

Streszczenie

W tej rozprawie rozważamy kilka podstawowych problemów komunikacyjnych w bezprzewodowych sieciach typu ad hoc, gdzie interferencje modelowane są za pomocą modelu SINR (Signal to Interference and Noise Ratio). Dwa główne obszary, które badamy dotyczą rozwiązań dla problemów rozgłaszania. Rozpatrujemy problem *lokalnego rozgłaszania*, gdzie zadaniem rozproszonego algorytmu jest zapewnienie, aby każda stacja w sieci przesłała swoją wiadomość do sąsiadów. Drugim głównym problemem rozważanym w rozprawie jest *globalne rozgłaszanie* – problem, który polega na rozesłaniu wiadomości z jednego wyznaczonego węzła do całej sieci. Ponadto prezentujemy ogólne narzędzia algorytmiczne, takie jak klastrowanie sieci, które mają szerokie zastosowanie m.in. w algorytmach dla powyższych problemów. Ostatnia część pracy dotyczy teoretycznych narzędzi do modelowania komunikacji za pomocą alternatywnego modelu sieci bezprzewodowych.

W rozdziale trzecim prezentujemy randomizowany algorytm dla problemu globalnego rozgłaszania. Główne rezultaty to algorytm rozproszony, który rozwiązuje ten problem w $O(D \log^2 n)$ rundach z dużym prawdopodobieństwem, gdzie D jest średnicą sieci, a n oznacza liczbę stacji. Inny wariant tego algorytmu, w przypadku gdy dopuszczalne jest wykonanie pewnych obliczeń przez wszystkie wierzchołki sieci przed rozpoczęciem rozgłaszania, potrzebuje $O(D \log n + \log^2 n)$ rund. Techniki wypracowane na potrzeby tych algorytmów pozwalają na uniknięcie w ich złożoności czynników związanych z rozmieszczeniem stacji w przestrzeni [1]. Ponadto działają one na urządzeniach pozbawionych zdolności geolokacji [4]. Jest to pierwszy znany algorytm rozgłaszania, którego złożoność w takim modelu nie zależy od czynników geometrycznych, które mogą być potencjalnie wykładnicze.

Większość rozdziału czwartego dotyczy algorytmów deterministycznych, jednak używane tam techniki dowodowe istotnie korzystają z narzędzi probabilistycznych. Algorytm zaprezentowany w Sekcji 4.2 rozwiązuje problem globalnego rozgłaszania w czasie $O(n \log N)$ w sieciach dopuszczających istnienie słabych połączeń, gdzie N oznacza rozmiar zbioru identyfikatorów w sieci. Prezentujemy również dolną granicę $\Omega(n \log N)$ dla takiego wariantu problemu, co pokazuje optymalność naszego algorytmu. Może on być rozpatrywany również jako algorytm randomizowany, który przy złożoności $O(n \log n)$ poprawia algorytm $O(n \log^2 n)$ przedstawiony w pracy [1].

W Sekcji 4.3 prezentujemy technikę klastrowania sieci, którą wykorzystujemy w algorytmach rozwiązujących problemy rozgłaszania. Pokazujemy algorytm deterministyczny o złożoności $O(D(\Delta + \log^* n) \log n)$ dla globalnego wariantu problemu, wraz z dolną granicą postaci $\Omega(D\Delta^{1-1/\alpha})$, gdzie Δ oznacza stopień grafu komunikacji, a α jest parametrem modelu SINR związanym z tłumieniem sygnału. Zastosowanie techniki klastrowania w przypadku lokalnego rozgłaszania pozwala nam uzyskać złożoność $O(\Delta \log^* n \log n)$, bliską dolnej granicy $\Omega(\Delta)$, a także złożoności najlepszych algorytmów randomizowanych, która jest rzędu $O(\Delta \log n)$. Wynik ten ściśle poprawia złożoność algorytmu deterministycznego [3], która wynosiła $O(\Delta \log^3 n)$ przy założeniu, że stacje mają możliwość geolokacji.

Ostatnia sekcja w rozdziale czwartym dotyczy problemu lokalnego rozgłaszania w nieadaptacyjnym modelu obliczeń. W modelu tym stacje mogą jedynie transmitować według ustalonego z góry schematu transmisji. Odróżniamy również wariant póładaptacyjny, w którym stacje mogą podjąć decyzję o zaprzestaniu transmitowania w wybranym momencie. Dla każdego z wariantów prezentujemy schemat transmisji, o złożoności $O(\Delta^{2+2/(\alpha-2)} \log N)$ dla wariantu nieadaptacyjnego oraz $O(\Delta \log N)$ dla modelu póładaptacyjnego przy założeniu, że dysponujemy dodatkowym mechanizmem powiadamiania o udanej transmisji.

Rozdział 5 w całości poświęcony jest problemowi *threshold group testing*, który pozornie nie ma wiele wspólnego z problemami komunikacyjnymi. Jego klasyczny wariant (*group testing*) został wprowadzony w latach czterdziestych przez Dorfmana [2], jako narzędzie do projektowania doświadczeń laboratoryjnych, lecz znalazł wiele zastosowań w informatyce. W szczególności, *threshold group testing* z progiem (*threshold*) wynoszącym jeden daje narzędzie do deterministycznej komunikacji w tzw. sieciach radiowych, których uogólnieniem są rozważane w rozprawie sieci SINR. W rozprawie prezentujemy rozwiązanie dla problemu *threshold group testing* o złożoności $O(d^{3/2} \log(N/d))$, gdzie N oznacza rozmiar zbioru identyfikatorów, a d liczbę elementów aktywnych, Rozważamy także uogólnienie powyższego problemu na wariant z wieloma progami, nazwane *multi-threshold group testing*.

Bibliografia

- [1] DAUM, S., GILBERT, S., KUHN, F., AND NEWPORT, C. C. Broadcast in the Ad Hoc SINR Model. In *DISC (2013)*, pp. 358–372.
- [2] DORFMAN, R. The Detection of Defective Members of Large Populations. *The Annals of Mathematical Statistics* 14, 4 (1943), 436–440.
- [3] JURDZIŃSKI, T., AND KOWALSKI, D. R. Distributed Backbone Structure for Algorithms in the SINR Model of Wireless Networks. In *DISC (2012)*, M. K. Aguilera, Ed., vol. 7611 of *Lecture Notes in Computer Science*, Springer, pp. 106–120.
- [4] JURDZIŃSKI, T., KOWALSKI, D. R., RÓŻAŃSKI, M., AND STACHOWIAK, G. Distributed Randomized Broadcasting in Wireless Networks under the SINR Model. In *DISC (2013)*, pp. 373–387.