



---

«Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»  
им. В.И. Ульянова (Ленина)»  
(СПбГЭТУ)

---

Кафедра математического обеспечения и применения ЭВМ

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ  
***Разработка алгоритма распределения  
нагрузки между сетями 3G и WLAN для  
мобильных устройств***

*Выполнил:* Амеличев Н.В., гр. 6395  
*Руководитель:* Кринкин К.В., к.т.н.

Санкт-Петербург  
2012

# Введение



# Постановка задачи

**Цель:** реализовать систему для разгрузки сетей 3G по сетям WLAN, позволяющую гибко изменять критерии разгрузки.

**Требования:** работа на мобильных устройствах с ОС Linux.

**Задачи:**

## 1. Разработка метода оценки сетей.

1. Выбор оцениваемых параметров сетей.
2. Сопоставление количественных значений параметров сети и их качественных оценок.
3. Разработка функции, оценивающей качество сети по оценкам ее параметров.

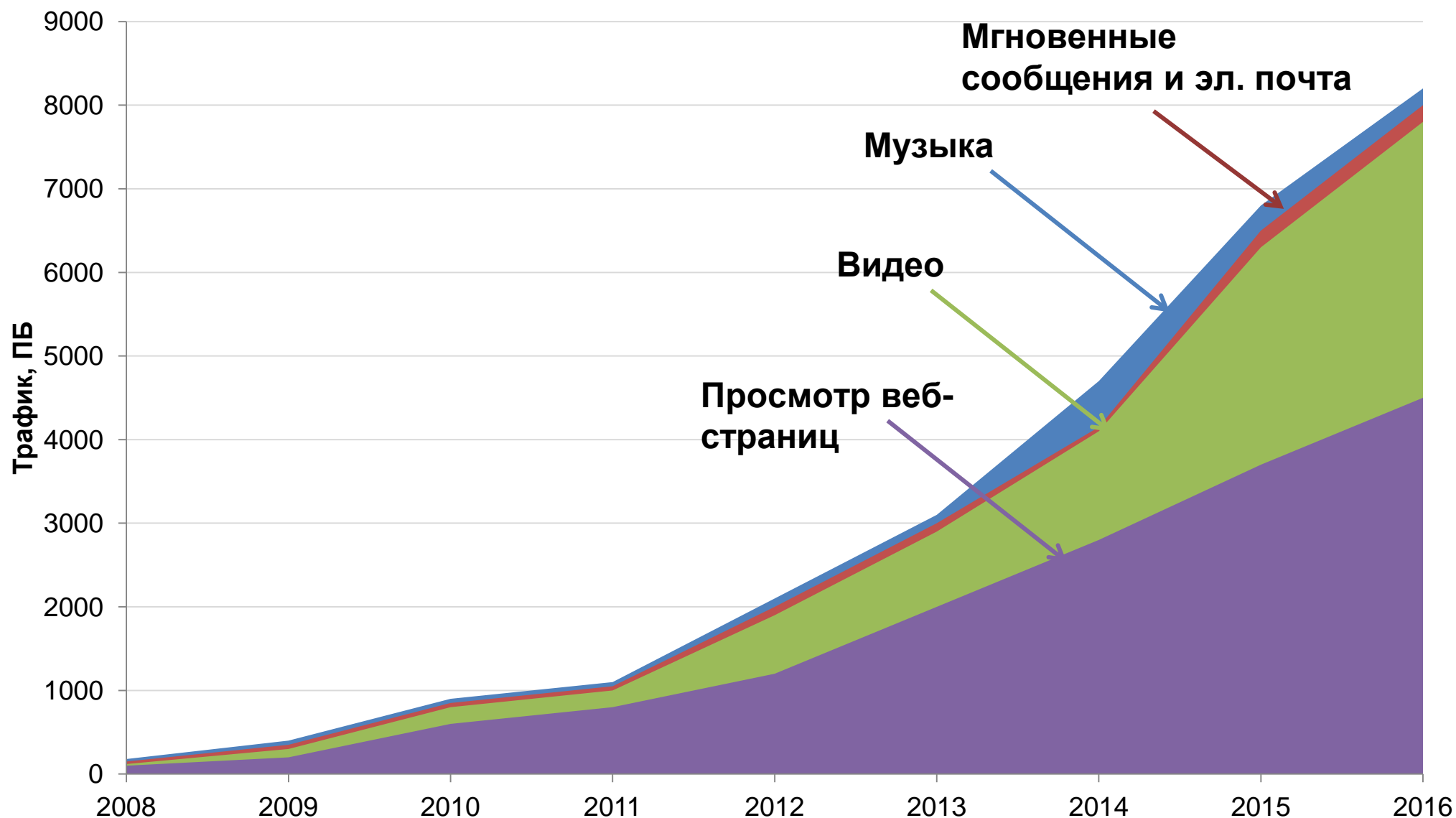
## 2. Разработка системы автоматического управления подключениями мобильного устройства к сети.

1. Разработка подсистемы обнаружения близлежащих мобильных сетей, измерения их параметров и оценки сетей на основании текущих и предыдущих измерений.
2. Разработка подсистемы мониторинга состояния близлежащих сетей.
3. Разработка подсистемы разгрузки сетей 3G через WLAN.

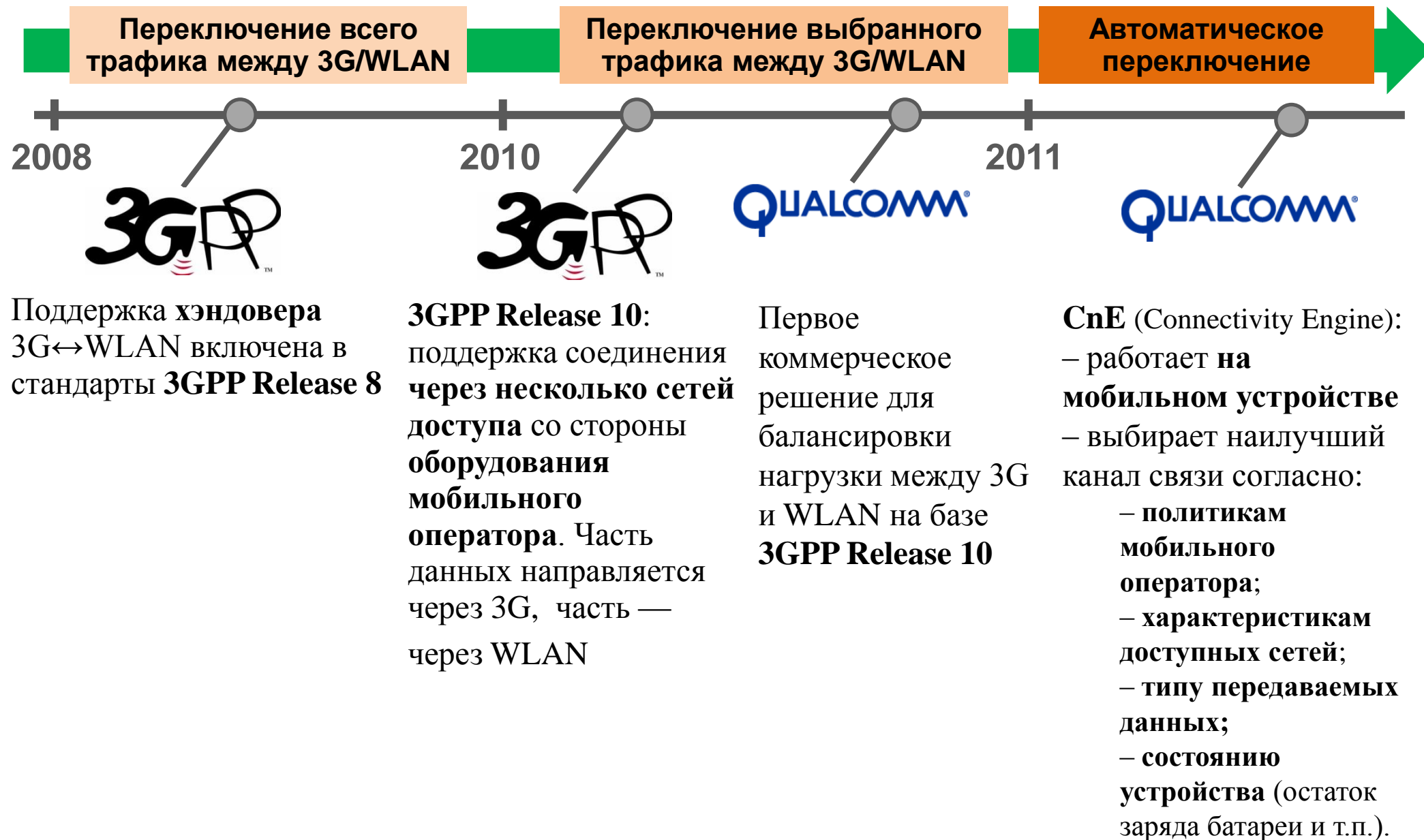
## 3. Тестирование разработанного ПО.

# Необходимость разгрузки сетей 3G

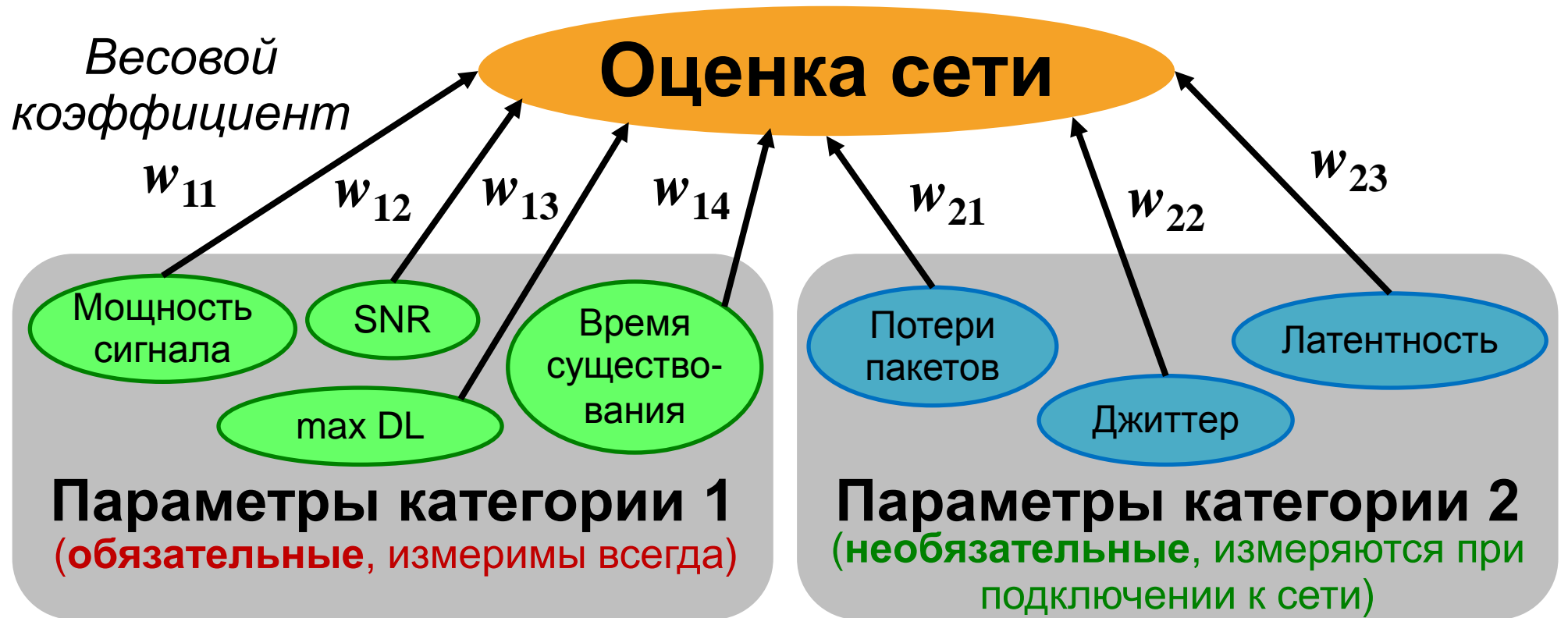
## Глобальный трафик мобильных устройств



# Развитие технологий разгрузки сетей 3G через WLAN



# Выбор требуемой сети



$$f[N] = \sum_{i=1}^n w_{1i} R^2(\text{FIP}_i) + \sum_{j=1}^m w_{2j} R(\text{SIP}_j) - P = \Sigma_0 - P$$

Значение от 1 до 30,  
чем больше – тем  
«лучше» сеть

$R(X)$  – оценка сетевого  
параметра  $X$  по 5-  
балльной шкале

**Штраф.**  
Не более  $\Sigma_0/2$

# Весовые коэффициенты $w_{kl}$

$$0 \leq w_{1i}, w_{2j} \leq 1 \quad \sum w_{1i} = 1 \quad 0 \leq \sum w_{2j} \leq 1$$



Профиль  $P_1$   
**VoIP**

	Параметр	Вес
1	Пропускная способность	50%
	Мощность сигнала	50%
2	Потеря пакетов	65%
	Латентность	20%
	Джиттер	15%



Профиль  $P_2$   
**BitTorrent**

	Параметр	Вес
1	Пропускная способность	80%
	Мощность сигнала	20%
2	Потеря пакетов	25%
	Латентность	10%
	Джиттер	0%



Профиль  $P_3$   
**Быстрое перемещение**



Профиль  $P_4$   
**Низкий заряд батареи**

Профиль  $P_K$   
...

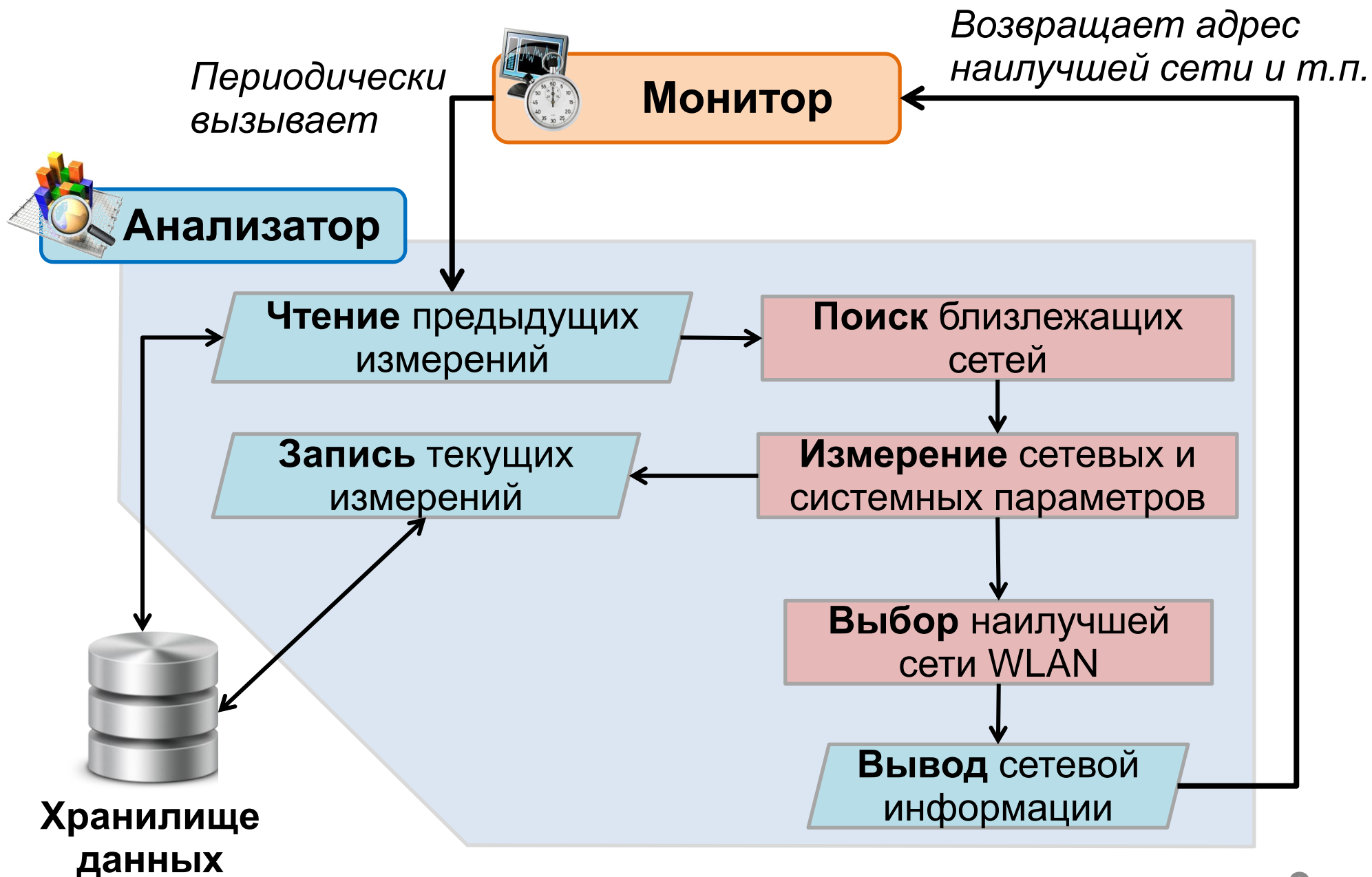
Наборы весов группируются в **весовые профили**, соответствующие различным видам **нагрузки** и различным **состояниям** устройства. При оценке сетей все применимые к текущему состоянию профили **комбинируются** в один.

# Архитектура системы





# Анализатор: алгоритм работы



# Анализатор: компоненты

Подсистема «Анализатор» — объектно-ориентированный **каркас** (*framework*), на базе которого можно разрабатывать решения по обнаружению сетей, измерению их параметров и оценке сетей.



**Хранилище**  
(использует *Google Protocol Buffers*)



**Голосование за лучшую сеть**

**Стат. обработка измерений**

**Фиксированные компоненты**



**Сканеры — поиск сетей**



**Определения параметров и единиц измерения**



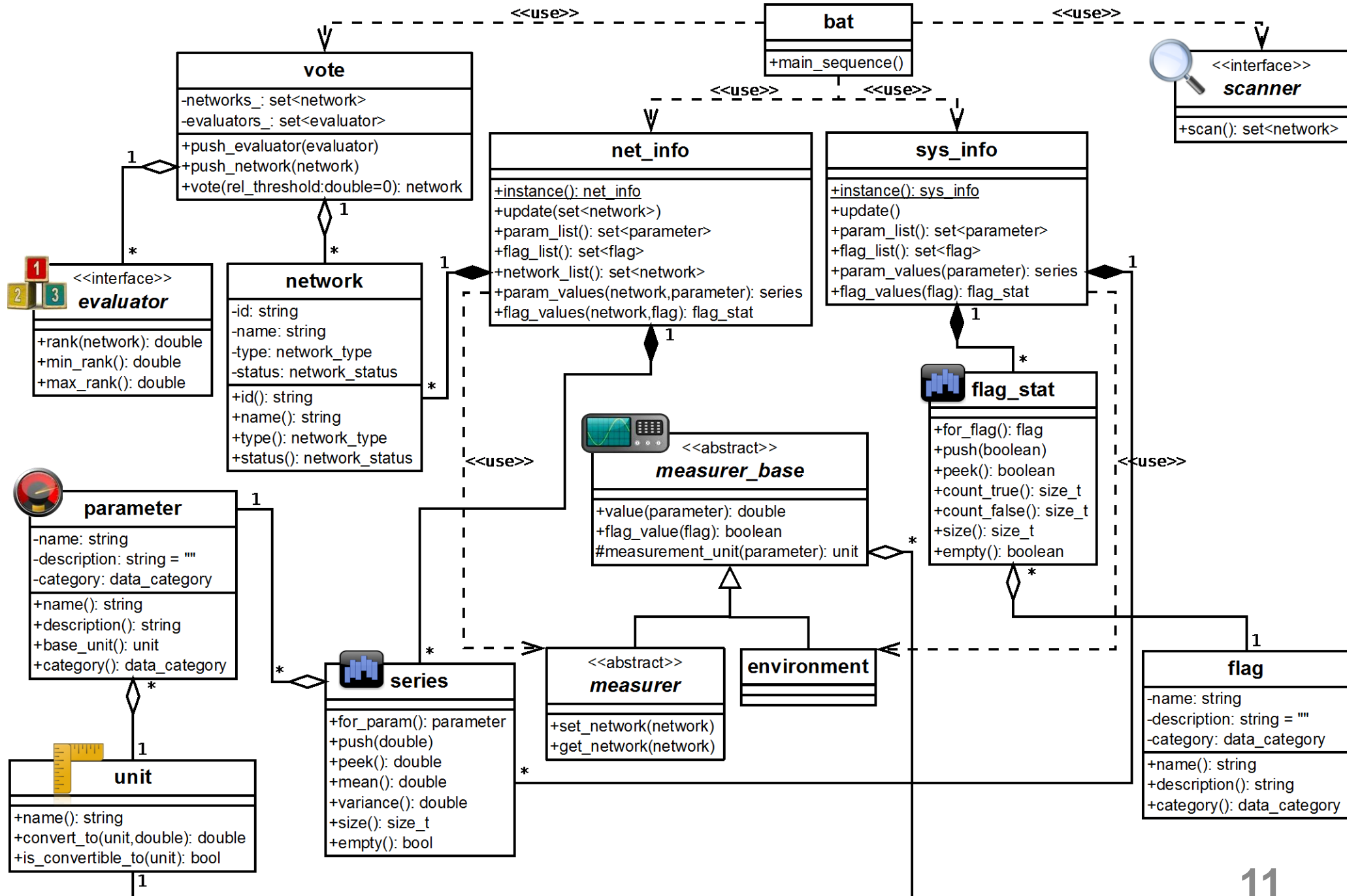
**Средства измерений — измерение параметров**



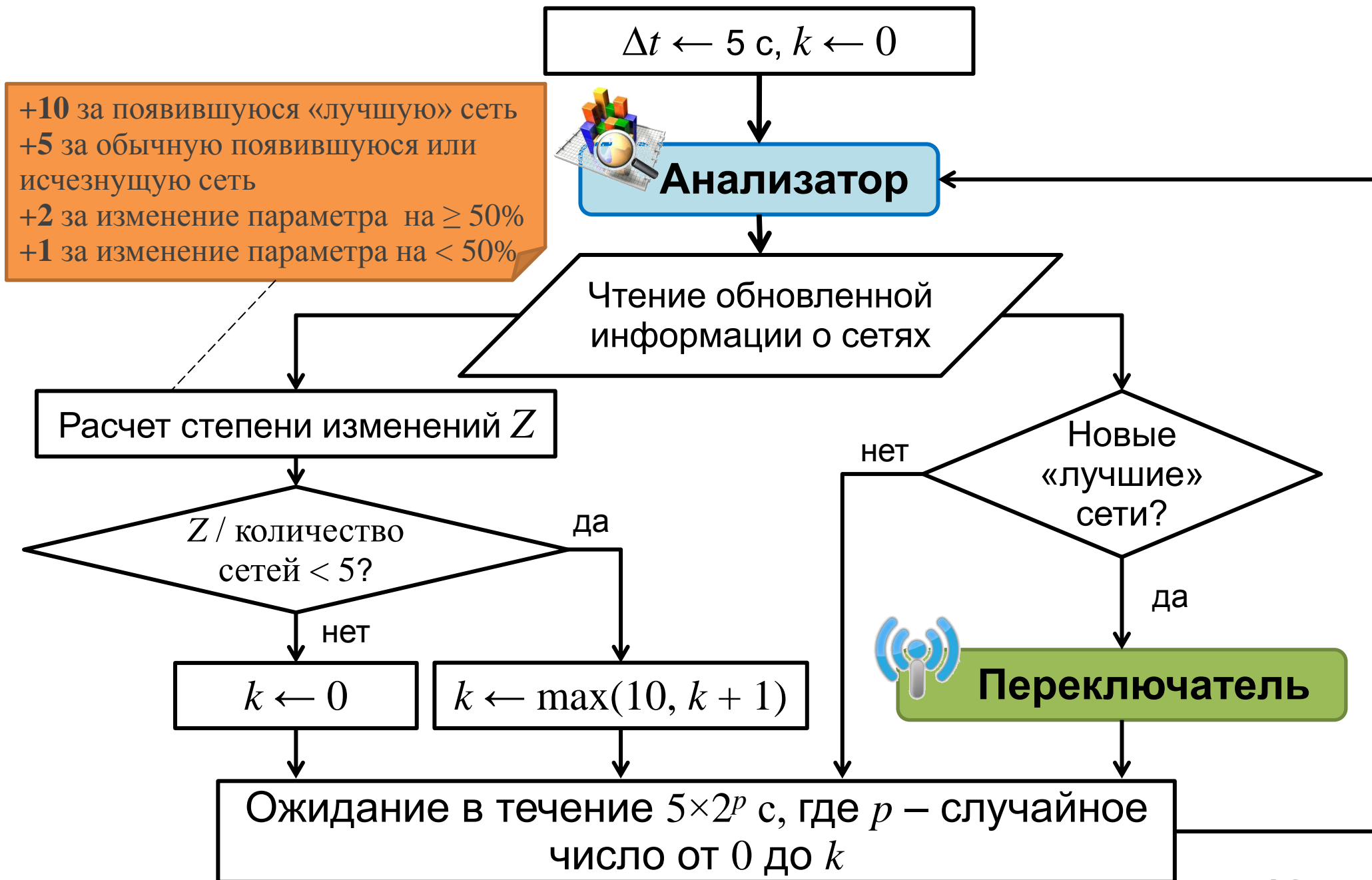
**Средства оценки — оценка сетей**

**Расширяемые компоненты**

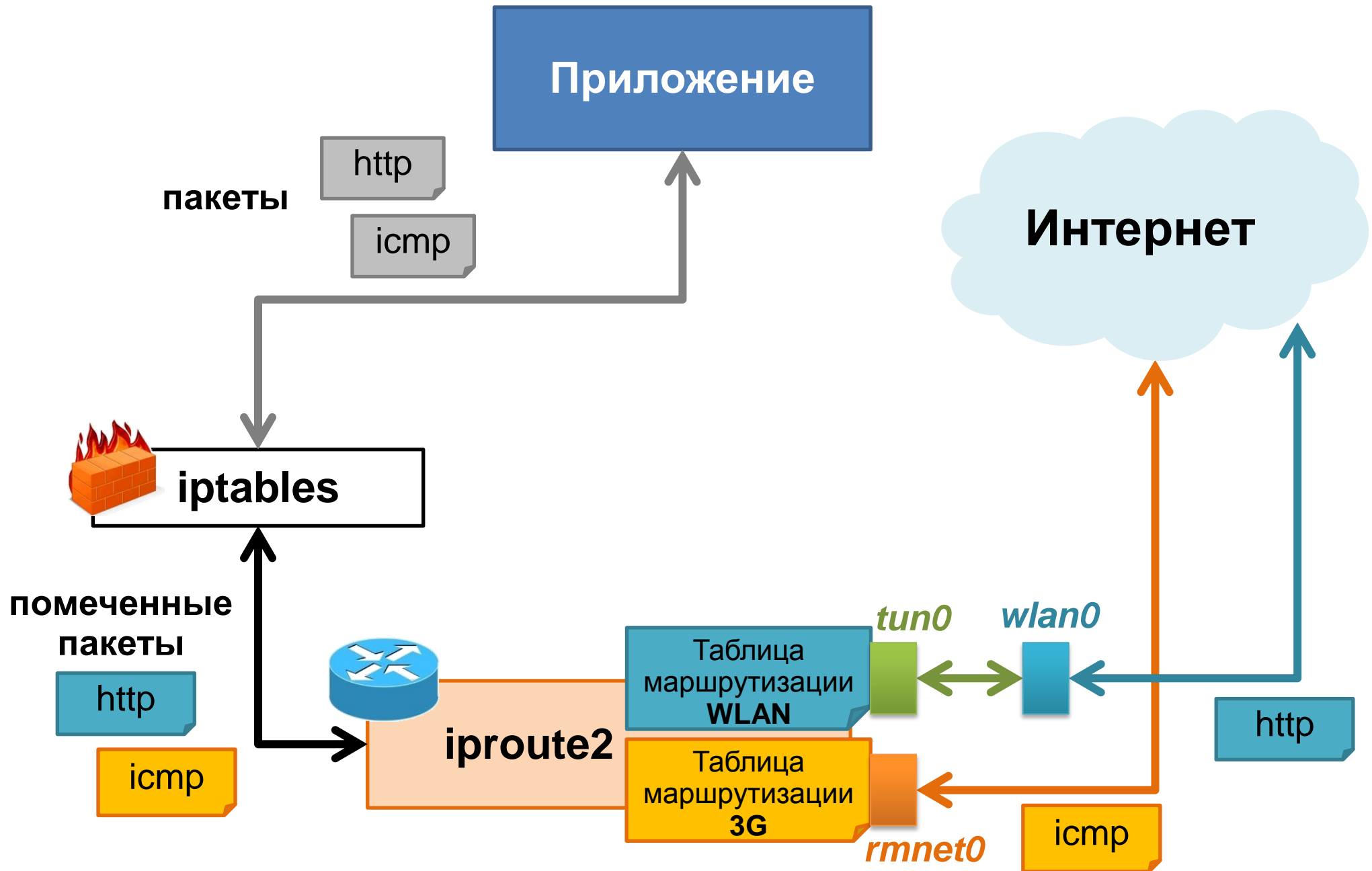
# Анализатор: диаграмма классов



# Монитор: алгоритм работы



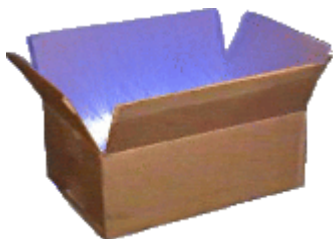
# Переключатели: распределение нагрузки



# Технологии реализации



- Решение на базе ОС **Android 4.0** (Ice Cream Sandwich)
  - Android: 51% рынка (3 кв. 2011 г.)
- **Монитор** – сервис Android (на Java) + форма для показа состояния сети
- **Анализатор** – native приложение (на C++/Qt) с использованием **Necessitas** и **Ministro**
- **Переключатели** – shell-скрипты, использующие **BusyBox**, **OpenVPN**, **wireless-tools**

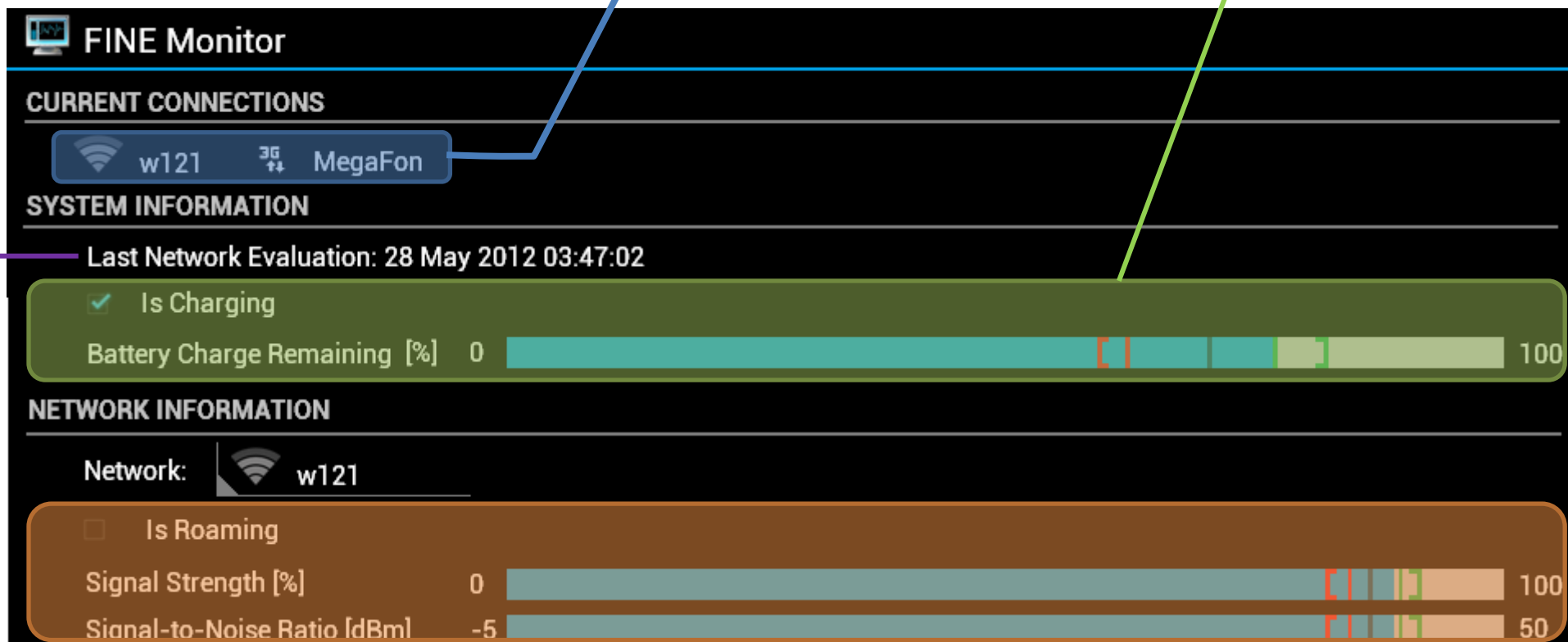


# Графический интерфейс

Время последней  
оценки сетей

Сети, к которым устройство  
подсоединено

Параметры устройства



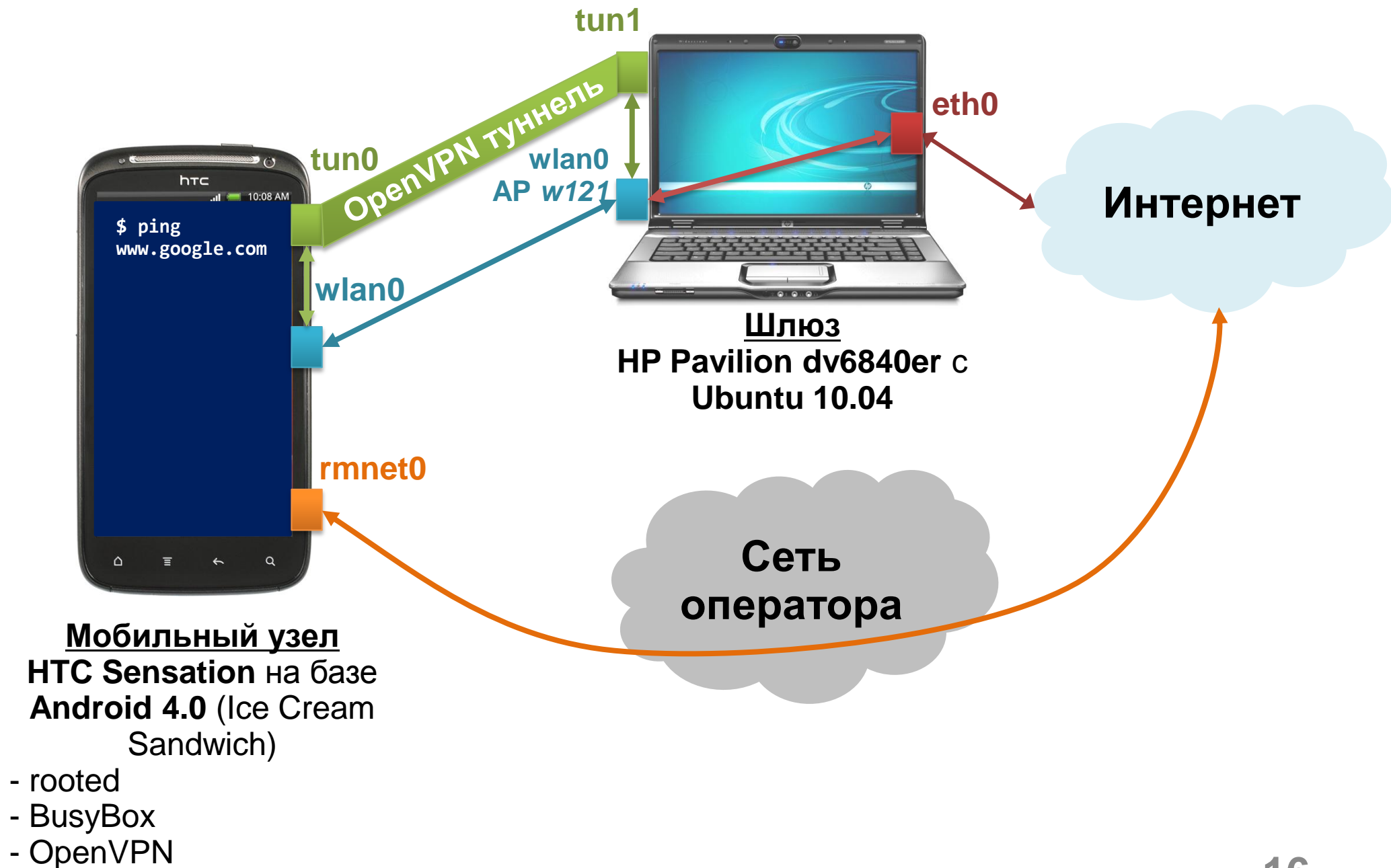
Параметры сети



Результат измерений  
параметра

$E-3\sigma$  min E max  $E+3\sigma$

# Тестирование: тестовый стенд





# Тестирование: фрагменты сетевых трасс

- ICMP (ping request, ping reply) посылаются и принимаются через 3G-интерфейс с адресом **192.168.1.80**:

Filter: icmp && (ip.src==192.168.1.80    ip.dst==192.168.1.80) Expression...					
No.	Time	Abs. Time	Source	Destination	Protocol
11	0.000000	04:51:20.283620	192.168.1.80	125.60.240.197	ICMP
12	0.483927	04:51:20.767547	125.60.240.197	192.168.1.80	ICMP
19	0.517244	04:51:21.284791	192.168.1.80	125.60.240.197	ICMP
23	0.472250	04:51:21.757041	125.60.240.197	192.168.1.80	ICMP
29	0.528778	04:51:22.285819	192.168.1.80	125.60.240.197	ICMP
34	0.469883	04:51:22.755702	125.60.240.197	192.168.1.80	ICMP
39	0.530867	04:51:23.286569	192.168.1.80	125.60.240.197	ICMP
42	0.468974	04:51:23.755543	125.60.240.197	192.168.1.80	ICMP

Filter: http && (ip.src==192.168.1.80    ip.dst==192.168.1.80)			
No.	Time	Abs. Time	Source

- HTTP-запросы – через WLAN-интерфейс с адресом **10.40.115.53**:

Filter: http && (ip.src==74.125.232.63    ip.dst==74.125.232.63) Expression... Cle						
No.	Time	Abs. Time	Source	Destination	Protocol	Info
76	0.000000	05:42:16.887558	10.40.115.53	74.125.232.63	HTTP	GET
115	0.133521	05:42:17.021079	74.125.232.63	10.40.115.53	HTTP	HTT
118	0.093705	05:42:17.114784	10.40.115.53	74.125.232.63	HTTP	GET
120	0.010028	05:42:17.124812	10.40.115.53	74.125.232.63	HTTP	GET
130	0.032856	05:42:17.157668	10.40.115.53	74.125.232.63	HTTP	GET
132	0.005873	05:42:17.163541	10.40.115.53	74.125.232.63	HTTP	GET
133	0.001675	05:42:17.165216	74.125.232.63	10.40.115.53	HTTP	HTT
135	0.005985	05:42:17.171201	74.125.232.63	10.40.115.53	HTTP	HTT
136	0.032024	05:42:17.203225	74.125.232.63	10.40.115.53	HTTP	HTT
137	0.004984	05:42:17.208209	74.125.232.63	10.40.115.53	HTTP	HTT
141	0.052034	05:42:17.260243	10.40.115.53	74.125.232.63	HTTP	GET
143	0.002235	05:42:17.262478	74.125.232.63	10.40.115.53	HTTP	HTT
157	0.112811	05:42:17.375289	74.125.232.63	10.40.115.53	HTTP	[TCP
162	0.100921	05:42:17.476210	74.125.232.63	10.40.115.53	HTTP	[TCP
166	0.036436	05:42:17.512646	10.40.115.53	74.125.232.63	HTTP	GET
170	0.065608	05:42:17.578254	74.125.232.63	10.40.115.53	HTTP	HTT

Filter: icmp && (ip.src==74.125.232.63    ip.dst==74.125.232.63) Express				
No.	Time	Abs. Time	Source	Destination

# Результаты работы

**Разработана система** разгрузки сетей 3G по сетям WLAN, позволяющая гибко изменять критерии разгрузки в зависимости от характеристик обнаруживаемых сетей и параметров мобильного устройства:

1. **Выбран способа оценки качества сетей** – набор основных параметров (мощность сигнала, отношение сигнал/шум, пропускная способность, время существования сети), измеряемых для сети и произведено сопоставление их количественным значениям качественных оценок по 5-балльной шкале.
2. **Разработана система автоматического управления подключениями** мобильного устройства к сети, состоящая из системного сервиса **мониторинга** состояния близлежащих сетей, подсистемы **обнаружения сетей**, измерения их параметров и **оценки** на базе способа из п. 1; а также **скрипты для разгрузки всего трафика, кроме ICMP, через WLAN.**
3. **Разработанное ПО было успешно протестировано.**

# Направления дальнейших исследований

- Полномасштабное тестирование разработанного прототипа
  - Езда в машине
  - Метро
  - Кафе с доступом WiFi
  - и т.д.
- **Добавление правил**, согласно которым сеть может быть исключена из процесса оценки вообще:
  - **Отключение WLAN при низком заряде батареи**
  - **Отключение WLAN при быстром движении**
- **Продвинутое управление трафиком** через 3G и WLAN на стороне клиента с помощью утилиты *tc* (Traffic Control)
  - Если устройство работает от батареи, большую часть трафика направлять через 3G
  - и т.д.

# Вопросы и ответы

# Выбор параметров для оценки сети

$$f[N] \rightarrow \max$$









- **Параметры категории 1** – оценка качества сети, с которой устройство еще не соединено:  
Мощность сигнала, дБм или %      Отношение сигнал/шум, дБ  
Макс. пропускная способность (DL), Мбит/с      Время существования сети, мин.
- **Параметры категории 2** – оценка качества сети, с которой установлено подключение  
Потери пакетов, %      Латентность (roundtrip time), мс      Джиттер, мс
- Сопоставление значений параметров и оценок по **5-балльной** шкале (больше = лучше):

Мощность сигнала, дБм	Оценка	Комментарий
> -30	★★★★★	Максимальный уровень сигнала для сетей 802.11
[-30, -45]	★★★★★	
(-45, -60]	★★★★	
(-60, -80]	★★★	Типичный уровень сигнала 802.11
< -80	★	Фоновый шум

# Пример расчета оценки сети

- Штрафа нет ( $P = 0$ )
- Используемый весовой профиль:

$$w_{1i} = 1/n, w_{2i} = 1/m$$

	Параметр сети	Значение $X$	Оценка $R(X)$		Вес
1	Мощность сигнала	–50 дБм		3	1/4
	Отношение сигнал/шум	30 дБ		4	1/4
	Пропускная способность	4 Мбит/с		2	1/4
	Время существования	15 мин		4	1/4
2	Потери пакетов	0.35%		3	1/3
	Латентность	65 мс		3	1/3
	Джиттер	1 мс		2	1/3
Оценка сети в целом $f[N]$				14 из 30	

# Переключатели



- Если доступны обе сети, нагрузка распределяется:
  - в зависимости от протокола, № порта...
- Доступ к WLAN производится через OpenVPN-туннель **tun0**, что позволяет менять реальный IP-адрес узла в WLAN-сети незаметно для приложения