



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Факультет компьютерных наук
Департамент программной инженерии
Курсовая работа

Программа назначения спектра для распределенных
КОГНИТИВНЫХ СЕТЕЙ

Выполнил студент группы 101 ПИ
Конобеев Михаил Семенович
Научный руководитель:
профессор департамента программной инженерии, к.т.н
Авдошин Сергей Михайлович

Предметная область

Когнитивная сеть — вид сети связи, который использует последние разработки нескольких областей исследований (машинное обучение, сети передачи данных, компьютерные сети, управление сетью) для решения проблем, существующих в современных сетях связи.

Одна из проблем — проблема утилизации спектра.

Неформальная постановка задачи

Нахождение наилучшего алгоритма присвоения спектров вторичным пользователям.

Для ликвидации интерференции между различными беспроводными устройствами существующий подход назначает различные части диапазона для различных технологий. Такой статичный подход лишает устройства возможности эффективного использования всего диапазона спектров и приводит к спектральным дырам (наличию областей, где нет устройств, использующих данный спектр). Например, по проведенным исследованиям, в Нью-Йорке используется лишь 13.1% занятых радиочастотных спектров а в Вашингтоне 35%. Кроме того, то, большое значение имеет время измерений и радиочастота.

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ РАБОТЫ

Цель работы

Найти оптимальный алгоритм назначения спектра в когнитивной сети в соответствии с параметрами, установленными на следующих слайдах.

Задачи работы

1. Сравнить распределенный и централизованный способ.
2. Смоделировать различные алгоритмы назначения спектров.
3. Реализовать программу позволяющую сравнивать различные алгоритмы назначения спектров.
4. На основании результатов работы программы выбрать наиболее оптимальный способ назначения спектров.



ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ МОДЕЛИ

Введем следующие обозначения:

A — допустимое присвоение спектров вторичным пользователям, не создающие интерференции между ними и первичными пользователями,
 Λ — множество всех допустимых присвоений спектров,
 $label_i$ — значение пометки для вторичного пользователя i ,
 t — число присвоений спектров вторичному пользователю,
 S_i — множество спектров, доступных пользователю i ,
 $b_{i,k}$ — скорость передачи данных для пользователя i на спектре k ,
 $\varphi_{i,k}$ — число соседей пользователя i на спектре k ,
 N — число первичных пользователей,
 M — число вторичных пользователей,
 K — число спектров,
 $d_{i,j}$ — расстояние между пользователями i, j ,
 Θ — радиус действия антенн пользователей,
 $s_{i,k}$ — 1, если спектр i доступен пользователю k и 0 — иначе.

Параметры оценки присвоения спектров

Скорость передачи данных:

$$\max_{A \in \Lambda} \sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^K a_{i,k} \cdot b_{i,k}$$

Равенство условий:

$$\Gamma_{\text{fairness}}(A) = \frac{\left(\sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^K a_{i,k} \cdot b_{i,k} \right)^2}{\left(N \cdot \sum_{i=1}^N \left(\sum_{k=1}^K a_{i,k} \cdot b_{i,k} \right)^2 \right)}, \quad A \in \Lambda_{N \times K}$$

или

$$\Gamma_{\text{fairness}}(A) = \left(\sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^K a_{i,k} \cdot b_{i,k} \right)^2, \quad A \in \Lambda_{N \times K}$$

если

$$\sum_{i=1}^N \left(\sum_{k=1}^K a_{i,k} \cdot b_{i,k} \right)^2 = 0.$$

Представление сети в виде графа

Когнитивную сеть можно представить в виде графа, в котором вершины – вторичные пользователи, ребра соединяют соседей. У каждой вершины существует множество (возможно, пустое) спектров, допустимых для присвоения.

Пример:

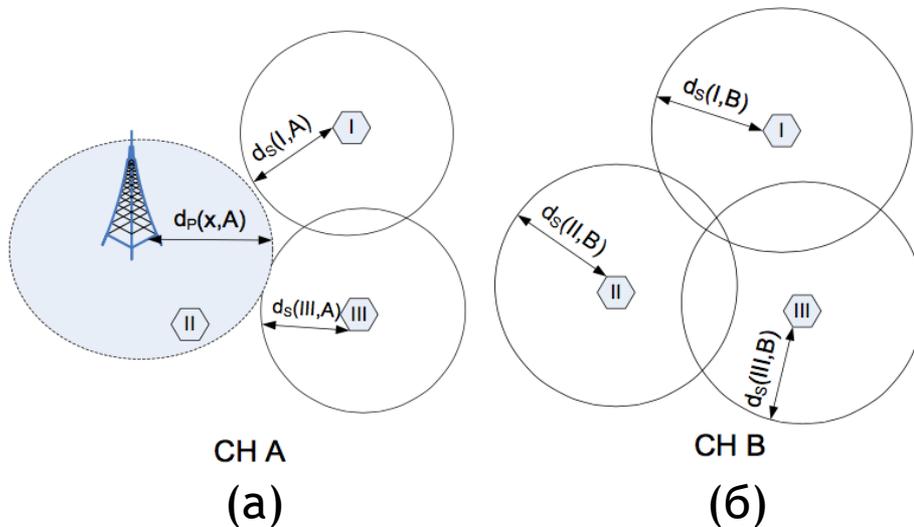


Рисунок 1

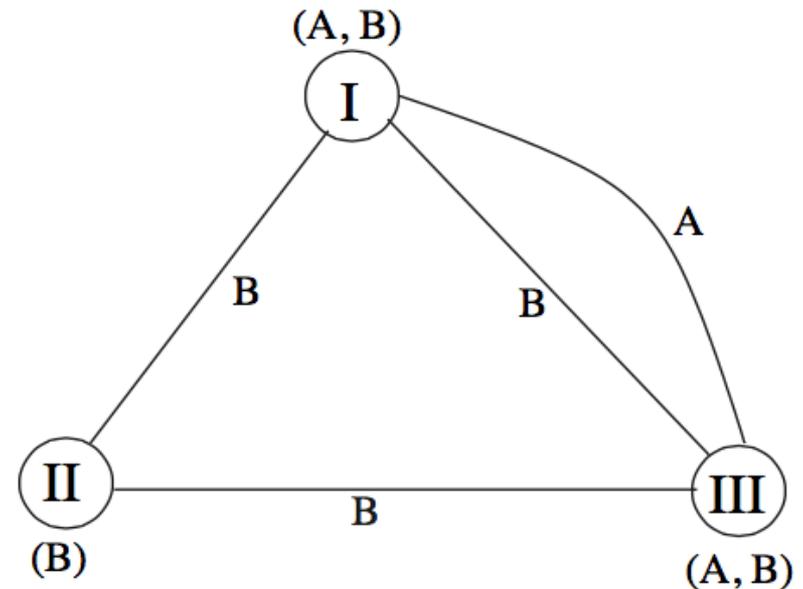


Рисунок 2

Алгоритм создания тестов

- Случайным образом расположить N первичных пользователей на поле, размерами $X * Y$. Каждый первичный пользователь m ($1 \leq m \leq N$).
- Случайным образом расположить M вторичных пользователей на поле, размерами $X * Y$. Каждый вторичный пользователь n ($1 \leq n \leq M$).
- Для $m = 1$ до M :
 - Для $n = 1$ до N :
 - Если расстояние между пользователями m и n меньше суммарного значения радиуса действия их антенн:
 - Удалить спектр, используемый n из списка спектров доступных для m .
- Для $m = 1$ до $M - 1$:
 - Для $i = m + 1$ до M :
 - Для $n = 1$ до N :
 - Если расстояние между пользователями m и i меньше суммарного значения радиуса действия их антенн:
 - Добавить пользователям m и i конфликт на спектре n .

Вычислительная сложность: $O(M^2 * N)$.



Распределенный алгоритм назначения спектров

- Пока существует спектр, не присвоенный ни одному вторичному пользователю:
 - Каждый вторичный пользователь присваивает себе пометку в соответствии с заданной эвристикой и транслирует эту пометку соседям.
 - После получения пометок от всех соседей, вторичный пользователь с наибольшей пометкой в соседстве выбирает спектр ассоциированный с данной пометкой, присваивает его себе и транслирует выбор данного спектра. Соседи данного пользователя имеющие этот спектр должны удалить его из списка доступных, а также удалить все конфликты, связанные с ним.

Вычислительная сложность: $O(M^2 * K (X + M))$

Fairness Bargaining with Maximum Throughput (FBMT)

Формула нахождения значения пометки:

$$label_i = \max_{k \in S_i} \frac{b_{i,k}}{\phi_{i,k} + 1} \cdot \frac{\sum_{j=1}^M 1\{d_{i,j} \leq \Theta\}}{\sum_{k=1}^K s_{i,k}}$$

или

$$label_i = \max_{k \in S_i} \frac{b_{i,k}}{\phi_{i,k} + 1} \cdot \sum_{j=1}^M 1\{d_{i,j} \leq \Theta\}$$

если

$$\sum_{k=1}^K s_{i,k} = 0$$

Вычислительная сложность: $O(K^2 * M)$.

Collaborative-Max-Sum-Bandwidth Rule (CMSB)

Формула нахождения значения пометки:

$$label_i = \max_{k \in S_i} \frac{b_{i,k}}{\phi_{i,k} + 1}$$

Вычислительная сложность: $O(K * M)$.

Random (RAND)

Формула нахождения значения пометки:

$$label_i = \max_{k \in S_i} rand(0, window_i)$$

Если в соседстве пользователь i получает спектр, то

$$window_i / = 2$$

иначе

$$window_i * = 2$$

Вычислительная сложность: $O(K * M)$.

ВЫБОР СРЕДСТВ РЕАЛИЗАЦИИ

Описанная математическая модель позволяет описывать необходимые процессы в когнитивной сети. Представление задачи в виде задачи о раскраске графа позволяет доказать, что она NP-сложная и опереться на существующие методы решения. В ходе программной реализации была написана библиотека, моделирующая когнитивную сеть и позволяющая назначать спектр вторичным пользователям с использованием разных эвристик. Для отображения данных о работе алгоритма используется гистограмма и линейная диаграмма. Пользовательский интерфейс представляет собой WPF приложение.



ВЫВОДЫ

В ходе данной работы были смоделированы различные способы назначения спектров для когнитивной сети. Созданное приложение позволяет оценивать результаты их работы для различного числа первичных, вторичных пользователей и числа спектров в сети.



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Спасибо за внимание!

Конобеев Михаил Семенович
konobeev.michael@gmail.com

101000, Россия, Москва, Мясницкая ул., д. 20
Тел.: (495) 621-7983, факс: (495) 628-7931
www.hse.ru