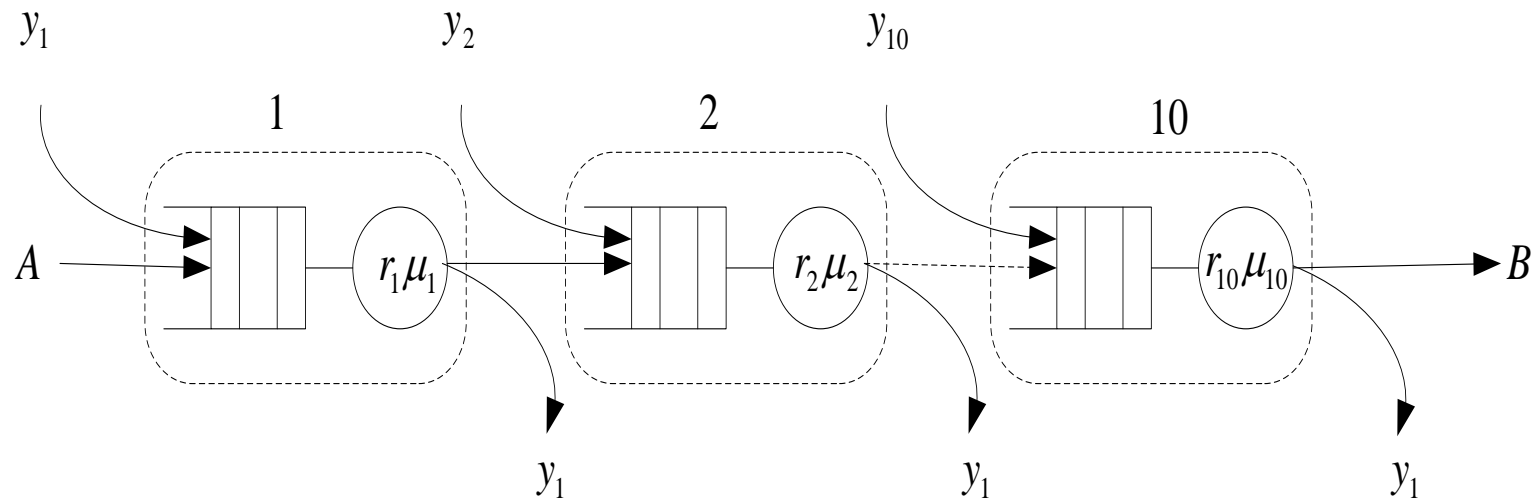
Приоритет	Задержки	Потери	Приложения
1	100 мс	10^{-6}	Сигнализация IMS
2	100 мс	10^{-2}	VoIP
3	50 мс	10^{-3}	Игры в реальном времени
4	150 мс	10^{-3}	Видеозвонки
5	300 мс	10^{-6}	Потоковые услуги
6	300 мс	10^{-6}	Web
7	100 мс	10^{-3}	Интерактивные игры
8	300 мс	10^{-6}	e-mail
9	300 мс	10^{-6}	Загрузка файлов

Параметры качества обслуживания

Услуга e-health	Скорость доступа	Задержки	Потери
Физиологический мониторинг в реальном времени	10 – 100 кбит/с	< 300 мс	10^{-6}
Аудио и видео системы, в том числе для оперативного вмешательства	10 кбит/с – 1Мбит/с	10 мс – 250 мс	10^{-4}
Доступ к базе данных пациента (например, с мобильного устройства)	1 – 10 Мбит/с	< 1с	Услуга толерантна к потерям

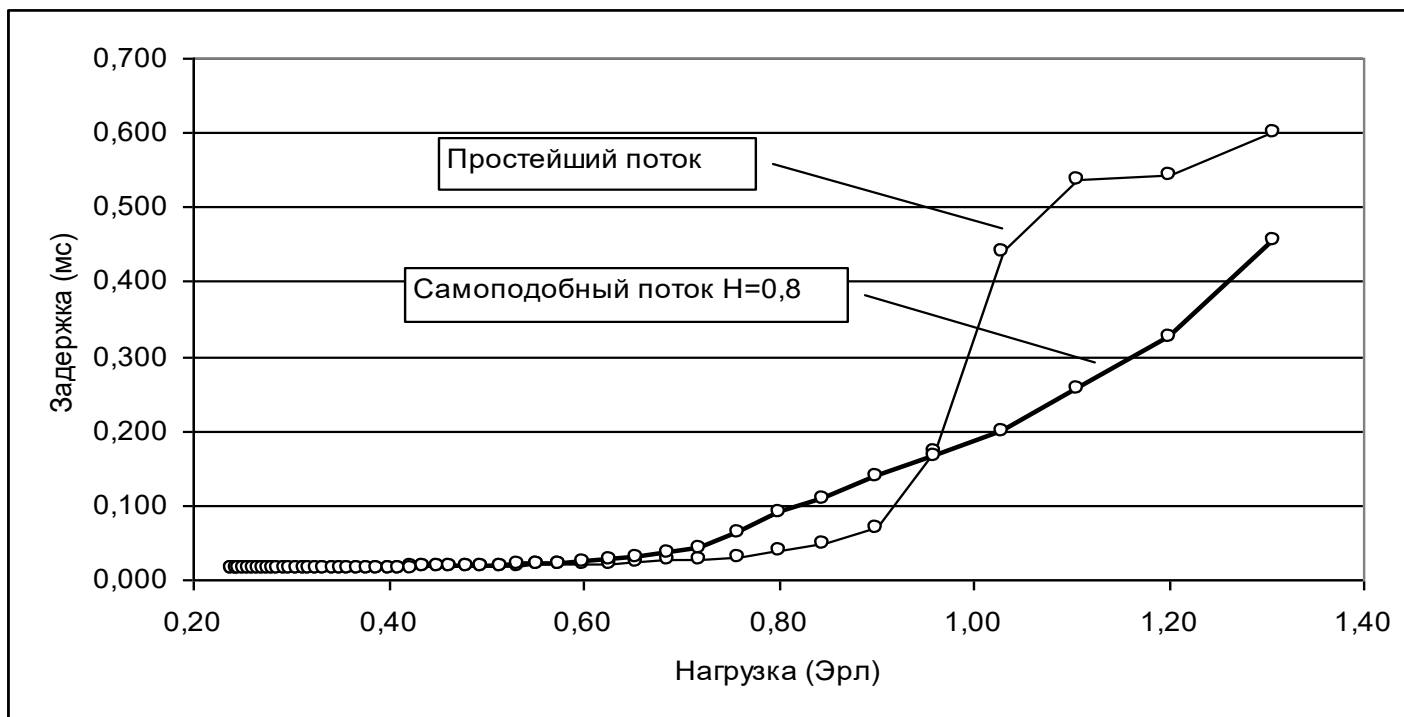
ITU-T Draft Recommendation. M2M enabled ecosystems: e-health.

Сети с малыми и сверхмалыми задержками

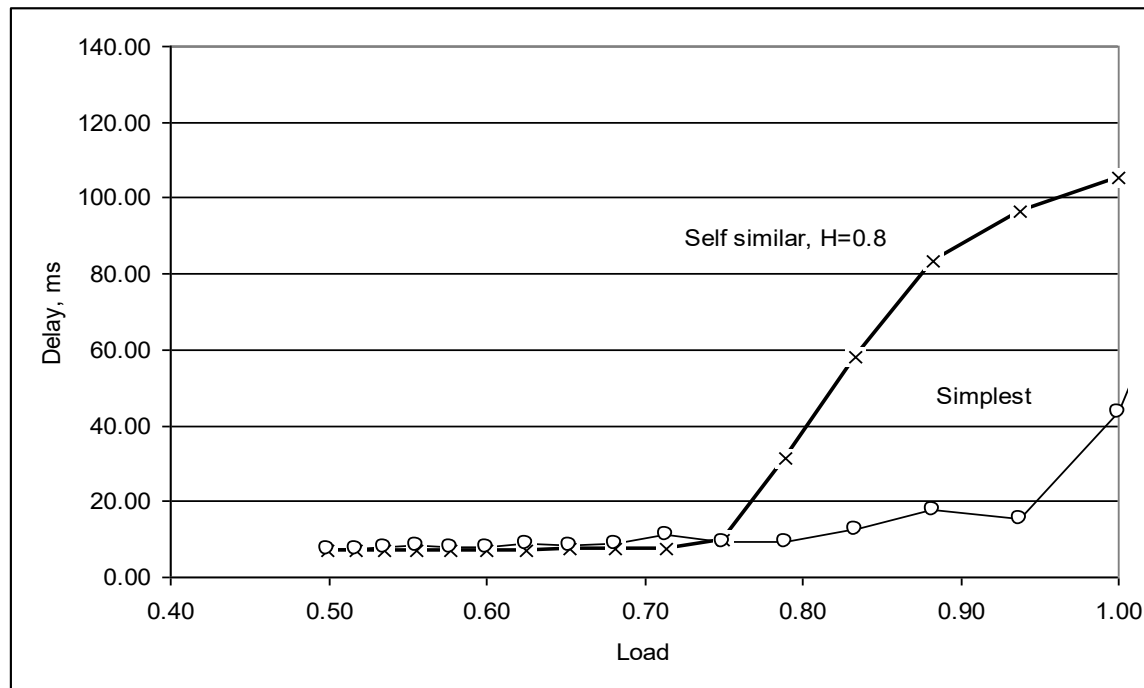


10 узлов, скорость передачи для 2-9 узлов 10 Гбит/с, для 1-2 и 9-10 – 4 Мбит/с

Задержки для участка 10 Гбит



Задержки для сети доступа (4Мбит/с)



Тактильный Интернет

Слух – 100мс

Зрение – 10 мс

Тактильное ощущение – 1 мс

Задержки в сетях связи

$$T = R \times \tau + \Theta$$

Эволюция задержек

Наименование сети	Значение задержки
NGN	100 мс
Медицинские сети	10 мс
Тактильный Интернет	1 мс

Эволюция скоростей

Наименование сети	Скорость на доступе	Скорость на магистральном участке
NGN	Мбит/с	Гбит/с
Сети связи с малыми задержками	Гбит/с	Тбит/с
Тактильный Интернет	Тбит/с	Пбит/с

Приложения Тактильного Интернета

1. Дополненная реальность.
2. Медицинские сети.
3. Чрезвычайные ситуации.

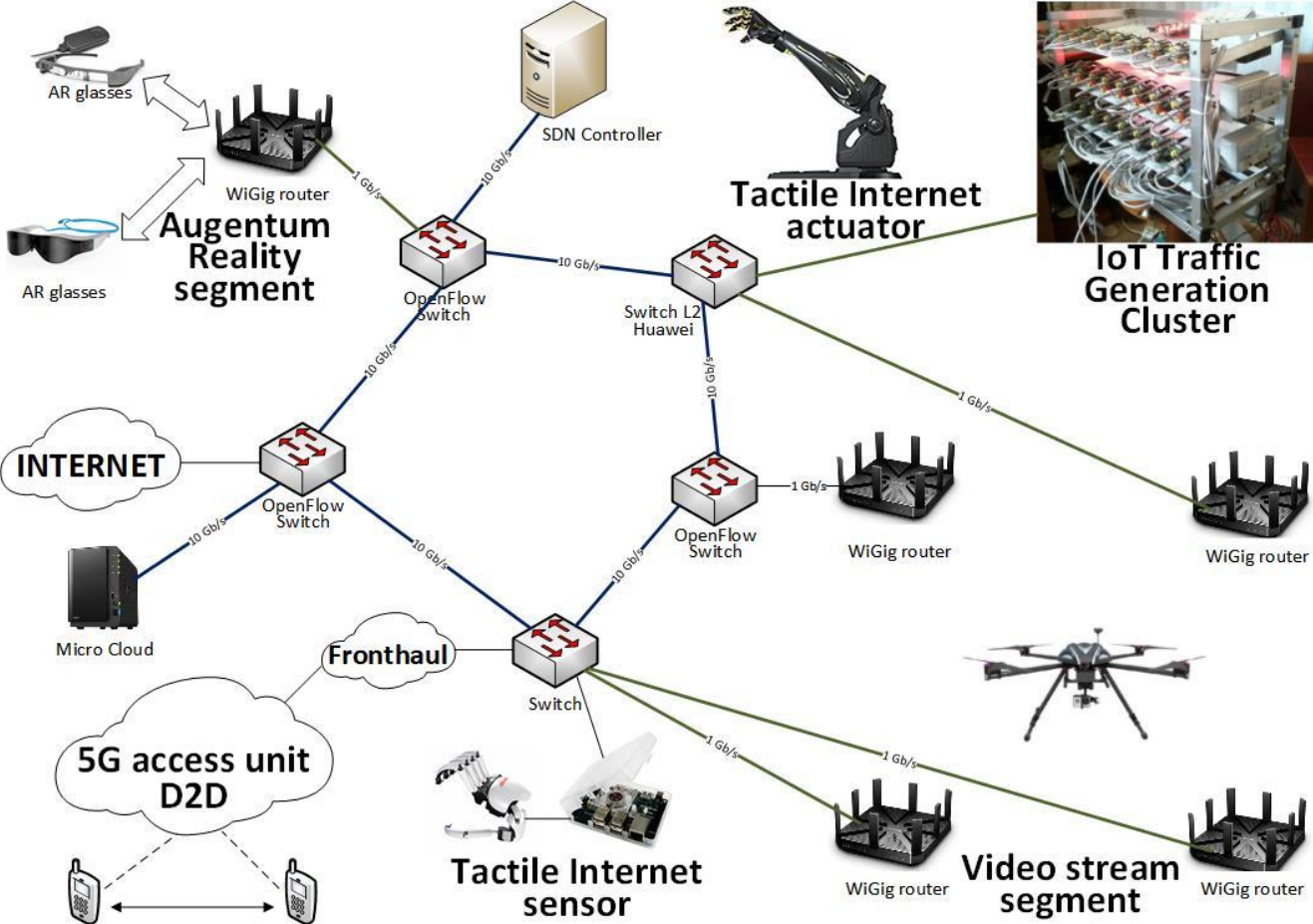
Архитектура сети

1. Децентрализация контента.
2. Облака на уровне города и муниципальных структур.
3. Сверхширокополосные сети доступа.

Ключевые особенности сетей связи пятого поколения

- Сверхплотные сети (1 млн устройств на кв.км) – Интернет Вещей
- Сети связи с ультрамалыми задержками (традиционные сети – 100мс) – 1 мс
Тактильный Интернет

Новый научный инструментарий



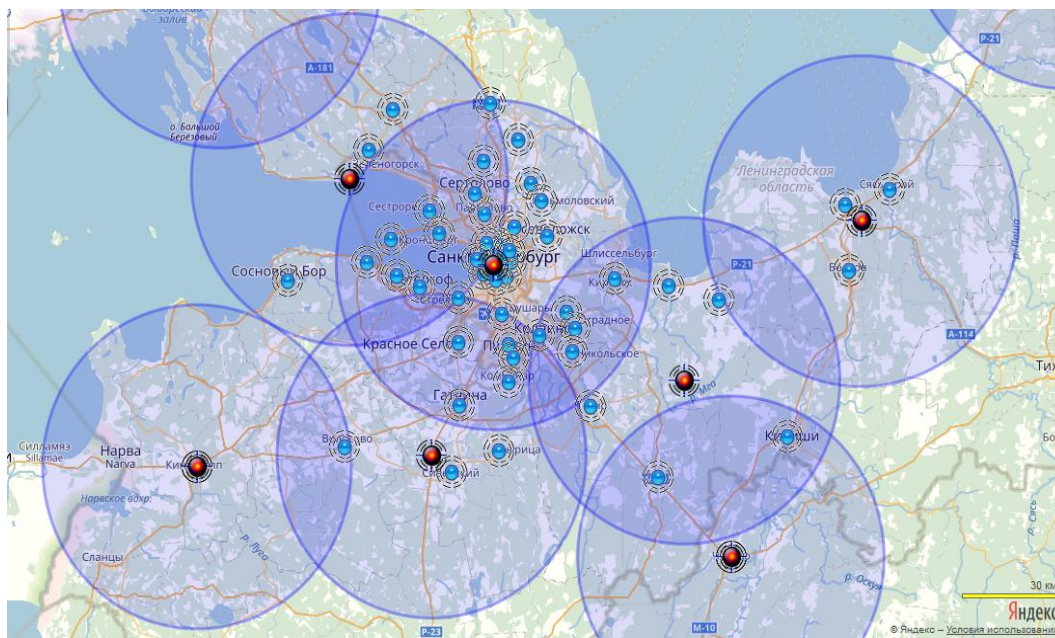
Сегмент Интернета Вещей (*)

- Сверхплотные сети:
 - децентрализация сети (новые взаимодействия D2D),
 - принципиально другие потоки трафика вследствие детектирования массовых событий (антиперсистентные, теории пока нет), устойчивость сети.

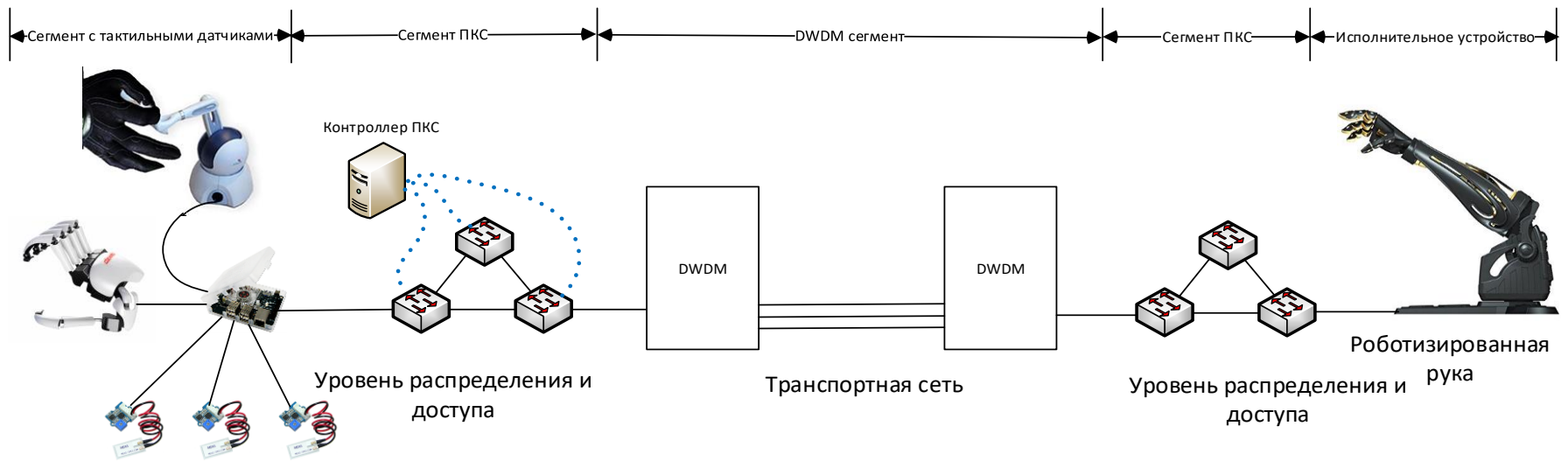
Сегмент Тактильного Интернета (*)

- Фундаментальные ограничения на расстояния, на которых могут быть оказаны услуги.
- Децентрализация сети и экономики (?!)
- Преодоление цифрового разрыва для различных территорий Российской Федерации

Кластеризация сети при внедрении услуг Тактильного Интернета



Модельная сеть для Тактильного Интернета



Тактильная перчатка



Приложения Интернета Вещей и Тактильного Интернета – дополненная реальность(*)

- Дополненная реальность:
 - визуализация информации об Интернет вещах,
 - визуализация информации о внешнем мире с использованием БПЛА или иных вспомогательных средств,
 - управление Интернет вещами в реальном времени.

Приложения Интернета Вещей и Тактильного Интернета – сегмент летающих сетей(*)

- Летающие сети:
 - обеспечение требуемой связности сети, в том числе в условиях чрезвычайных ситуаций,
 - обеспечение функционирования сетей в условиях массовых событий, в том числе за счет летающих базовых станций,
 - обеспечение предоставления новых услуг в труднодоступных, малонаселенных районах, а также вдоль протяженных объектов, например, дорог.

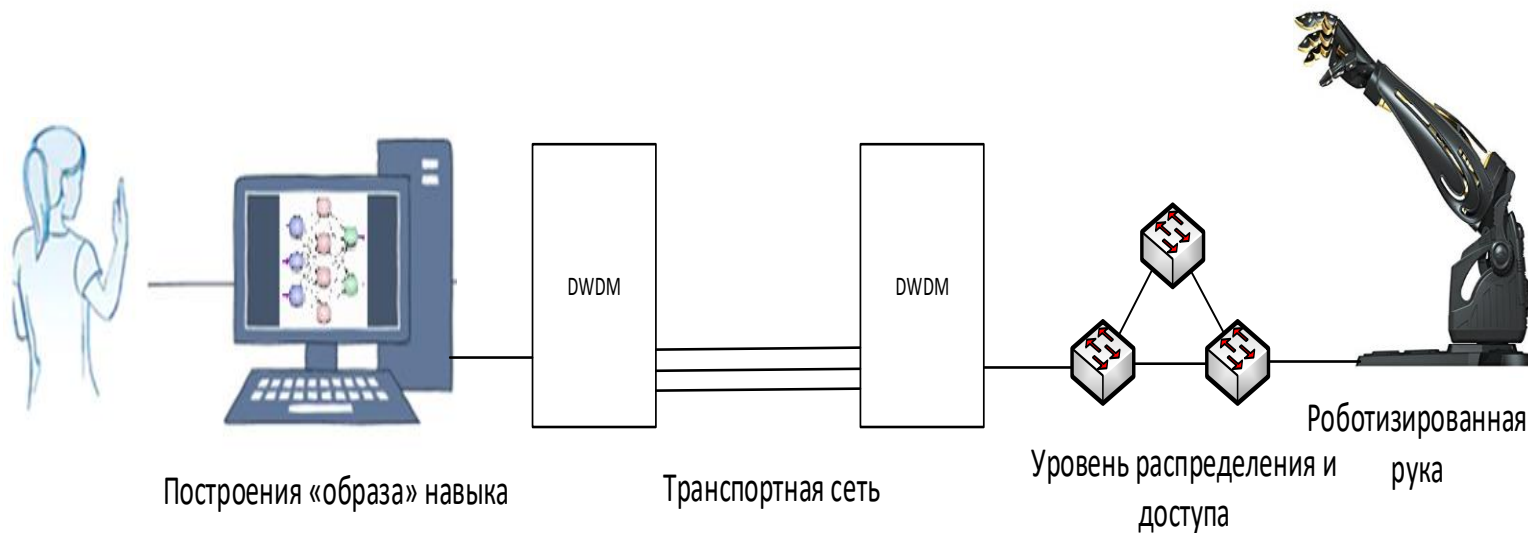
Будущее: Интернет навыков

Интернет Навыков как концепция позволяет реализовать в сетях 5G новые классы услуг, позволяющие использовать такую сеть для приобретения людьми и робототехническими устройствами новых навыков, в первую очередь профессиональных, что должно позволить принципиально изменить в лучшую сторону образовательную деятельность в целом и дополнительное образование в частности.

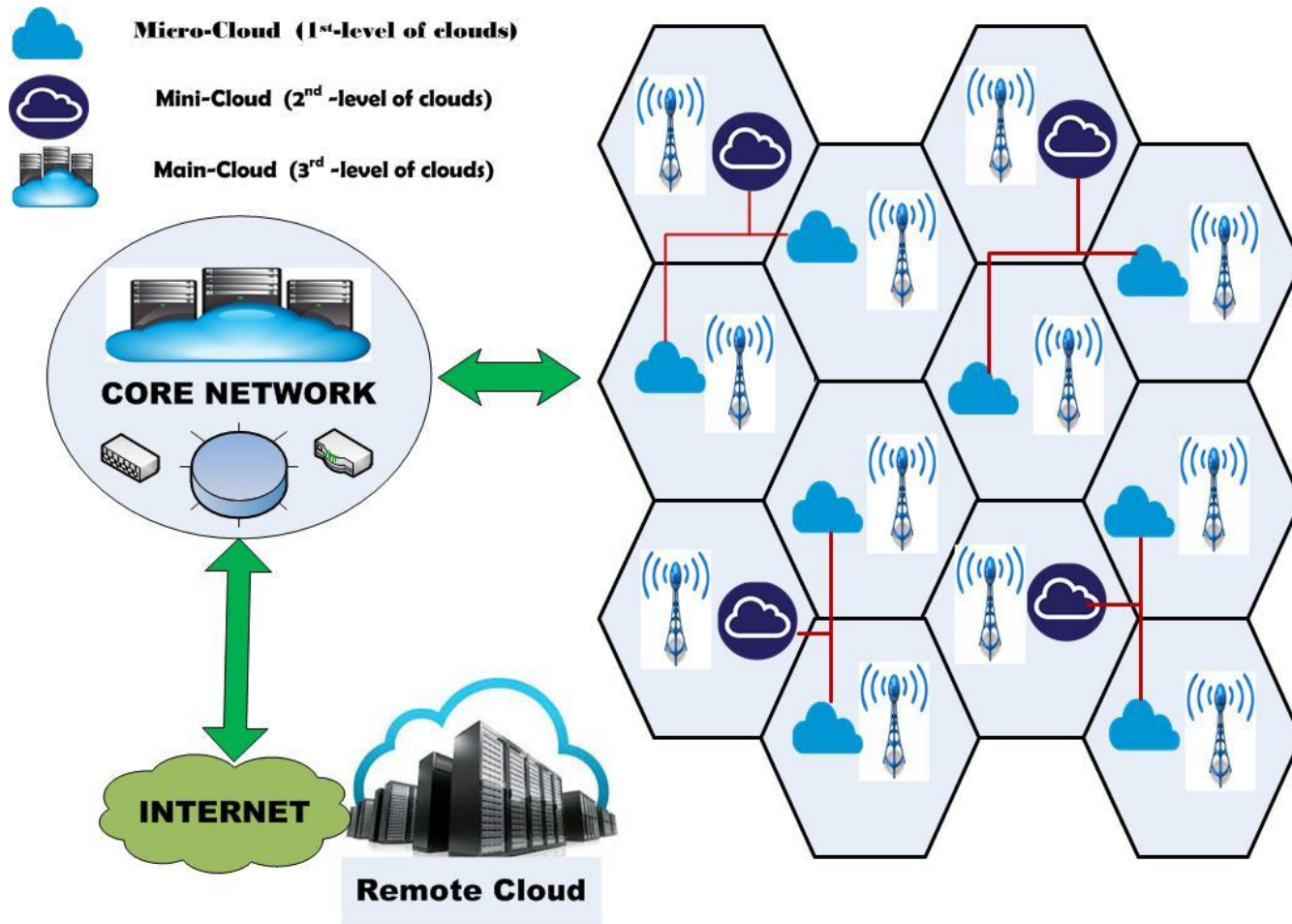
Интернет навыков

- В ходе накопления опыта навыков для последующих поколений не меньший интерес представляет воспроизведение действий, которые выполняли другие люди или их предки. Это позволит передавать наилучшую практику навыков через поколения. Навыки могут быть накоплены как индивидуальные (например, выдающиеся рабочие, инженеры, ученые, деятели культуры), так и усредненные по любой из профессий.

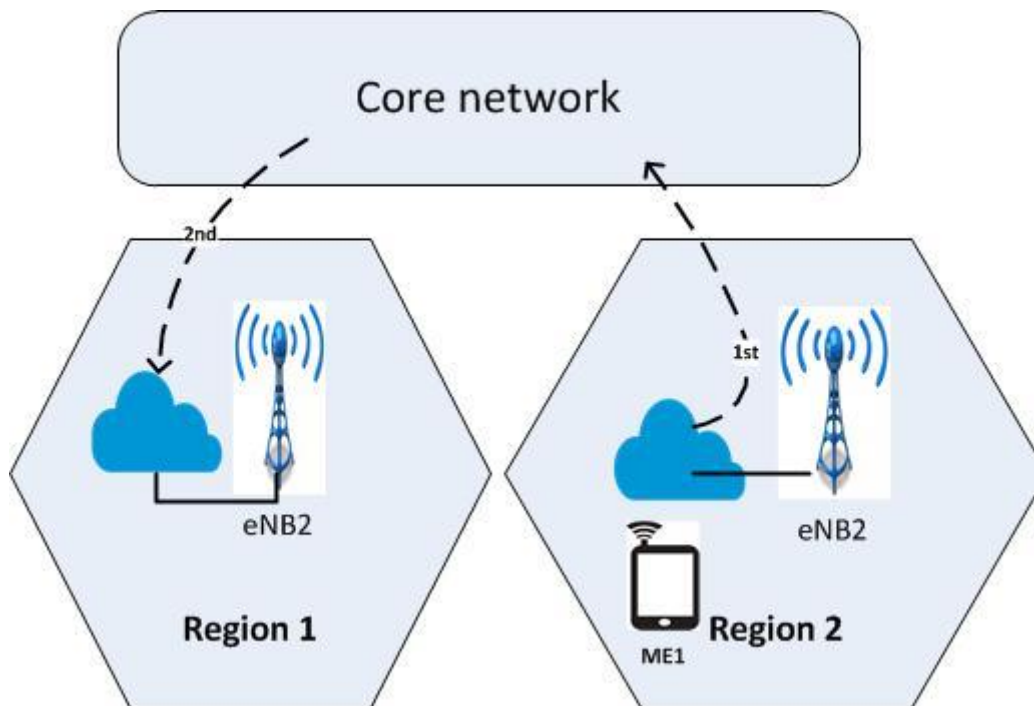
Экспериментальный стенд для Интернета Навыков



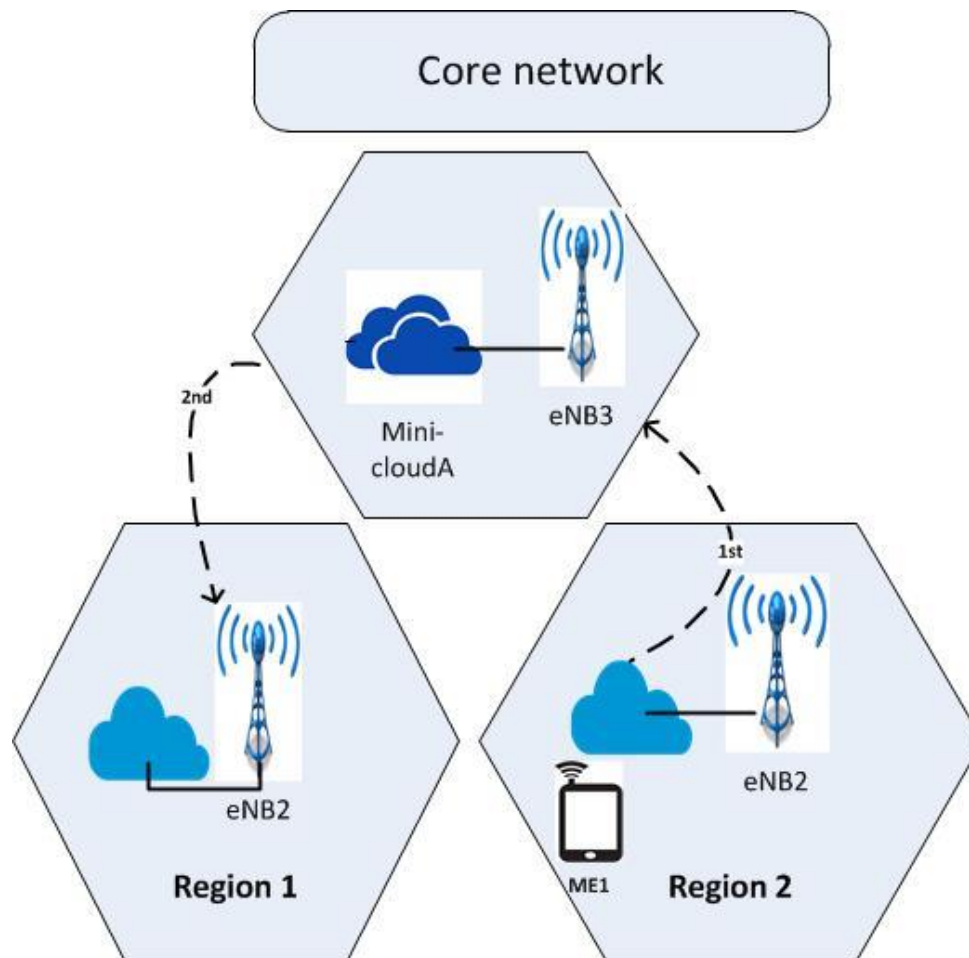
Многоуровневая система облаков для Тактильного Интернета



Роуминг через ядро сети



Роуминг через мини-облако



Экспериментальные сценарии

- Сценарий (1): требуемая для обеспечения сервиса обработка данных может быть проведена в микро-облаке, без привлечения вычислительных центров более высоких уровней.
- Сценарий (2): микро-облако не способно обработать запрос, и требуемая обработка производится в мини-облаке.
- Сценарий (3): ни микро-облако, ни мини-облако не могут обработать запрос и он отправляется в основную облачную платформу сети.

Первый эксперимент

Всего в эксперименте использовалось пять виртуальных облачных вычислительных центра разной конфигурации и разных мощностей: два микро-облака в двух разных зонах, два мини-облака (к каждому из которых подключено одно микро-облако) и одно облако опорной сети.

Результаты Эксперимента 1 – общая задержка передачи и обработки данных (мс).

Сценарии	Средняя задержка	Минимальная задержка	Максимальная задержка
Сценарий (1)	0,47	0,18	1,38
Сценарий (2)	1,33	1,04	2,06
Сценарий (3)	1,74	1,39	2,18

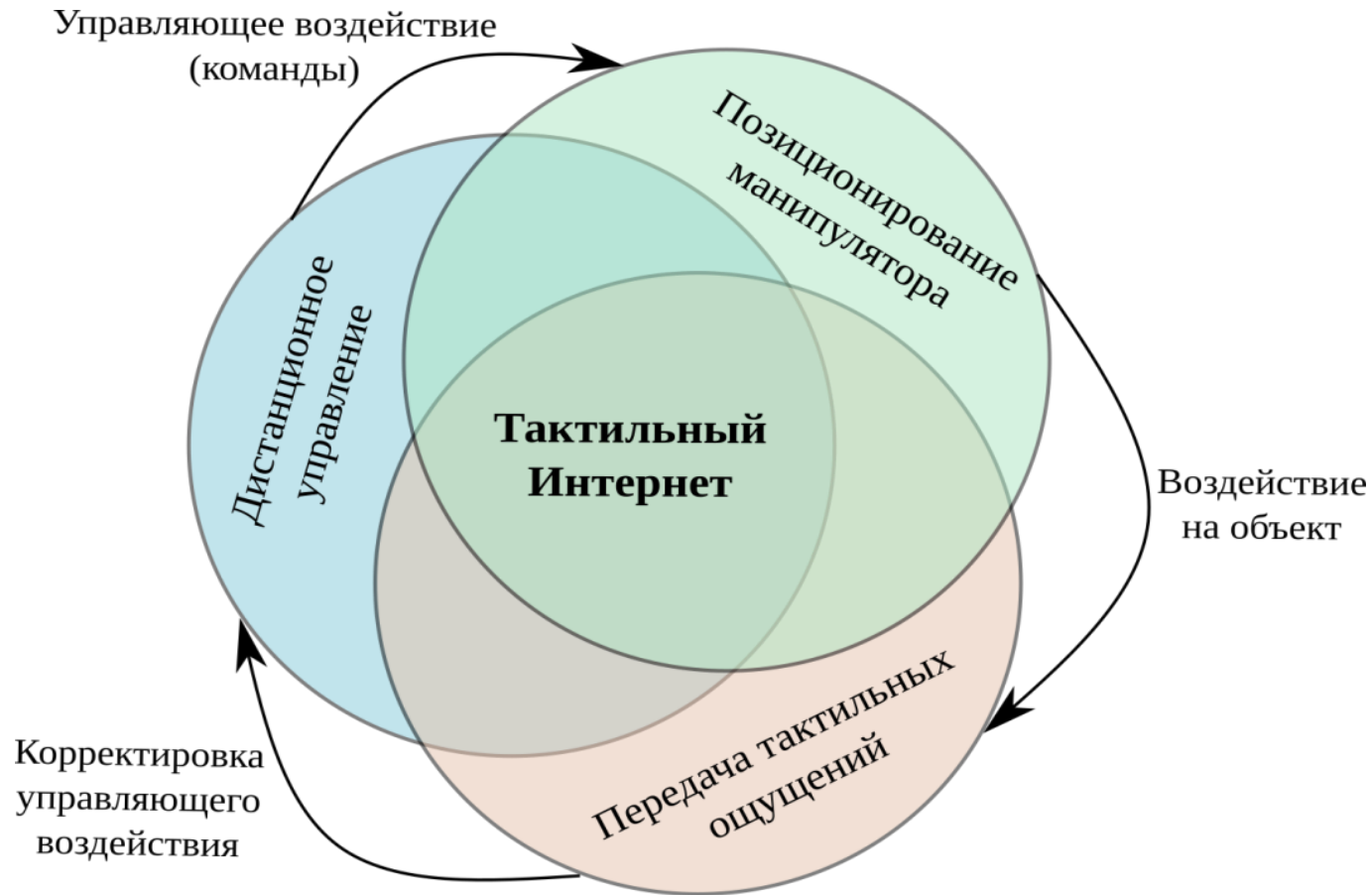
Второй эксперимент

В данном эксперименте рассматривается 10 микро-облаков, случайно распределенных по двум зонам, два мини-облака и одно основное облако.

Результаты Эксперимента 2 – общая задержка передачи и обработки данных (мс).

Сценарии	Средняя задержка
Сценарий (1)	1,27
Сценарий (2)	3,64
Сценарий (3)	7,5

Представление Тактильного Интернета в совокупности задач дистанционного управления, позиционирования манипулятора и передачи тактильных ощущений.



Имитация тактильности

- *Имитация тактильности на стороне оператора.* Для формирования предсказаний ответных сигналов используются известные физические законы в зависимости от свойств передаваемых параметров.
- *Имитация с интерполяцией тактильности по реальным данным.* Производится первичное формирование предответного сигнала до прихода реального с последующей реализацией интерполяционного алгоритма для компенсации значимой критичной задержки в периодах ожидания.
- *Повтор тактильных ощущений.* Предответ и интерполяция не используются, сигнал тактильности появляется с приходом первого от удаленной стороны, компенсация значимой критичной задержки в периодах ожидания производится повтором предыдущего сигнала.

Передача данных в Тактильном Интернете (1)

Способ оцифровки информации от датчиков. Во многих источниках, посвященных теме тактильного интернета и вопросам дистанционного управления, предлагается использовать при оцифровке адаптивную дифференциальную импульсно-кодировую модуляцию (АДИКМ), которая позволяет обеспечить увеличение точности оцифровки при малых изменениях амплитуды сигнала ценой падения точности при больших изменениях.

Передача данных в Тактильном Интернете (2)

Поскольку ключевым критерием системы передачи тактильного интернета являются задержки, необходимо использовать помехоустойчивые коды с быстрым кодированием и декодированием. Таким требованиям удовлетворяют, например, классические или расширенные коды Хэмминга, исправляющие однократные ошибки, и эквивалентные циклические коды BCH и Рида–Соломона при использовании параллельных декодеров на основе двойственного базиса.

Сети связи с ультра малыми задержками 2030



Беспилотный автотранспорт



Тактильный Интернет



Дополненная реальность



Медицинские сети



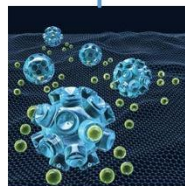
Сеть связи с ультра малыми задержками 2030



Летающие сети



Промышленные гуманоиды



Наносети



Индустрия 4.0

Взаимодействия аватаров

