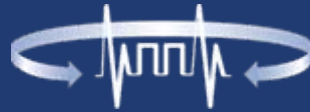




РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК  
ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ им. А.А.Харкевича

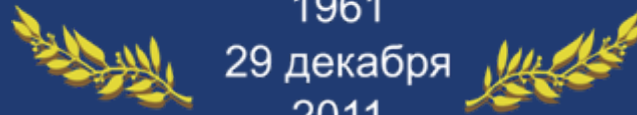


50 лет

1961

29 декабря

2011



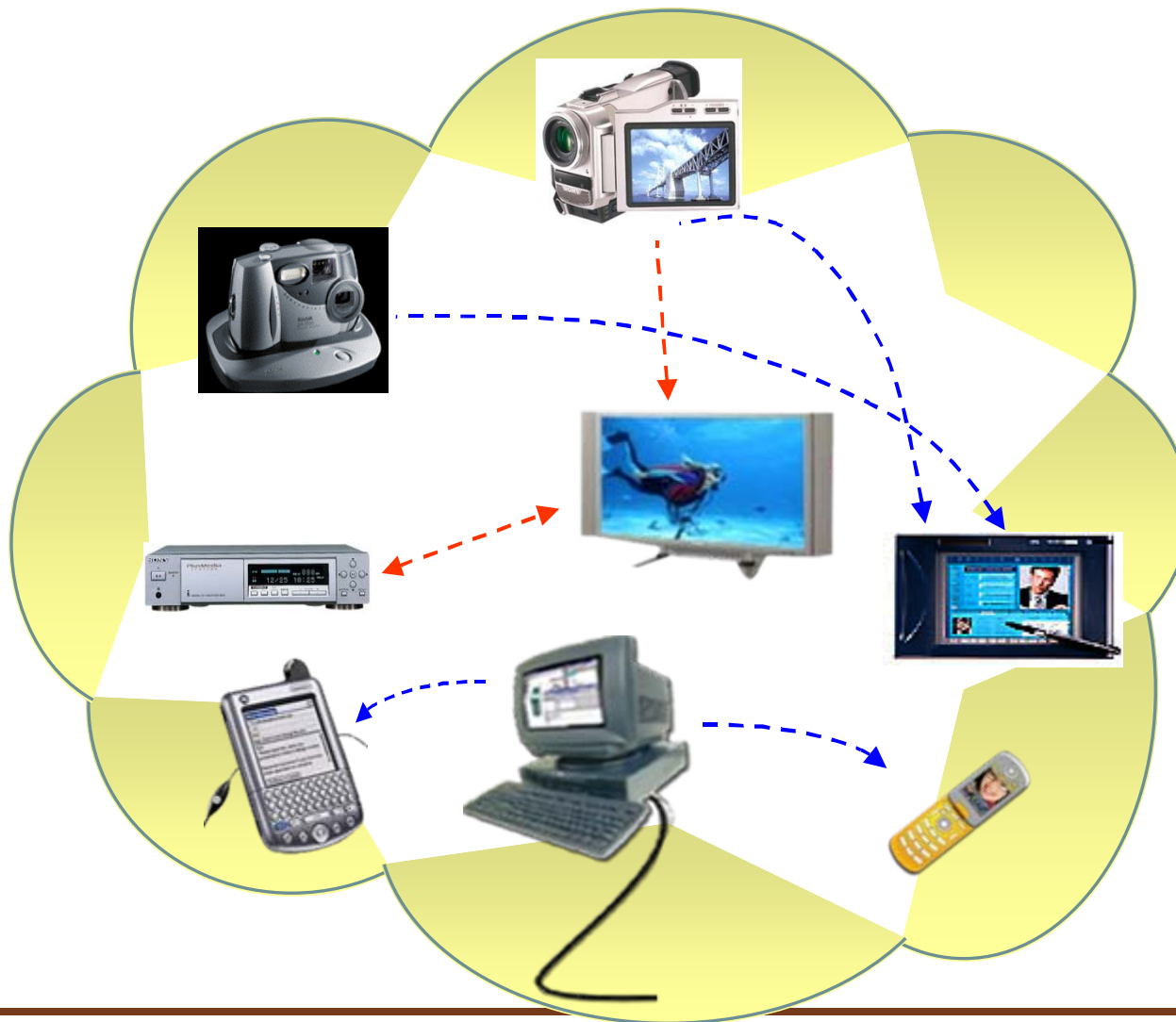
# Методы множественного доступа в современных беспроводных сетях

Александр Сафонов

Лаборатория методов анализа и  
синтеза сетевых протоколов

# Задача множественного доступа

07.12.2011



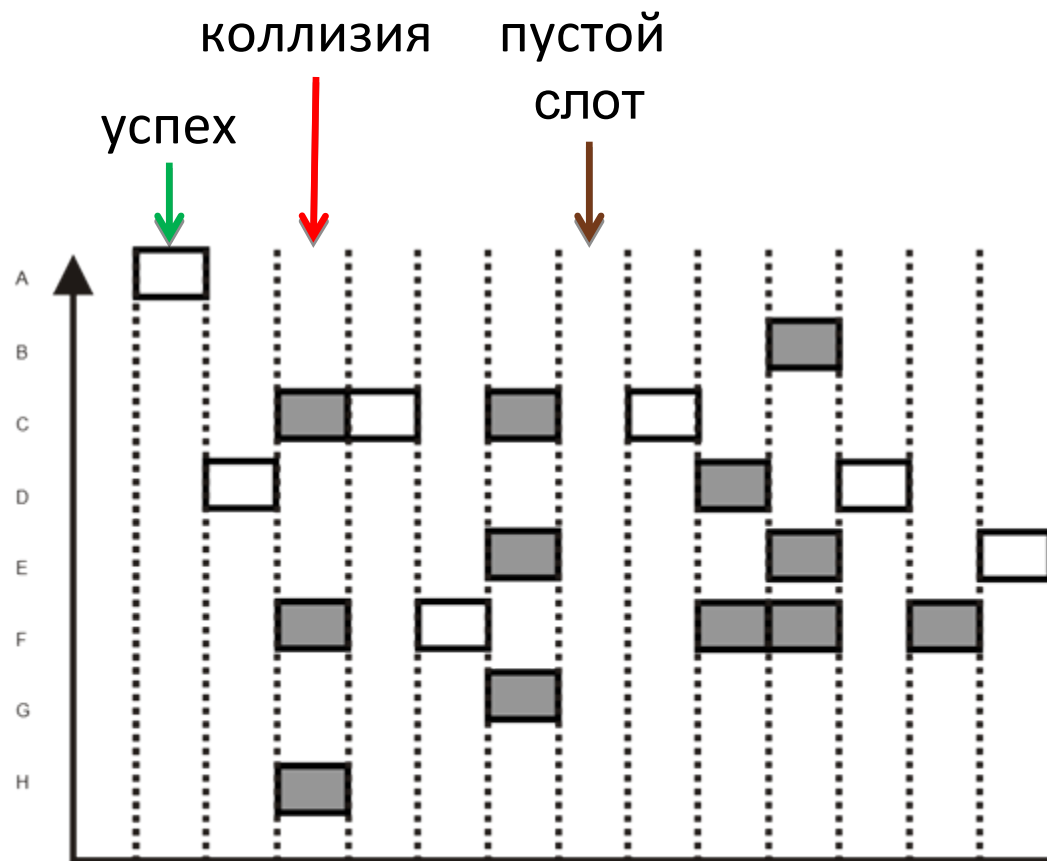
# Метод «Slotted ALOHA»

Правила передачи:

- Если есть пакет для передачи – передавай в ближайшем слоте
- Если произошла коллизия – передавай «позже»

Важнейшая идея: пропуск некоторых слотов для снижения вероятности коллизии

Коэффициент полезного действия метода =  $1/e$



Slotted ALOHA protocol (shaded slots indicate collision)

# Множественный доступ с прослушиванием несущей (CSMA)

Важнейшая идея – прослушивание канала – позволяет существенно сократить длину слота

**1-настойчивый CSMA:** Узел прослушивает канал перед передачей. Если канал свободен, происходит передача. Если занят, узел ждет, пока канал не освободится, затем сразу начинает передачу. В случае коллизии узел ждет в течение случайного интервала времени, затем процедура повторяется.

**p-настойчивый CSMA:** Узел прослушивает канал перед передачей. Если канал свободен, узел начинает передачу с вероятностью  $p$ . С вероятностью  $(1-p)$  он отказывается от передачи и ждет начала следующего слота, после чего процедура повторяется. В случае коллизии узел ждет в течение случайного интервала времени, затем процедура повторяется.

# CSMA Collision Avoidance (CSMA/CA) – избежание коллизий

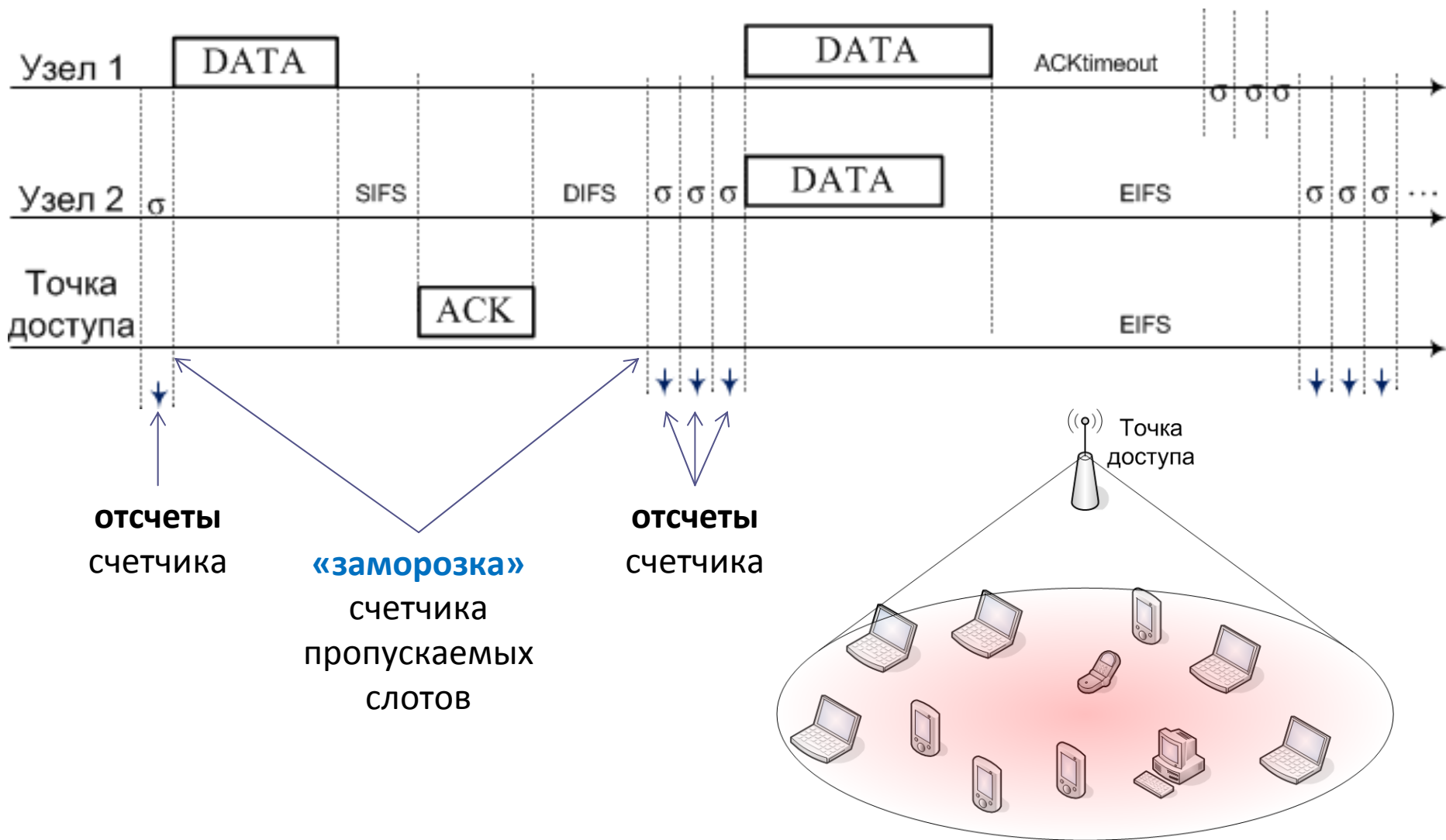
Важнейшая идея, дополняющая метод CSMA – «заморозка» счетчика пропускаемых слотов (слотов отсрочки) на время пока канал занят – позволяет снизить вероятность коллизии

Используется в сетях

- IEEE 802.11 (Wi-Fi)
- IEEE 802.15.4 (ZigBee)
- ECMA 368 (WiMedia)
- etc.



# IEEE 802.11: отсчет слотов



# IEEE 802.11: выбор числа пропускаемых слотов

- $b$  – число пропускаемых слотов (время отсрочки передачи)
- $i$  – номер повторной попытки передачи
- $m$  – максимальное число повторных попыток передачи
- $W_0$  – минимальный размер окна отсрочки
- $W_m$  – максимальный размер окна отсрочки
- правило выбора:  $b \in [0, W_i - 1]$
- размер окна конкуренции: 
$$W_i = \begin{cases} W_0 2^i, & \text{при } i \leq m, \\ W_m, & \text{при } i > m. \end{cases}$$

## Вторая половина 90-х: оценка производительности IEEE 802.11 теми же методами, что и ALOHA

- Ho T.S., Chen K.C. Performance Analysis of IEEE 802.11 CSMA/CA Medium Access Control Protocol, Proc. of PIMRC'06, p/407-411
- Chhaya H.S., Gupta S. Performance Modeling of Asynchronous Data Transfer Methods of IEEE 802.11 MAC Protocol. Wireless Networks 3(3), 1997, p.217-234
- A. Lyakhov et al, "Modeling of wireless networks with decentralized control," Automation and Remote Control, vol.60, no.6, part 2, p.829-838, 1999

Пуассоновским предполагался не только входной поток заявок на передачу, но и поток, генерируемый повторными попытками передачи

Неудача: большая погрешность, растущая с нагрузкой на сеть



# 2000: оценка производительности IEEE 802.11 в условиях насыщения в идеальном канале

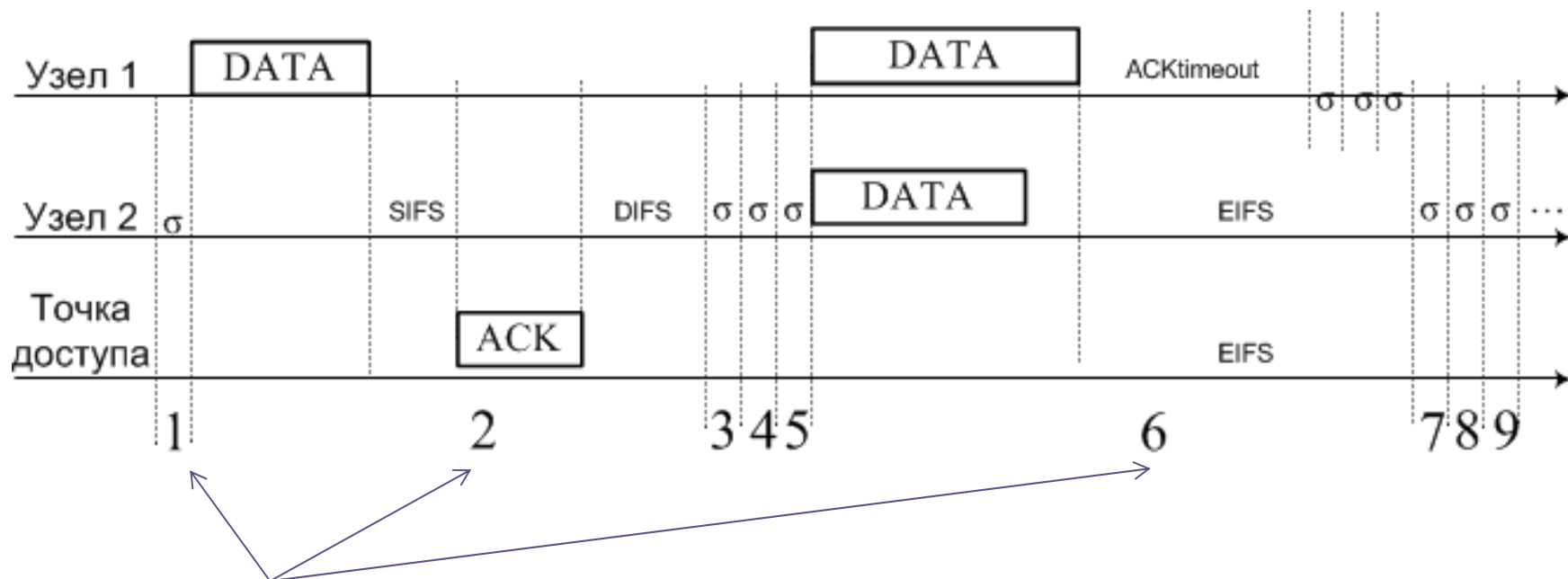


Giuseppe Bianchi  
Università degli Studi di Roma –  
Tor Vergata



Marco Conti  
L'Istituto  
di Informatica e Telematica

# Виртуальный слот: краеугольный камень модели Bianchi



*Виртуальный слот* – промежуток времени между последовательными отсчетами слотов отсрочки

## 2002 – 2005: уточнение моделей с учетом помех

- Доказана эквивалентность подходов Bianchi и Conti.
- Предложен оригинальный, существенно более простой, метод оценки вероятности  $P$  в подходе Conti.
- Снят ряд допущений: о неограниченном числе попыток передачи, о насыщенном режиме работы.
- Разработана модель, учитывающая помехи
- Оценка эффективности фрагментации

V.M. Vishnevsky and A.I.Lyakhov. 802.11 LANs: Saturation Throughput in the Presence of Noise. Lecture Notes in Computer Science, vol.2345, 2002, p.1008-1019

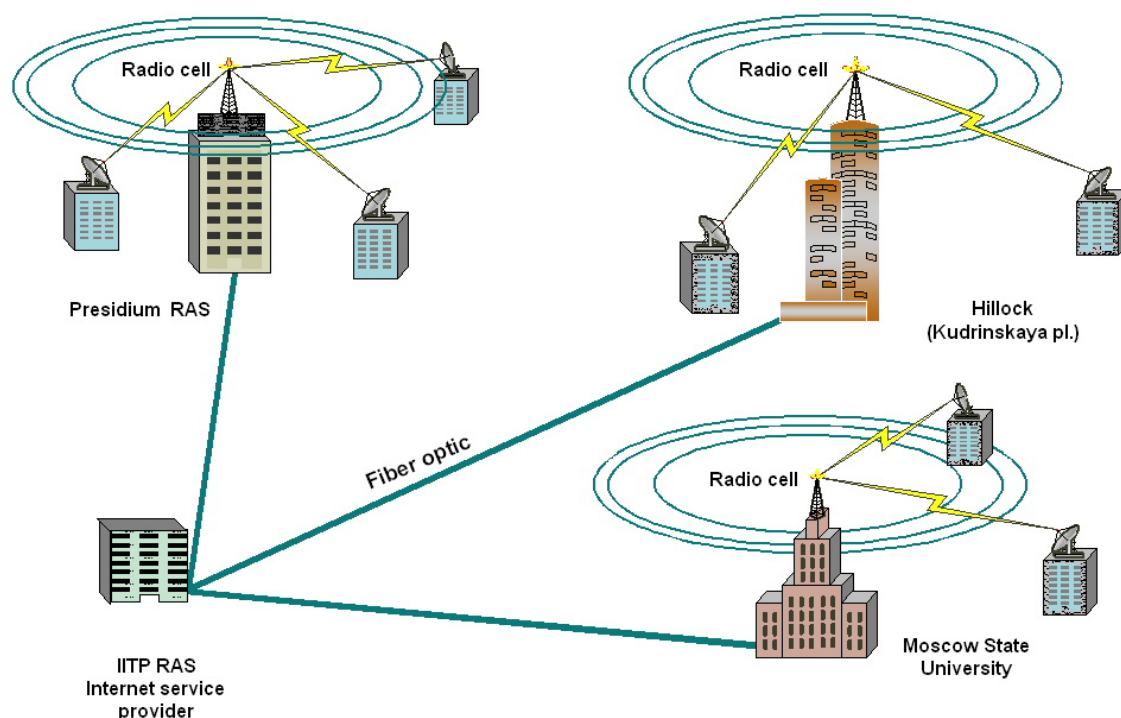
A. Lyakhov, V. Vishnevsky. Comparative Study of 802.11 DCF and its Modification in the Presence of Noise. Wireless Networks, vol. 11, no. 6, 2005, p.729-740



А.И. Ляхов  
ИППИ РАН

# 2002 – 2006: учет эффекта скрытых станций

V.M Vishnevsky, A.I. Lyakhov, D.N. Matsnev. Capacity estimation for a wireless regional network used to access Internet," Proc. 5th Int. Workshop *Information networks, systems and technologies*, Russia, p.26-32, 2004



Д.Н Мацнев  
ИППИ РАН

## 2004 – 2008: использование функции координированного доступа

V.M Vishnevsky, A.I. Lyakhov, N.N. Guzakov. An Adaptive Polling Strategy for IEEE 802.11 PCF, Proc. of *IEEE WPMC'04*, vol.1, p.87-91.

Вишневский В.М., Гузаков Н.Н., Лаконцев Д.В. Система «Рапира» - базис для отечественных широкополосных беспроводных сетей. *Электроника*., 2005, №1, С.30-35

Вишневский В.М., Лаконцев Д.В., Семенова О.В., Шпилев С.А. Модель системы поллинга для исследования широкополосных беспроводных сетей. *Автоматика и телемеханика*. 2006. №12. С. 123-135.

прототип маршрутизатора  
Wi-Fi с функцией  
координированного доступа



Д.В. Лаконцев  
ИППИ РАН,  
ЗАО «Телум»



## 2007 - 2010: методы обеспечения качества обслуживания многоадресного трафика

**Задача:** разработать метод совместимый с IEEE 802.11 для доставки многоадресного одношагового потока с использованием минимального объемом канальных ресурсов, с ограничением на надежность и среднюю задержку.

**Решение:** был разработан параметризованный метод блочной передачи и математическая модель для выбора значений параметров под требования к качеству

**Стандартизация:** в 2010г. метод включен в дополнение к стандарту IEEE 802.11aa

### Публикации:

V. Vishnevsky, A. Lyakhov, M. Yakimov. Multicast QoS Support in IEEE 802.11 WLANs. Proc. of *IEEE MASS'07*, Italy

A. Lyakhov, V. Vishnevsky, M. Yakimov. 802.11 Reliable Multicast with Weighted Leaders."Proc. of *DCCN-2007*, Russia, vol.1. p 95-100.

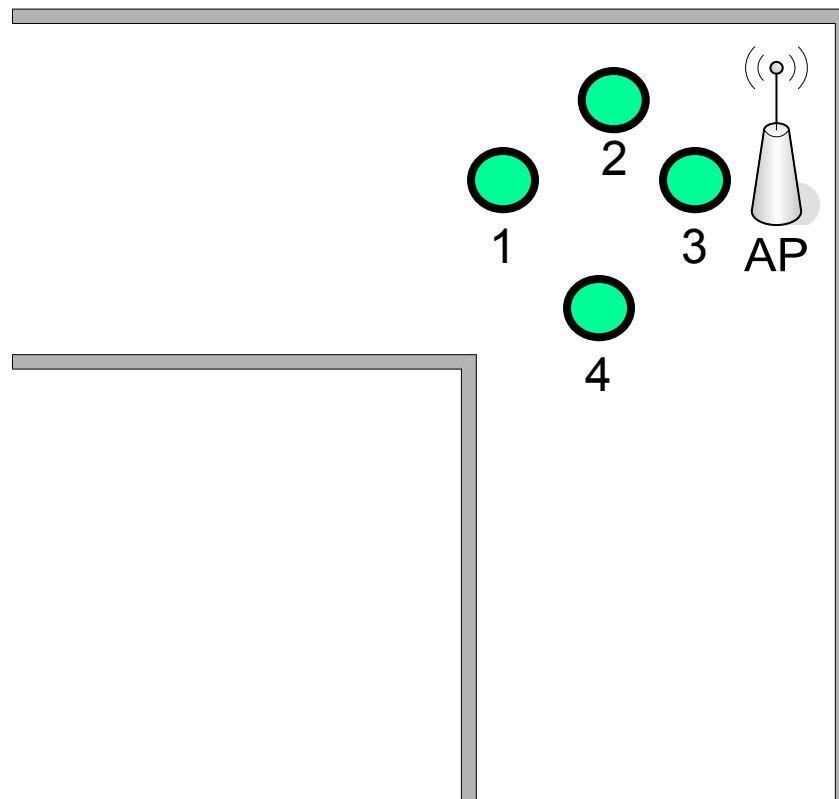


## 2007: передача по прямым соединениям

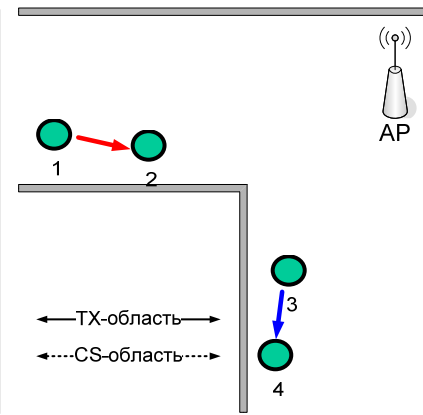
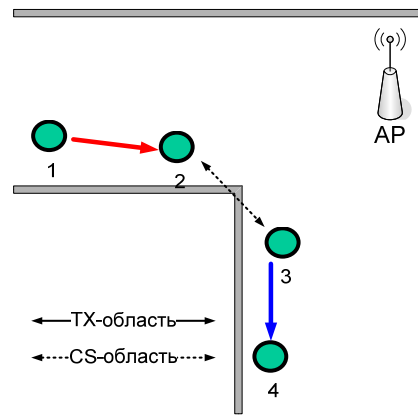
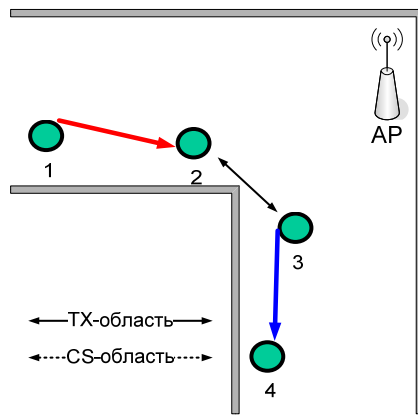
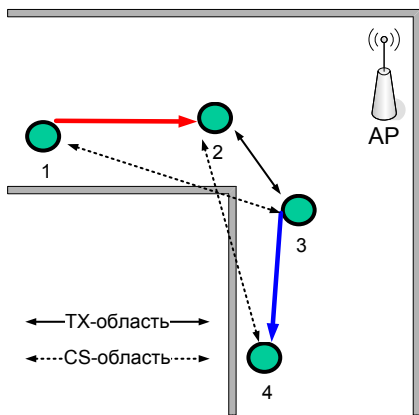
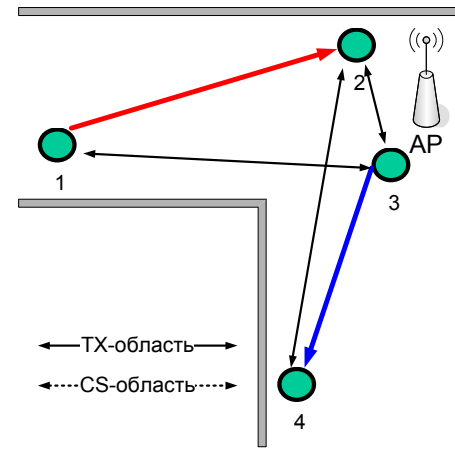
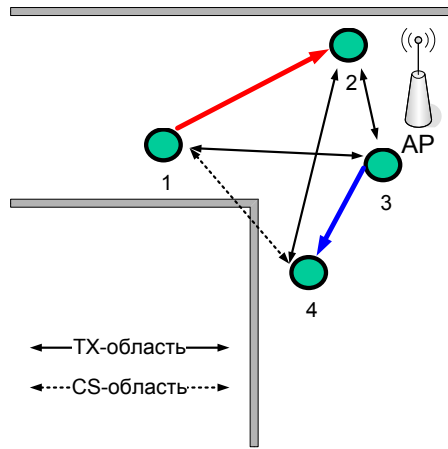
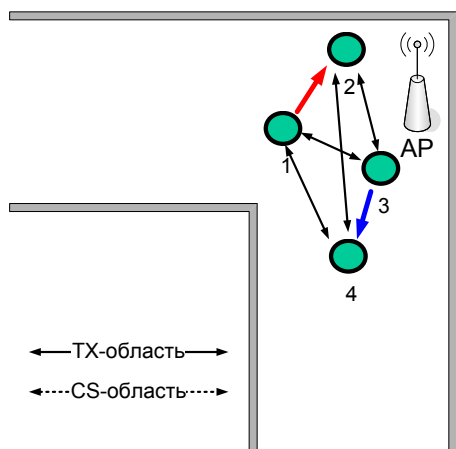
**Сценарий:** см. анимацию, если насыщенные потоки запущены между узлами 1->2 и 3->4

**Вопрос:** сколько различных случаев интерференции возможны в этом сценарии?

**Ответ:** целых 7!

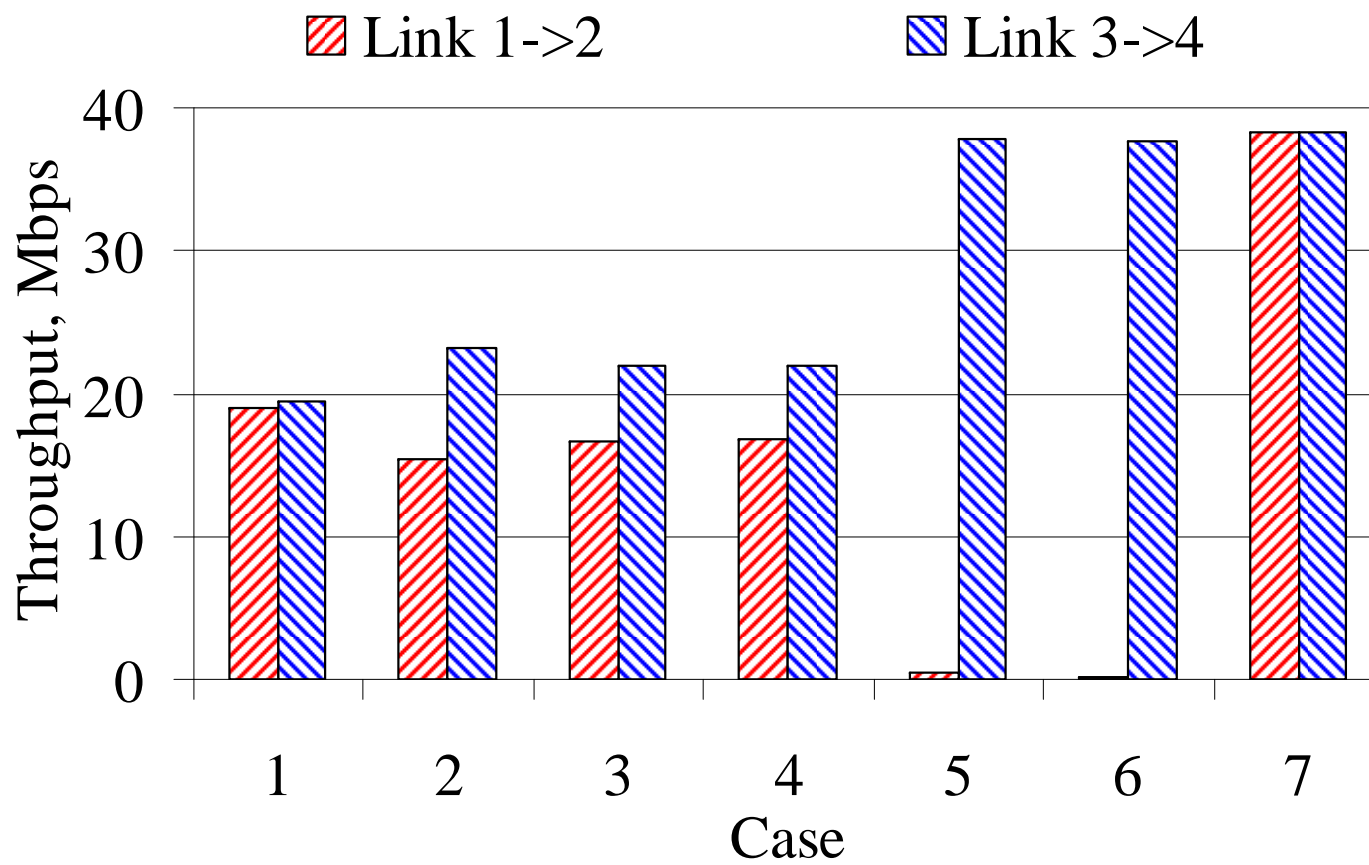


# 2007: передача по прямым соединениям





# 2007: передача по прямым соединениям



## 2008 – н.в.: самоорганизующиеся многошаговые сети 07.12.2011

Разработан метод детерминированного доступа для многоадресной передачи, **включен в IEEE 802.11s**

Разработанный ранее метод блочной передачи обобщен на случай самоорганизующихся многошаговых сетей, **включен в IEEE 802.11aa**

В разработке методы защиты от интерференции в самоорганизующихся многошаговых сетях, в рамках проекта FLAVIA Европейской седьмой рамочной программы.



# Спасибо за внимание!

