

Особенности реализации
канального уровня и
механизмов межуровневого
взаимодействия в
беспроводных сетях

План лекции

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

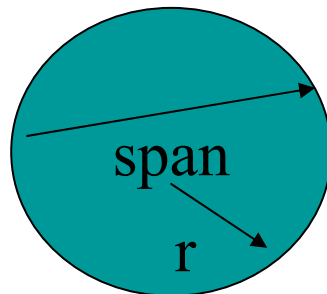
- Необходимо учитывать требования вышестоящих уровней
 - Сеть с базовой станцией или ad-hoc режим
 - Single vs. multi-hop usage
 - Поддержка соединений или сеть без соединений
 - Ограничения по задержкам
 - Поддержка QoS
 - Формат пакетов и их фрагментация
 - Необходимый уровень надежности на вышестоящих 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 μ s, 1 Km ~ 10 μ s, 10 Km ~ 100 μ s
 - Pkt size = 50B -> tx time @ 10Mbps = 40 μ s, @100 Mbps = 4 μ s
 - Pkt size = 1000B -> tx time @ 10Mbps = 800 μ s, @100 Mbps = 80 μ s



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

Влияние задержек на распространение и битовой скорости

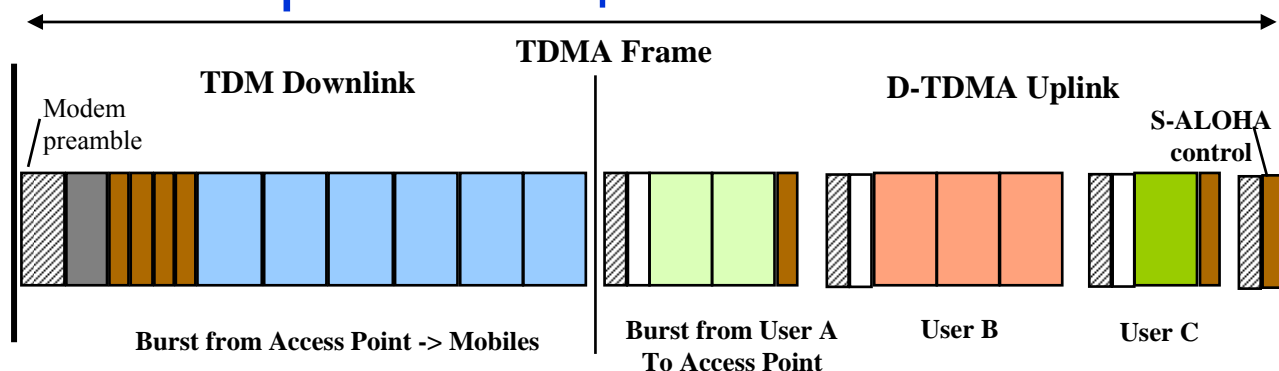
- В 802.11 используется CSMA/CA, который применим только в случае $\alpha \ll 1$ (WPAN and WLAN)
 - Как реализовать mesh-сеть 802.11 со средним расстоянием между узлами $\sim 1-10$ км и битовой скоростью $R \sim 10-100$ Mbps
 - 802.16 имеет похожие параметры
 - Альтернатива – использовать TDMA протоколы
- 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 μ s @1Mbps
- Параметры WATM: заголовок для синхронизации 16В, поле управления 8В, полная длина 8 μ s @25Mbps

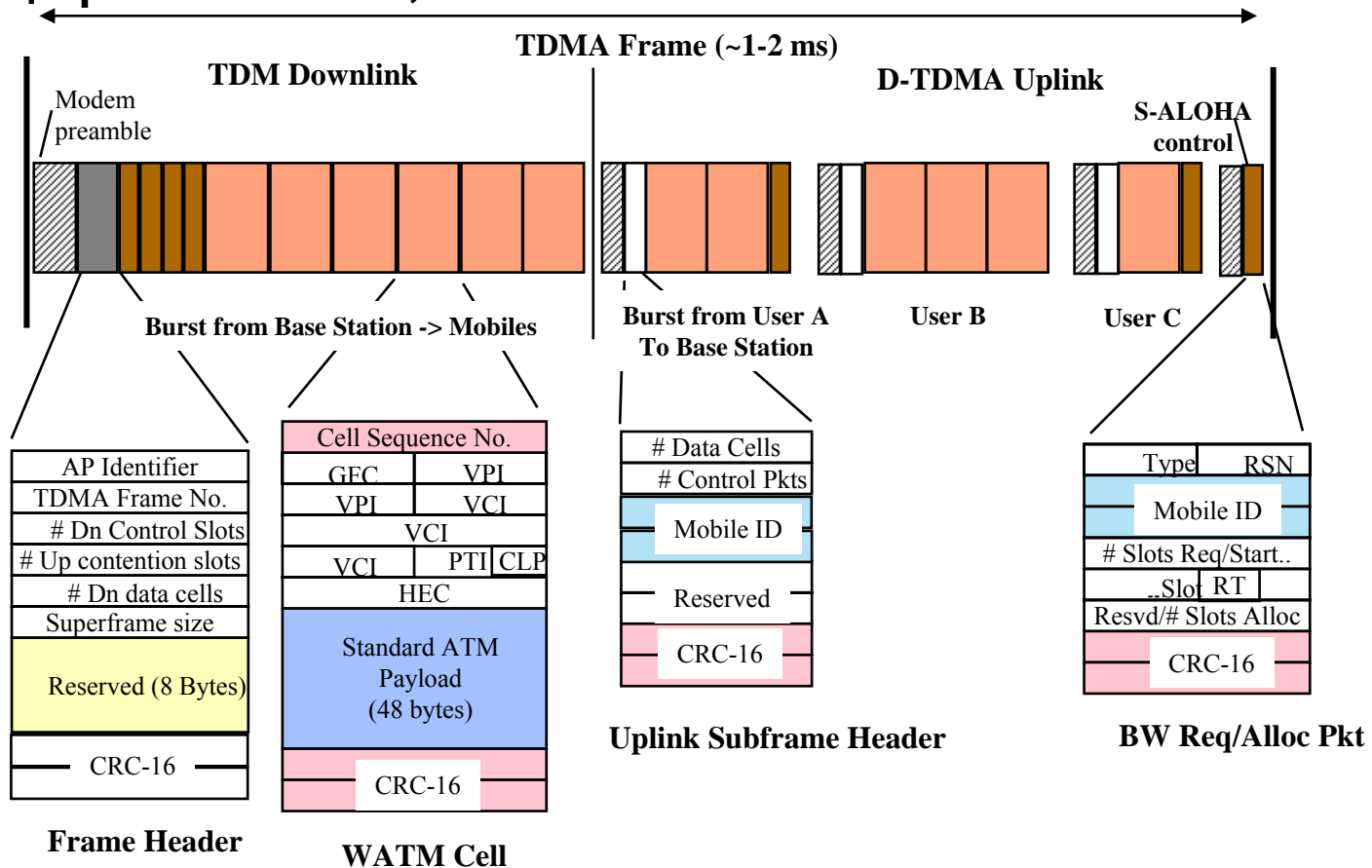
Протокол TDMA/TDD

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



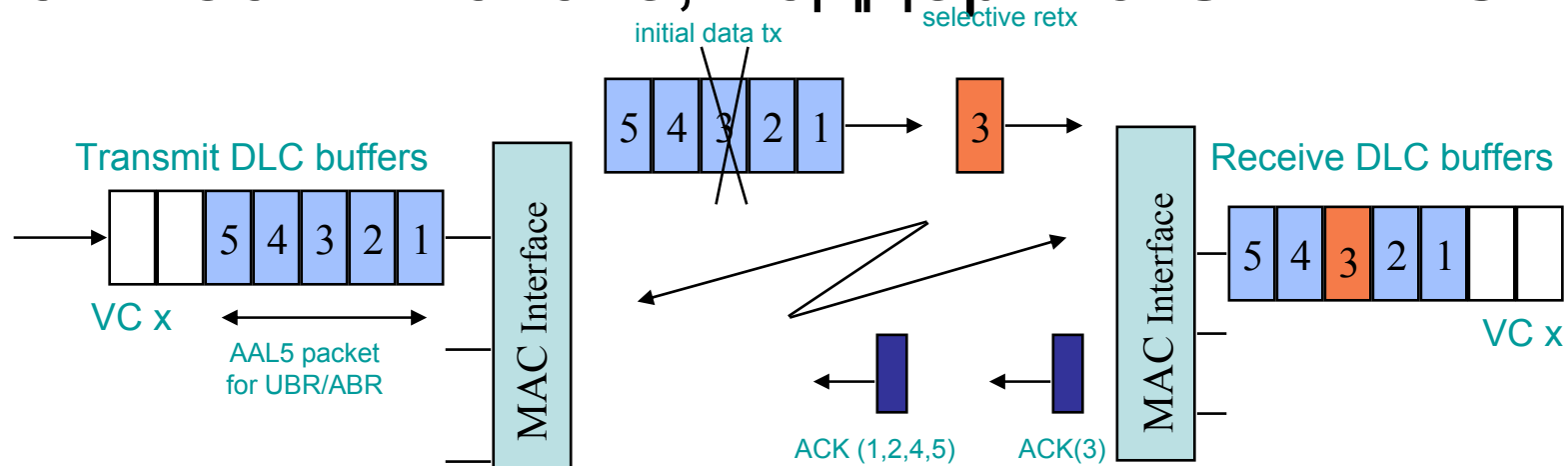
TDMA/TDD MAC

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



Протокол D-TDMA RLC

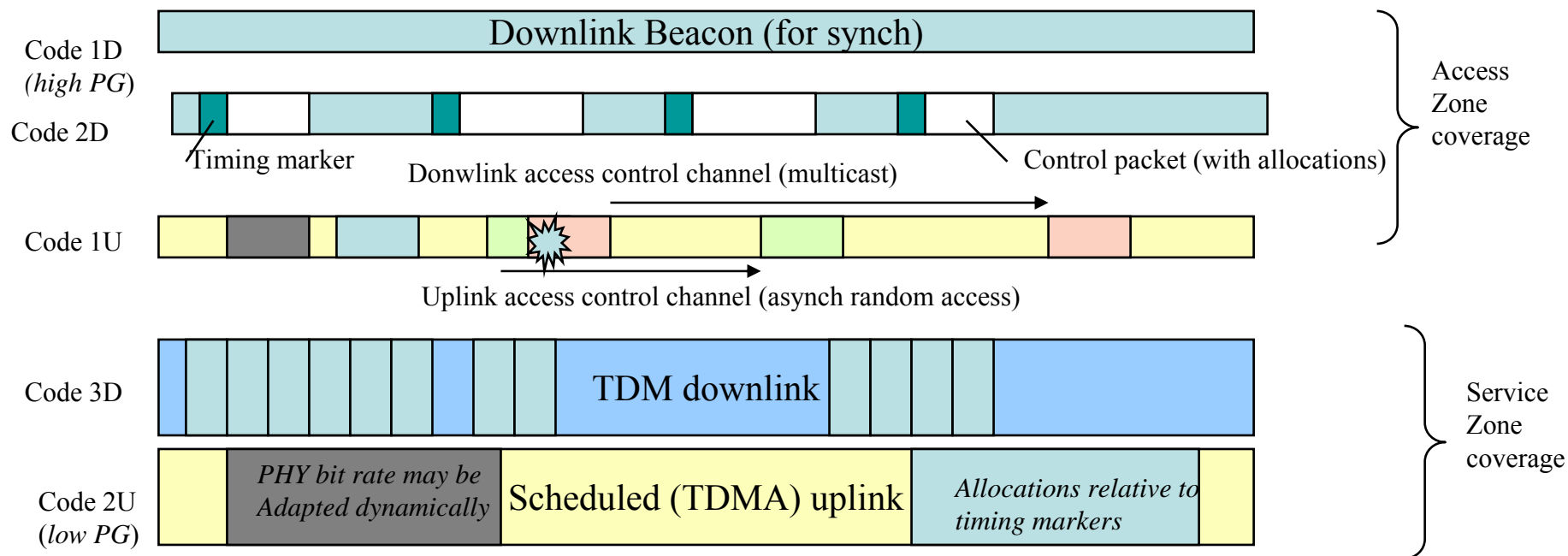
- RLC с групповым АСК для обнаружения ошибок в потоке, поддержка UBR и CBR



- Используется буферизация и упорядочивание для каждой службы

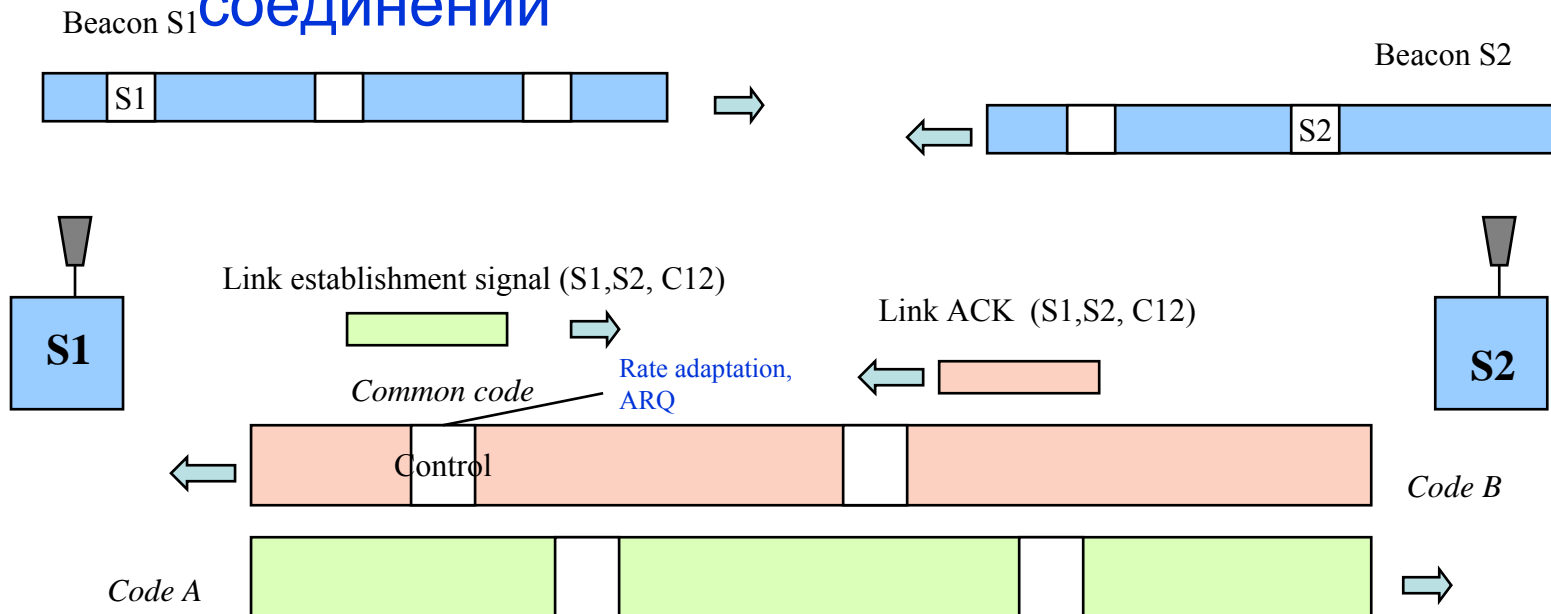
UWB: пример протокола MAC

- 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

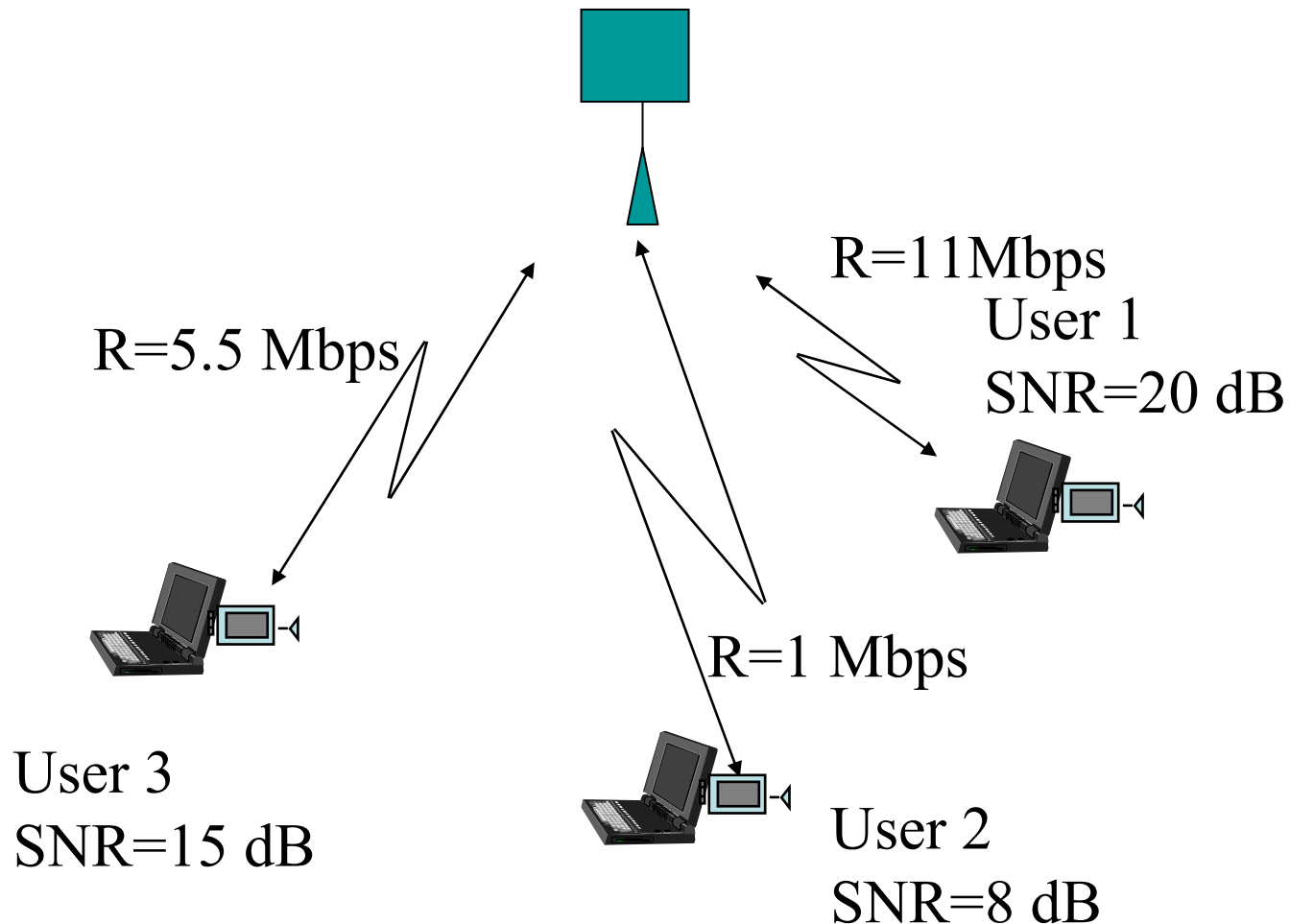
- Изменение во времени SNR определяют особенности MAC уровня:
 - Адаптивное изменение битовой скорости (e.g. 802.11). Приводит к большим изменениям времени передачи пакетов, увеличения избыточности пакетов и т.п.
 - Может увеличиваться вероятность ошибок в пакетах, что приводит к повторной передаче и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

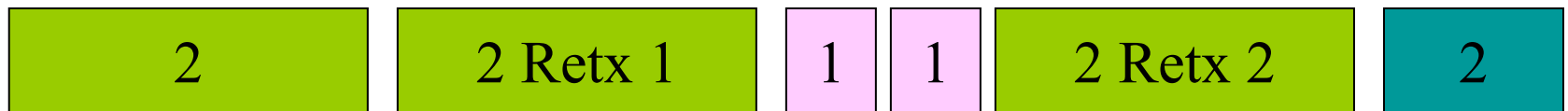
Влияние качества канала

- Управление в 802.11

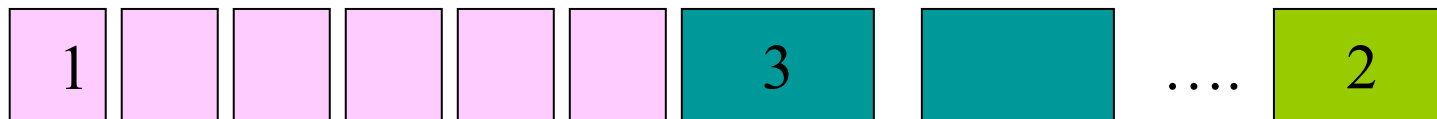


Влияние качества канала

- 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)