

## Поиск многоадресного маршрута для мультимедийных потоков в Mesh-сетях

Фейзханов Р.У.  
группа 818

Выпускная квалификационная работа, 2012

Научный руководитель: к.т.н. Сафонов А. А.

- 1 Введение
- 2 Модель сети и постановка задачи
- 3 Алгоритмы построения дерева
- 4 Исследование алгоритмов
- 5 Результаты работы

- 1 Введение
- 2 Модель сети и постановка задачи
- 3 Алгоритмы построения дерева
- 4 Исследование алгоритмов
- 5 Результаты работы

## Mesh-сети

### Ключевые особенности:

- 1 Беспроводные
- 2 Самоорганизующиеся (отсутствуют базовые станции)
- 3 Многошаговые (в отличие от других беспроводных сетей)
- 4 Адаптивные (динамическая маршрутизация)

## Преимущества Mesh-сетей

- 1 возможность передачи данных на большие расстояния без увеличения мощности передатчика
- 2 устойчивость к изменениям параметров сети
- 3 высокая скорость развертывания
- 4 возможность быстрой реконфигурации в условиях неблагоприятной помеховой обстановки

## Проблемы Mesh-сетей

При построении Mesh-сетей возникают следующие проблемы:

- 1 проблема эффективности применяемых методов маршрутизации для удовлетворения QoS
- 2 проблема максимизации общей пропускной способности сети

## Мультимедийный трафик

### Требования по QoS, предъявляемые к трафику

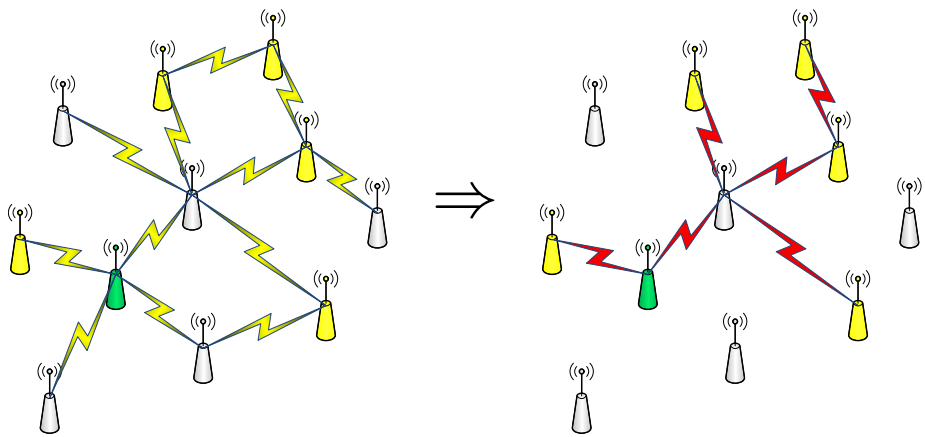
- 1 ограничение на задержку
- 2 ограничение на долю потерянных пакетов

## Введение в задачу

- 1 сеть используется для передачи мультимедийных потоков
- 2 пакет посылается несколько раз на основе информации, полученной в результате работы алгоритма построения маршрута
- 3 обратная связь осуществляется после передачи всей пачки, в связи с чем существенно отсрочена по времени
- 4 ретрансляция начинается не раньше, чем закончатся предыдущие попытки передачи на предыдущем ретрансляторе
- 5 стоимость одной попытки передачи пакета узлом в сети рассчитывается в смысле потребления канальных ресурсов



# Пример



## Решаемая задача

### Входные данные:

- 1 топология сети
- 2 задержка и стоимость передачи пакета на каждом узле
- 3 вероятность успешной передачи пакета между узлами

### Требуется найти:

- 1 маршрутное дерево, от источника до получателей
- 2 число попыток передачи на каждом узле дерева

Такие, что:

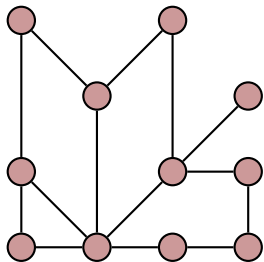
- 1 выполнены условия на задержку и долю потерянных пакетов
- 2 максимально число охваченных получателей
- 3 минимальна стоимость рассылки в смысле ресурсов сети



- 1 Введение
- 2 Модель сети и постановка задачи**
- 3 Алгоритмы построения дерева
- 4 Исследование алгоритмов
- 5 Результаты работы

## Модель сети

Сеть представляется в виде ориентированного взвешенного графа  $G(V, E)$ .



Вес ребра задается вектором из трех компонент  $(p_{ij}, d_{ij}, c_{ij})$ , где:

- $p_{ij}$  – вероятность успешной передачи пакета между узлами  $i$  и  $j$
- $d_{ij}$  – задержка передачи пакета между узлами  $i$  и  $j$
- $c_{ij}$  – стоимость передачи пакета между узлами  $i$  и  $j$

## Модель сети

Для каждой вершины  $i \in E$  задано число  $N_i$  – число безусловных попыток передачи узлом  $i$ .

Вес ребра определяется с помощью  $N_i$ :

- $p_{ij} = 1 - (1 - p_{ij}^0)^{N_i}$
- $d_{ij} = d_i^0 + \Delta(N_i - 1)$
- $c_{ij} = c_i^0 N_i$

где  $(p_{ij}^0, d_i^0, c_i^0)$  – вес ребра при одной попытке передачи.

## Характеристики маршрута

### Доля потерянных пакетов

$$PLR_{route} = \sum_{i=1}^{n-1} (1 - p_{r_i, r_{i+1}})$$

### Задержка

$$Delay_{route} = \sum_{i=1}^{n-1} d_{r_i, r_{i+1}} + d_{r_{n-1}, r_n}^0 + \Delta \frac{\sum_{h=1}^{N_{r_{n-1}}-1} h(1-p_{r_{n-1}, r_n}^0)^h p_{r_{n-1}, r_n}^0}{p_{r_{n-1}, r_n}}$$

### Стоимость

$$Cost_{route} = \sum_{i=1}^{n-1} c_{r_i}^0 N_{r_i}$$

## Характеристики маршрутного дерева

### Стоимость групповой рассылки

$$C_0 = \sum_{n \in E'} c_n^0 N_n$$

### Доля недостижимых получателей

$$N_u = \frac{|V_{dest} \setminus V'|}{|V_{dest}|}$$

Причины недостижимости получателей – невыполнение условий на задержку и долю потерянных пакетов

## Постановка задачи

Задача построения маршрута заключается в нахождении:

- 1 связного подграфа  $G'(V', E')$ ;
- 2 вектора  $\vec{N} = (N_i : i \in E')$  чисел безусловных попыток передачи узлами сети;

таких, что:

- 1 для любого получателя выполняется ограничение  $PLR_{max}$  на долю потерянных пакетов и ограничение  $D_{max}$  на среднюю задержку
- 2 число получателей  $N_u$ , недостижимых подграфом минимально среди всех возможных подграфов, удовлетворяющих условию 1
- 3 стоимость многоадресной рассылки  $C_0$  минимальна среди всех возможных подграфов, удовлетворяющих условию 2



## Формальная постановка задачи

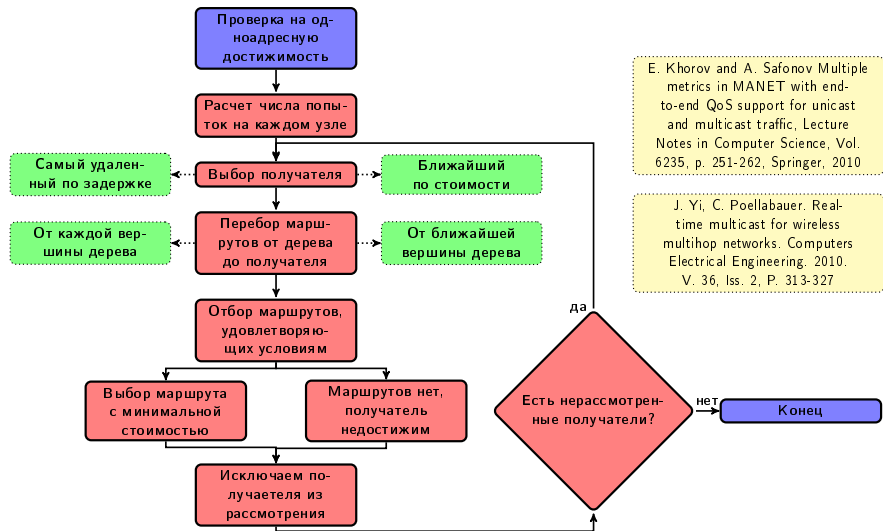
$$\left\{ \begin{array}{l} \forall dest \in E' : Delay_{dest} \leq Delay_{max} \\ \forall dest \in E' : PLR_{dest} \leq PLR_{max} \\ N_u = \frac{|V_{dest} \setminus V'|}{|V_{dest}|} \rightarrow min \\ C_0 = \sum_{n \in E'} c_n^0 N_n \rightarrow min \end{array} \right.$$

## Критерии работы алгоритмов

- 1 Доля недостижимых получателей
- 2 Стоимость многоадресной рассылки
- 3 Среднее время работы

- 1 Введение
- 2 Модель сети и постановка задачи
- 3 Алгоритмы построения дерева**
- 4 Исследование алгоритмов
- 5 Результаты работы

# Базовый алгоритм



E. Khorov and A. Safonov Multiple metrics in MANET with end-to-end QoS support for unicast and multicast traffic, Lecture Notes in Computer Science, Vol. 6235, p. 251-262, Springer, 2010

J. Yi, C. Poellabauer. Real-time multicast for wireless multihop networks. Computers Electrical Engineering. 2010. V. 36, Iss. 2, P. 313-327

## Сравнимые алгоритмы

	алгоритм без перебора стыковых узлов	алгоритм с перебором стыковых узлов
выбор получателя по задержке	<i>heuristic-delay</i>	<i>greedy-delay</i>
выбор получателя по стоимости	<i>heuristic-cost</i>	<i>greedy-cost</i>

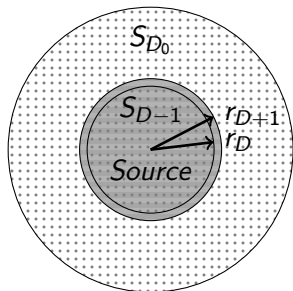
- 1 Введение
- 2 Модель сети и постановка задачи
- 3 Алгоритмы построения дерева
- 4 Исследование алгоритмов**
- 5 Результаты работы

## Допущения и обозначения модели

Допущения	Формулы
число вершин в графе достаточно большое	$N_{nodes} \gg 1$
получателей гораздо меньше числа вершин в графе	$D_0 \ll N_{nodes}$
число вершин, удаленных на расстояние $r$ в метрике "hop" от источника, линейно растет при росте $r$	$N_{r_D} \sim r_D$
получатели распределены равномерно по графу	$\frac{D}{D_0} = \frac{S_D}{S_{D_0}}$
веса всех ребер одинаковые	$(p_{ij}, d_{ij}, c_{ij}) = const$

- $N_{nodes}$  – число вершин в графе
- $D$  – число рассмотренных получателей
- $D_0$  – общее число получателей
- $r_D$  – расстояние в метрике "hop" от источника до самой удаленной вершины маршрутного дерева,
- $S_D$  – число вершин графа, которые удалены от источника на расстояние, меньшее, чем  $r_D$  ( $S_{D_0}$  – число вершин всего графа)

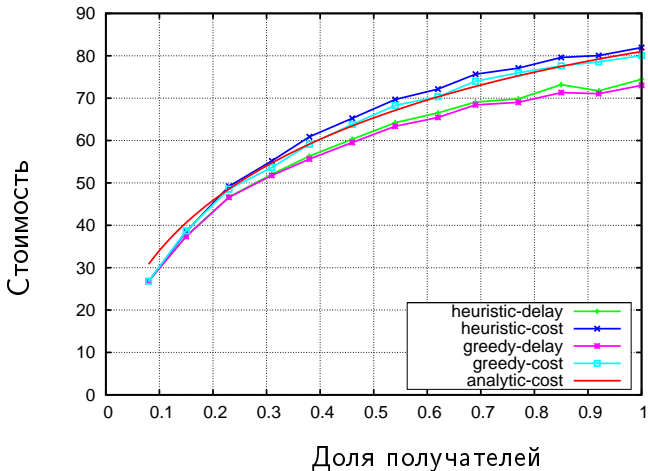
## Графическое представление модели и полученные зависимости



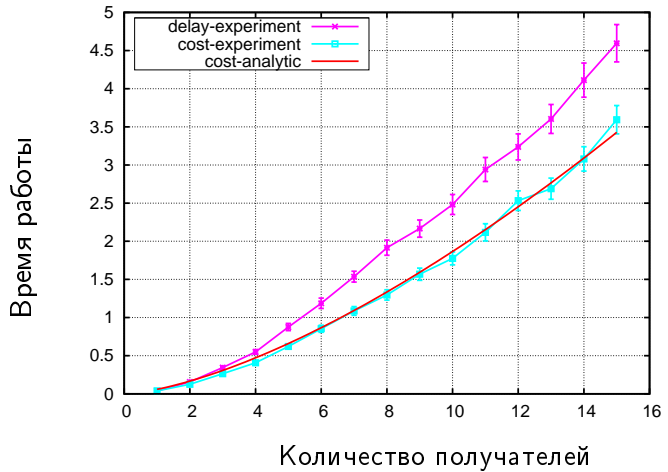
- $C_0 \sim A\sqrt{D_0} - D_0$
- $T_{Heuristic} = T_0 + \alpha D_0$
- $T_{Greedy} = T_0 + \beta D_0^{3/2}$
- $N_u = 1 - \epsilon Delay_{max}^2 (\delta - \ln(Delay_{max}))^2$



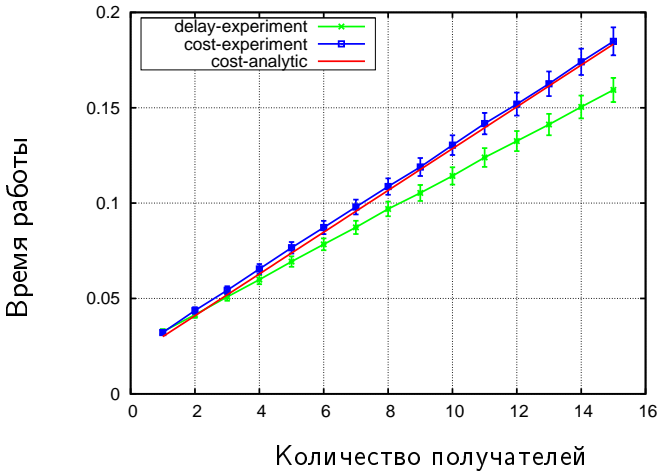
## Стоимость групповой рассылки



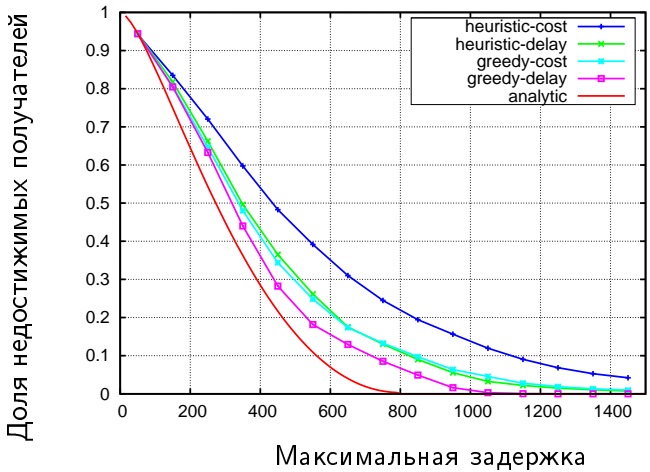
# Среднее время работы алгоритмов *greedy*



## Среднее время работы алгоритмов *heuristic*



# Число недостижимых получателей



- 1 Введение
- 2 Модель сети и постановка задачи
- 3 Алгоритмы построения дерева
- 4 Исследование алгоритмов
- 5 Результаты работы**

## Результаты работы

- предложены алгоритмы построения многоадресных маршрутов для мультимедийных потоков
- построена аналитическая модель для оценки основных показателей эффективности алгоритмов
- проведено имитационное моделирование для валидации аналитической модели
- найдены области применимости алгоритмов
- проведено исследование, показывающее слабые и сильные стороны каждого из алгоритмов, на основе которого возможно построение новых алгоритмов многоадресной маршрутизации с лучшими показателями эффективности



# Спасибо за внимание