Беспроводные сети ad-hoc. Введение

На семинаре были разобраны базовые свойства некоторой беспроводных систем ad-hoc (системы "карманного радио") и разобрана простая модель подобной системы.

Пусть на плоский круг единичной площади бросаются независимо и равномерно N передатчиков, чьё положение обозначим X_i, $i = 1, \ldots, n$. Полагаем, что каждый передатчик способен передавать информацию только на расстояние $r(n)$, т.е. передатчик i может передавать данные передатчику j, только если $\|X_i - X_j\| \le r(n)$.

Основное время мы разбирали вопрос связности системы: при каких значениях $r(n)$ можно с высокой вероятностью передавать с любого передатчика на любой другой.

Опуская некоторые технические детали было показано:

Теорема 1. *Пусть*

$$r(n) = \frac{\ln n + c}{n}, \quad c > 0.$$

Тогда выполнена следующая оценка:

$$\liminf_{n\to\infty} \mathbb{P}\{\textit{Система не связана}\} \ge e^{-c}(1 - e^{-c}).$$

Без доказательства были сформулированы следующие два утверждения:

Теорема 2. *Пусть*

$$r(n) = \frac{\ln n + c}{n}, \quad c > 0.$$

Тогда выполнена следующая оценка:

$$\limsup_{n\to\infty} \mathbb{P}\{\textit{Система не связана}\} \le 4e^{-c}.$$

Следствие 1. *Если*

$$r(n) = \frac{\ln n + c(n)}{n} \quad \textit{и} \quad c(n) \to \infty,$$

то

$$\lim_{n\to\infty} \mathbb{P}\{\textit{Система связана}\} = 1.$$

Далее было добавлено важное условие для системы: передатчики не должны мешать друг другу передавать данные. Как пример, было наложено условие, что для успешной одновременной передачи данных передатчиками i и k необходимо, чтобы $\|X_i - X_k\| > (1 + \Delta) r(n)$ для некоторой константы $\Delta > 0$.

Дополнительно на круг бросаются независимо и равномерно N пользователей, чьё положение обозначим Y_i, $i = 1, \ldots, n$, при этом $\{X_i\}_{i=1}^n$ и $\{Y_j\}_{j=1}^n$ независимы. Данные пользователи обмениваются друг с другом информацией посылая её по цепочке передатчиков. Мы считаем, что для пользователей такие же ограничения на передачу информации, что и для переключателей. Пусть каждый пользователь выбрал себе независимо ни от чего другого пользователя, которому будет посылать данные.

Мы говорим, что наша система имеет *проходимость* не меньше λ, если существует такое расписание и такое число $T > 0$, что внутри любого временного промежутка $[(m-1)T,\ T)$, $m \ge 1$, каждый пользователь может успешно отправить не менее λT единиц данных.

Теорема 3. *Пусть у всех пользователей и передатчиков одинаковая скорость передачи данных. Тогда существуют такие константы $c, c' > 0$, что*

$$\lim_{n\to\infty} \mathbb{P}\{\textit{Проходимость системы не меньше } \frac{c}{(1+\Delta)^2\sqrt{n\ln n}}\} = 1,$$

$$\lim_{n\to\infty} \mathbb{P}\{\textit{Проходимость системы не меньше } \frac{c'}{\Delta^2\sqrt{n\ln n}}\} = 0.$$

Остаток семинара мы обсуждали интуицию, стоящую за последним результатом.