

## АНАЛИЗ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ БОЛЬШИХ АД-НОС СЕТЕЙ СТАНДАРТА IEEE 802.11

ABSTRACT: IEEE 802.11 MAC has been shown to be inefficient in the multihop ad-hoc networks because of its hidden terminal problem and exposed terminal problem. The analytical model proposed helps to estimate the optimal offered load at the source that maximizes the saturation throughput of the network with a string topology. This model allows to identify, whether the sustainable throughput of that type of network is hidden-station limited or exposed-station limited.

Протокольный стек сетей стандарта IEEE 802.11 разрабатывался применительно к инфраструктурным и ad-hoc-сетям малого диаметра, в которых все узлы находятся на расстоянии уверенного приема. Однако, в последнее время пристальное внимание привлекают беспроводные ad-hoc сети большого диаметра, т.е. сети, в которых непосредственное взаимодействие между любой парой станций оказывается невозможным, но каждая станция может выполнять задачу IP-маршрутизации. Поскольку протокольный стек IEEE 802.11 стал стандартом де-факто для локальных беспроводных сетей, то исследование его функционирования в условиях сетей большого диаметра достаточно актуально.

Моделирование сети линейной топологии (рис. 1), в которой непосредственная связь возможна только между ближайшими узлами, было проведено в среде имитационного моделирования NS-2. Исследовалась производительность сети, измеряемая суммарным размером поля данных в верно принятых MAC-кадрах за время отсчета (1 секунда). Для моделирования был выбран UDP-поток постоянной интенсивности, передаваемый от первого к последнему узлу цепочки в условиях статической маршрутизации на сетевом уровне. Полная длительность каждого эксперимента составляла 100 сек. Полученные значения производительности усреднялись. При любой длине цепочки изменение интенсивности входного потока приводит вначале почти к линейному росту производительности сети, которая при достижении определенного значения стабилизируется и более не изменяется. Зависимость предельно достижимой производительности сети при разных длинах цепочек приведенная на рис. 2.

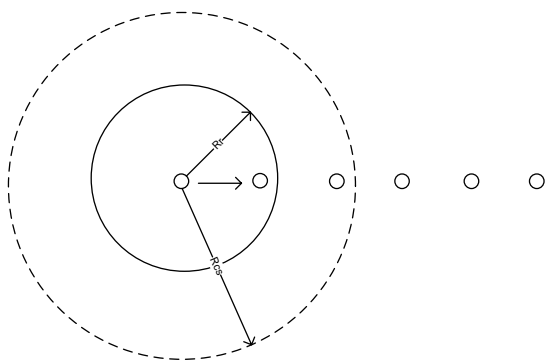


Рис. 1

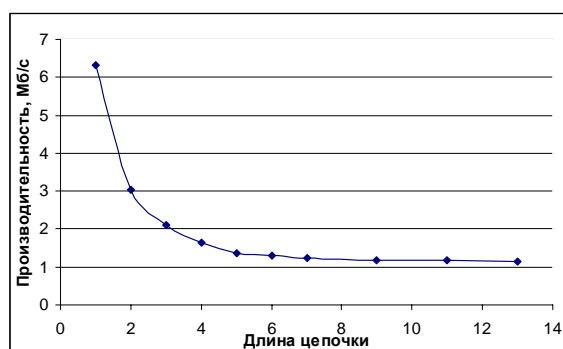


Рис. 2

Моделирование определило основные причины потерь в производительности:

- неоптимальное значение скорости генерации трафика (потери переполнения буфера).
- потери кадров из-за коллизий, связанных с эффектом скрытой станции.
- потери в производительности из-за эффекта мнимой станции, когда ресурс среды использован не полностью.

Также был зафиксирован «краевой эффект», заключающийся в повышенном уровне потерь кадров на узлах начала цепочки.

В работах, посвященных исследованию таких сетей, подобные явления фиксировались неоднократно, высказывались многочисленные предположения об их причинах, в числе которых упоминались также эффекты скрытой и мнимой станций. Однако количественные оценки вклада этих двух факторов пока отсутствуют.

В работе была сформирована аналитическая модель, учитывающая упомянутые эффекты. При этом были приняты следующие допущения:

- цепочка длинная, то есть «краевой эффект» не учитывается,
- передача пакетов станцией не зависит от передач пакетов другими станциями, находящимися вне области чувствительности ее приемника.

Получено выражение (1) для расчета максимальной производительности сети линейной топологии и выражение (2) для определения коэффициента использования среды успешными передачами.

$$T = x \cdot \left(1 - m \cdot \frac{x}{1 - 2x}\right) \cdot d \cdot R, \quad \arg \max_x T(x) = x^* = \left( \frac{(2 + m) - \sqrt{m^2 + 2m}}{4 + 2m} \right) \quad (1)$$

$$y = (5 + w)x - \frac{2x^2}{1 - (2 + w)x} - \frac{x^2(1 - (3 + w)x)}{(1 - (2 + w)x)^2}. \quad (2)$$

В этих выражениях:  $T$  – производительность (в Мб/с) на каждом узле сети,  $\rho$  – вероятность коллизии,  $R = 11 \text{ Мб/с}$  – битовая скорость передачи данных,  $x = \frac{|Si|}{t}$  –  $t$  – время анализа,  $Si$  – время успешных передач  $i$ -ой станции.

$$d = \text{Data} / (DIFS + \text{Frame} + SIFS + ACK), \quad m = \frac{\text{Frame}}{(DIFS + \text{Frame} + SIFS + ACK)},$$

$$w = \frac{CW_{\min} - 1) \cdot \sigma / 2}{(DIFS + \text{Frame} + SIFS + ACK)},$$

$\text{Data}$  – время передачи поля данных кадра,  $\text{Frame}$  – время передачи кадра,  $DIFS, SIFS, ACK$  – межкадровые интервалы и время передачи кадра-подтверждения.

Рассчитанная по формуле (1) зависимость с точностью не хуже 6% совпала с результатами имитационного моделирования, представленными на рис. 2. Также из выражения (1) получаем, что производительность сети, ограниченная эффектом только скрытой станции не может быть выше 1,22 Мб/с, что хорошо согласуется с указанным выше результатом. Вместе с тем, учет эффекта только мнимой станции дал значение максимальной производительности, равное 2,29 Мб/с. Сопоставляя эти два значения можно сделать вывод о том, что эффект скрытой станции является более значимым фактором снижения производительности исследуемой сети.