

Особенности реализации  
канального уровня и  
механизмов межуровневого  
взаимодействия в  
беспроводных сетях

# План лекции

- МАС-уровень беспроводных сетей
  - Взаимодействие физического и канального уровня
  - Примеры реализации: 802.11, Bluetooth, Hiperlan, UWB,...
  - Управление потоком данных на МАС уровне 802.11

# Основные параметры физического уровня

- Параметры, которые необходимо учитывать при разработке MAC уровня
  - Задержка на распространение сигнала (расстояние 1м, 10м или 1км?)
  - Битовая скорость (1 Mbps, 10 или 100?)
  - Методы определения наличия модуляции в принимаемом сигнале и «тренировочные» последовательности
  - Зоны покрытия (проблемы скрытой и exposed nodes)
  - Алгоритм поиска несущей (нужен?), и его чувствительность
  - Использование шумоподобных кодов
  - Надежность связи

# Взаимодействие с вышестоящими уровнями

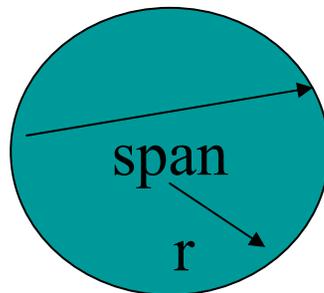
- Необходимо учитывать требования вышестоящих уровней
  - Сеть с базовой станцией или ad-hoc режим
  - Single vs. multi-hop usage
  - Поддержка соединений или сеть без соединений
  - Ограничения по задержкам
  - Поддержка QoS
  - Формат пакетов и их фрагментация
  - Необходимый уровень надежности на вышестоящих уровнях

# Возможные варианты MAC уровня

- Приведем некоторые возможные варианты реализации беспроводного MAC уровня
  - Передача по слотам vs. асинхронный канал
  - Чистая конкуренция за канал (ALOHA)
  - Обнаружение несущей (CS)
  - Обнаружение коллизий (CD)
  - Избегание коллизий (CA)
  - Локальное синхронное планирование
  - Доступ с разделением по времени (TDMA)
  - Доступ с кодовым разделением (CDMA)
  - Последовательный опрос, резервирование
  - RLC (протоколы надежной передачи)

# Учет времени распространения сигнала и битовой скорости

- Эффекты, связанные с увеличением расстояния или битовой скорости
  - R=100m ~ 1 $\mu$ s, 1 Km ~ 10 $\mu$ s, 10 Km ~ 100 $\mu$ s
  - Pkt size = 50B -> tx time @ 10Mbps = 40  $\mu$ s, @100 Mbps = 4  $\mu$ s
  - Pkt size = 1000B -> tx time @ 10Mbps = 800  $\mu$ s, @100 Mbps = 80  $\mu$ s



$$a = (\text{span}/c)/(\text{pkt size}/R)$$

# Влияние задержек на распространение и битовой скорости

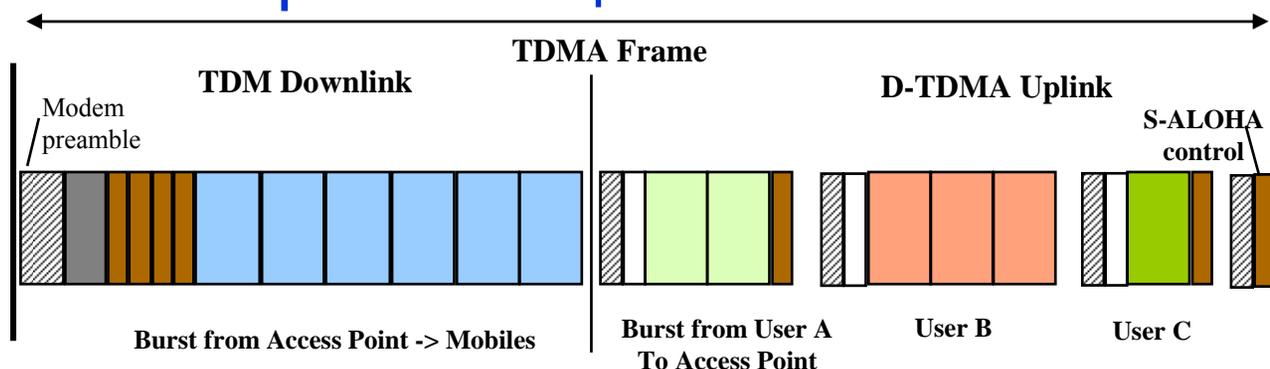
- В 802.11 используется CSMA/CA, который применим только в случае  $\alpha \ll 1$  (WPAN and WLAN)
  - Как реализовать mesh-сеть 802.11 со средним расстоянием между узлами  $\sim 1-10$  км и битовой скоростью  $R \sim 10-100$  Mbps
  - 802.16 имеет похожие параметры
  - Альтернатива – использовать TDMA протоколы
- slides showing CSMA/CA, Bluetooth & DTDMA

# Влияние битовой синхронизации

- Это критический параметр для пакетов управления (потери)
- Полезная нагрузка для типичного пакета управления ~16В
- Потери в ~16В на битовую синхронизацию допустимы, но меньше – лучше
- Параметры 802.11: заголовок для синхронизации 24В, RTS 20В = 352  $\mu$ s @1Mbps
- Параметры WATM: заголовок для синхронизации 16В, поле управления 8В, полная длина 8  $\mu$ s @25Mbps

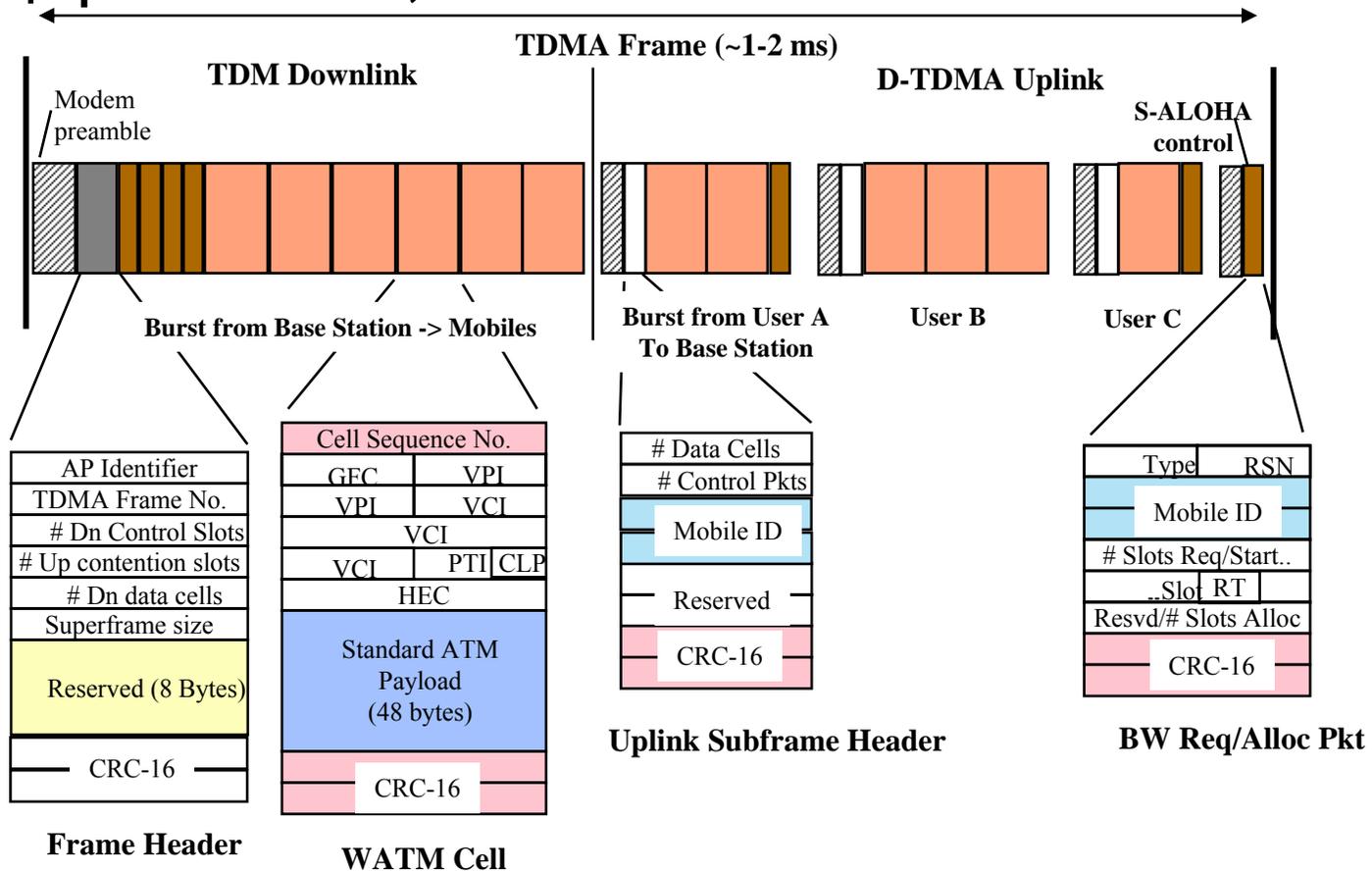
# Протокол TDMA/TDD

- Широко используемый протокол.  
Применяется с небольшими изменениями в
  - Hiperlan/WATM
  - Bluetooth
  - 802.15.3 и 802.16
- Конкретные параметры различны для различных реализаций



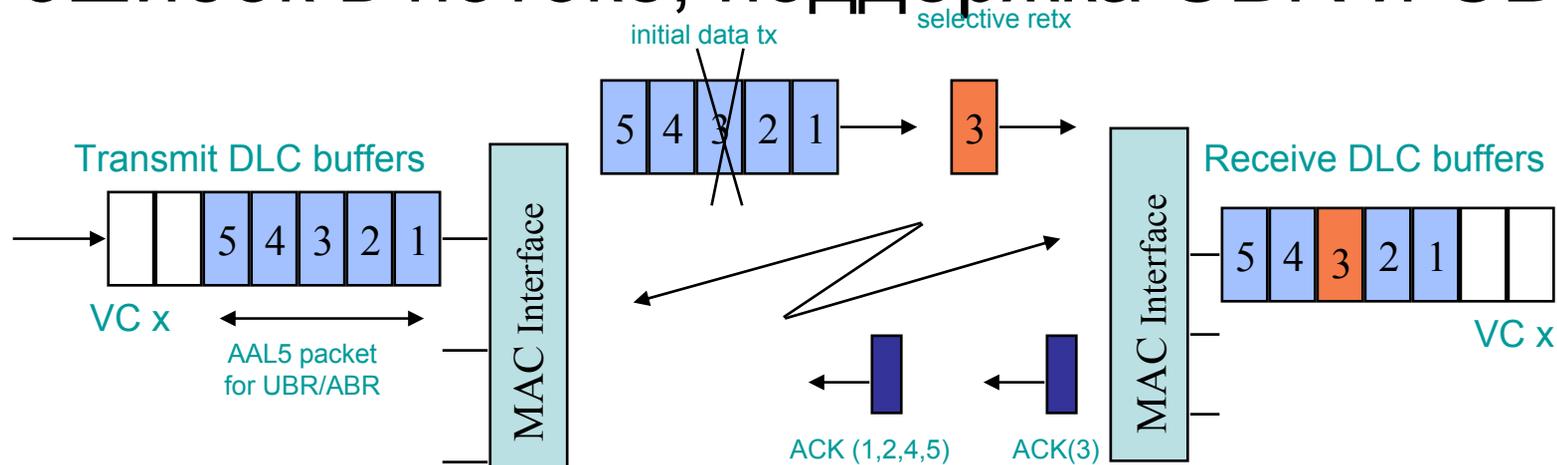
# TDMA/TDD MAC

- Протокол используется в широкополосных сетях (Hiperlan, 802.16, WATM) возможна поддержка QoS, и т.п.



# Протокол D-TDMA RLC

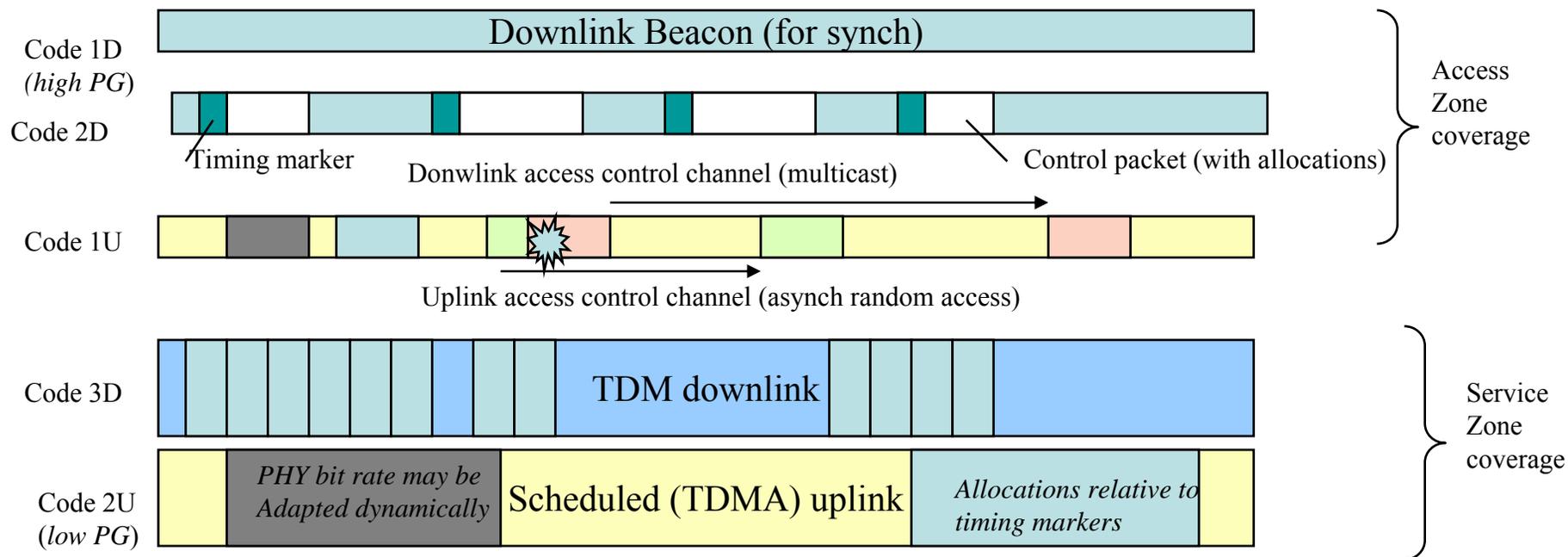
- RLC с групповым АСК для обнаружения ошибок в потоке, поддержка UBR и CBR



- Используется буферизация и упорядочивание для каждой службы

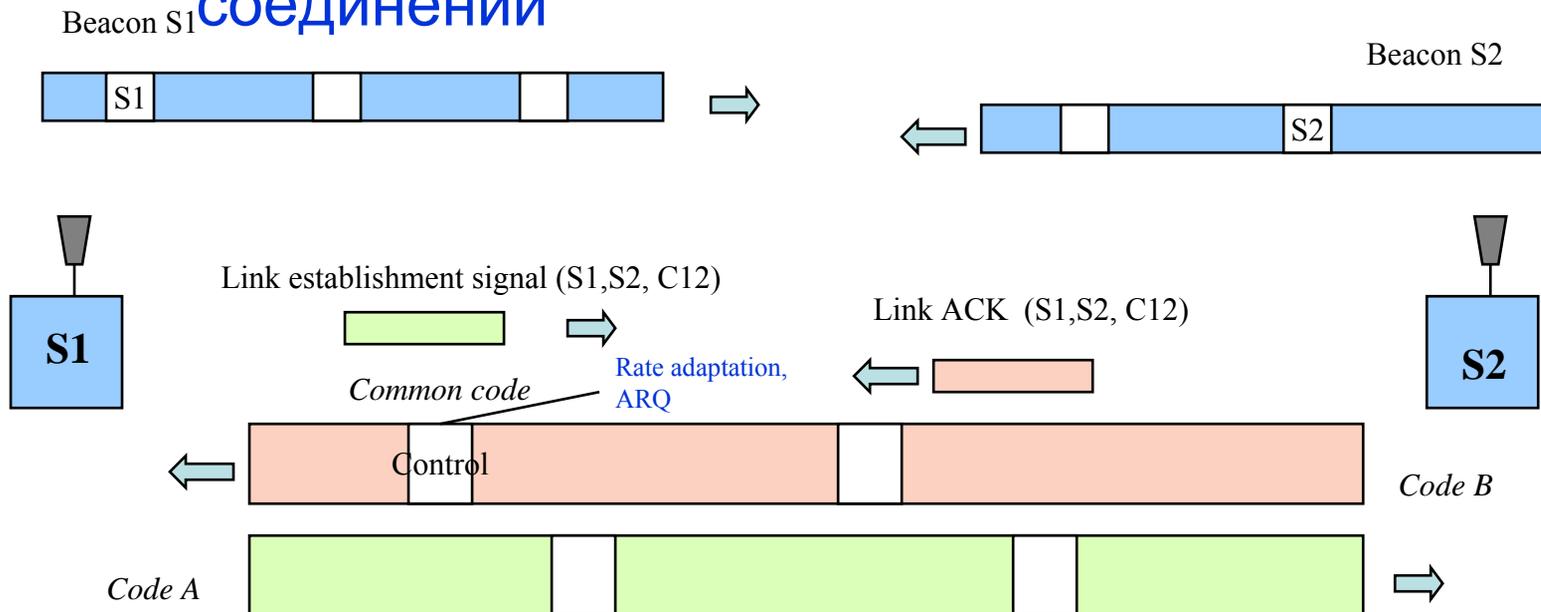
# UWB: пример протокола MAC

- MAC для передачи больших объемов данных
  - Используется CDMA
  - Упрощаются требования к физическому уровню UWB



# UWB: пример ad-hoc MAC уровня

- Возможный вариант MAC уровня при DS/CDMA UWB PHY:
  - Отдельный непрерывный канал для синхронизации
  - Низкая битовая скорость, основной канал имеет широкий спектр
  - Протокол для установления битовой скорости при соединении



# Влияние эффектов

- **распространения радиоволн**
  - Эффекты распространения радиоволн приводят к возникновению проблем «скрытой точки» и «видимой точки»
  - Проблема появляется как в режиме с базовой станцией, так и в ad-hoc
  - Решения проблемы «скрытой точки»:
    - Передавать управляющую проблему с базовой станции
    - Механизм RTS/CTS в 802.11
    - Отдельная процедура обнаружения узлов сети

# Влияние эффектов распространения радиоволн

- Решение проблемы «видимой точки»(это более сложная проблема)
  - MACA-P (Arup Acharya, 2002)
  - D-LSMA (Zhibin Wu)

# Влияние качества канала

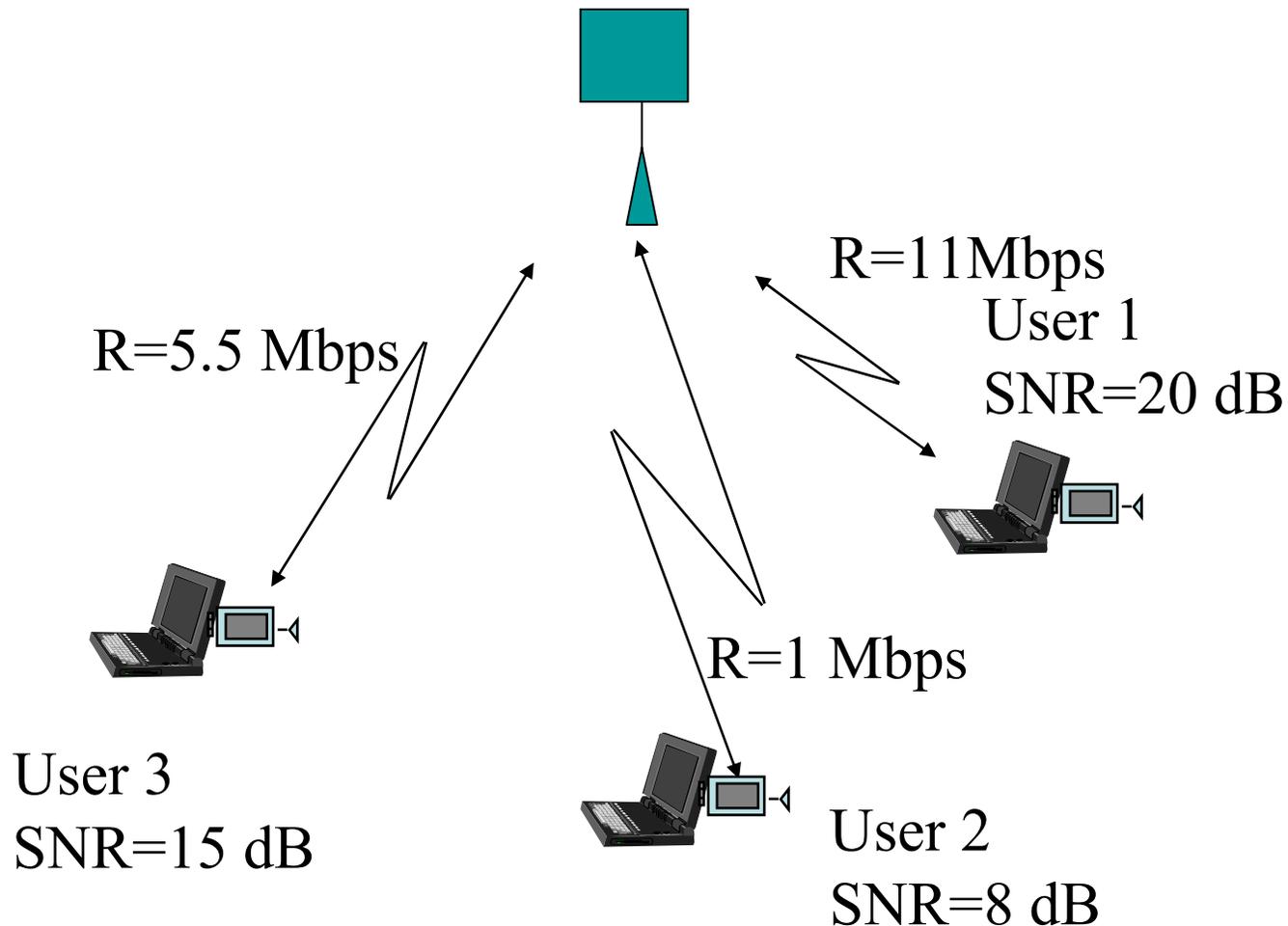
- Изменение во времени SNR определяют особенности MAC уровня:
  - Адаптивное изменение битовой скорости (e.g. 802.11). Приводит к большим изменениям времени передачи пакетов, увеличения избыточности пакетов и т.п.
  - Может увеличиваться вероятность ошибок в пакетах, что приводит к повторной передаче и уменьшению пропускной способности канала
  - Возможны случаи комбинирования этих эффектов

# Влияние качества канала

- Типичные решения:
  - Небольшие пакеты или адаптивная фрагментация пакетов
  - Встроенный протокол контроля качества канала (RLC), например АСК в 802.11 или групповой АСК в DTDMA
  - Задержка при передаче данных для повторно передаваемых пакетов
  - Управление MAC на основе качества канала

# Влияние качества канала

- Управление в 802.11



# Влияние качества канала

- Управление в 802.11 основано на качестве канала, необходимой пропускной способности, и т.п.



Channel time (without scheduling)



Channel time (with scheduling)

@5.5 Mbps

# Требования сетевого уровня: MAC для multi-hop сетей

- MAC должен быть оптимизирован для различных типов сервисов (режим multi-hop или single hop с базовой станцией)
- Например, протокол DCSMA для маршрутизации в ad-hoc сетях

# Сетевой уровень: поддержка QoS

- Некоторые беспроводные MAC - уровни поддерживают различные QoS
- Явная поддержка присутствует в D-TDMA системах (с установлением соединения)
- Гибридный метод конкуренции за канал в 802.11 (не поддерживается большинством производителей)
  - PCF (point co-ordination function)