

Szybkie i Energetycznie Efektywne Protokoły dla Radiowych Sieci Ad Hoc

Autor: mgr inż. Marcin Kardas

Promotor: dr hab. inż. Marek Klonowski

Streszczenie

Praca dotyczy wybranych problemów dla radiowych sieci *ad hoc*. Głównym obiektem rozważań są sieci złożone z urządzeń o ograniczonych zasobach obliczeniowych i energetycznych, z komunikacją podatną na zakłócenia. Zajmujemy się przede wszystkim złożonością czasową i energetyczną trzech fundamentalnych zagadnień: *wyboru lidera*, *selekcji* oraz *estymacji rozmiaru sieci*. W ramach rozprawy konstruujemy kilka algorytmów dla rozważanych problemów, a następnie przeprowadzamy ich formalną analizę – w szczególności badamy maksymalne zużycie energii stacji (ściśle związane z liczbą przesyłanych komunikatów).

Wybór lidera Problem wyboru lidera polega na wybraniu z całej sieci dokładnie jednej stacji. W pracy przedstawiamy algorytm FEELE, który dla sieci typu *single-hop* (wszystkie stacje są w swoim zasięgu) o nieznanym rozmiarze n , ma oczekiwany czas działania $O(\log \log^{2/\alpha} n)$, dla ustalonego $\alpha \geq 1$, i oczekiwane maksymalne zużycie energii (rozumiane jako czas, w którym stacja nasłuchuje lub nadaje) $O(\log \log \log n)$. Oczekiwana maksymalna liczba nadawań każdej stacji jest stała.

Selekcja W sieciach radiowych, w których jednoczesne nadawanie przez co najmniej dwie stacje kończy się niepowodzeniem, szczególnie istotne są algorytmy rozstrzygania konfliktów w dostępie do współdzielonego kanału komunikacyjnego. W rozprawie zajmujemy się problemem selekcji, polegającym na przydzieleniu wybranym stacjom wyłącznego dostępu do kanału, tak by każda z nich mogła poprawnie nadać swoją wiadomość. W tej części uogólniamy algorytm selekcji Massey'a w taki sposób, by możliwe było zmniejszenie maksymalnego zużycia energii kosztem umiarkowanego wydłużenia czasu jego wykonania. Udowadniamy, że dla k stacji próbujących nadawać, nowy algorytm potrzebuje czasu $O(k^{1+\varepsilon})$, dla ustalonego $\varepsilon > 0$, a złożoność energetyczna (w tzw. modelu słabym) jest $O(1)$. W pracy pokazano też ograniczenie dolne dla algorytmów jednorodnych – dowolny jednorodny algorytm selekcji działający w czasie $O(k \text{ polylog}(k))$ ma złożoność energetyczną $\Omega(\log(k)/\log \log(k))$. Z obserwacji tej wynika istotna różnica między klasami algorytmów jednorodnych i niejednorodnych. W analizie problemu wykorzystano techniki oparte o dyskretne procesy stochastyczne, w szczególności model kul i urn, oraz metody kombinatoryczne badania losowych drzew *trie*.

Estymacja rozmiaru sieci Znajomość rozmiaru sieci radiowej jest kluczowa w doborze optymalnych wartości dla parametrów wielu algorytmów. W rozprawie skonstruowany i przeanalizowany został algorytm RAR dla asynchronicznego modelu komunikacji. Korzystając z metod analizy zespolonej dokonano zbadania obciążenia oraz wariancji estymatora zwracanego przez algorytm. W pracy rozważono również problem estymacji w modelu synchronicznym, z czasem podzielonym na sloty. Udowodniono, że każdy algorytm $(1 + c)$ -aproxymacji liczby stacji n , dla stałego $c > 0$, działający z prawdopodobieństwem co najmniej $1 - 1/f$, ma złożoność czasową $\Omega(\log \log n + \log f)$.

Poza trzema głównymi częściami, rozprawa zawiera obszerną część dotyczącą ogólnej problematyki sieci *ad hoc* oraz krótki opis technik matematycznych wykorzystywanych w analizie zaprezentowanych algorytmów.