Sieci mesh

Michał Świtakowski

17 grudnia 2009

Agenda

Co to jest sieć mesh?

Sieć mesh (sieć kratowa) daje możliwość ustanawiania stałych połączeń z wielu, połączonych między sobą węzłów. Jeśli nie wszystkie węzły mogą wymieniać się bezpośrednio danymi między sobą, są przesyłane przez sąsiadów, czyli podobnie jak w sieciach P2P.

Typy sieci kratowych

Możemy wyróżnić trzy podstawowe rodzaje sieci mesh:

- Sieć zbudowana z serwerów
- Sieć zbudowana przez klientów
- Rozwiązania hybrydowe

Zastosowania - ogólnie

Sieć kratowa może sprawdzić się wszędzie gdzie:

- Brakuje infrastruktury
- Wymagana jest mobilność
- Potrzebna jest odporność na awarie
- Chcemy dowolnie poszerzać sieć

Zastosowania - przykłady

- Dostęp do internetu w budynkach, miastach
- Monitoring
- Przemysł, rolnictwo
- Sieci tymczasowe

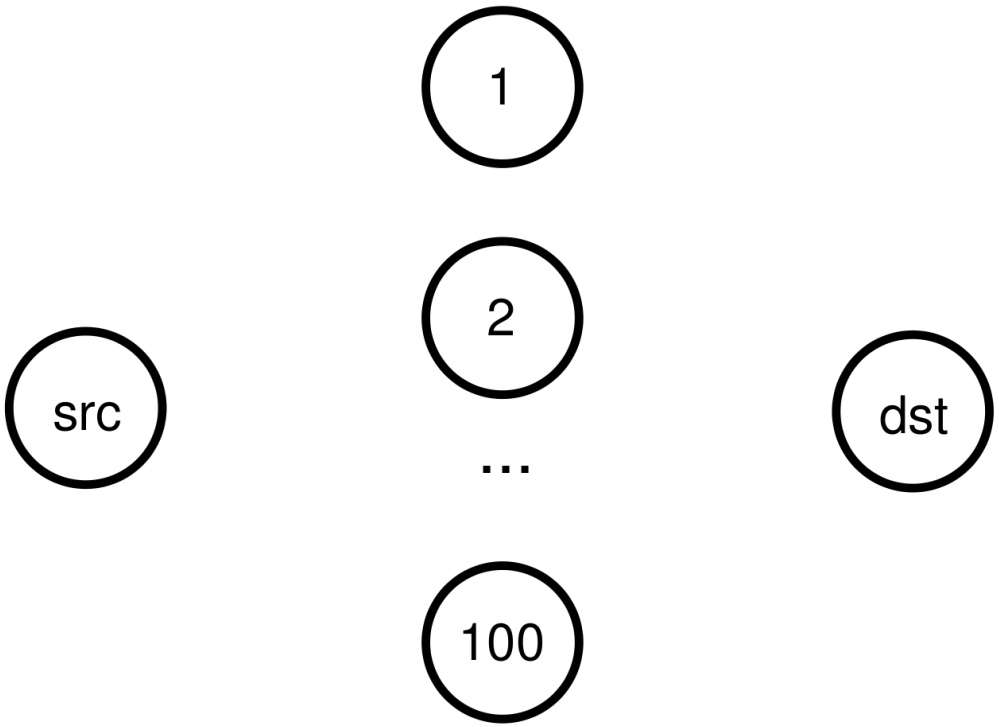
Zastosowania - przykłady

- Armia USA
- Kopalnie
- Ochrona granic
- Sytuacje krytyczne
- Sieci sensorowe

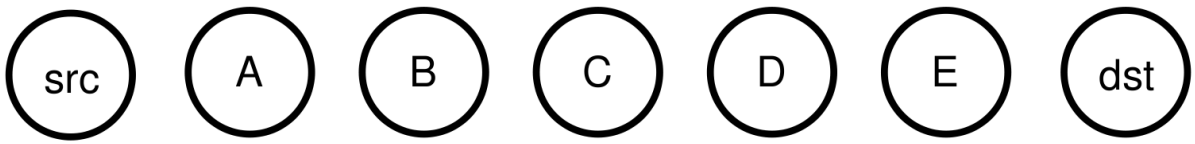
ExOR (Extremely Opportunistic Routing)

- Kombinacja algorytmu trasowania i MAC (Media Access Control)
- Pierwsza praktyczna implementacja idei „Cooperative diversity”
- Działa na sprzęcie zgodnym ze standardem 802.11

Idea



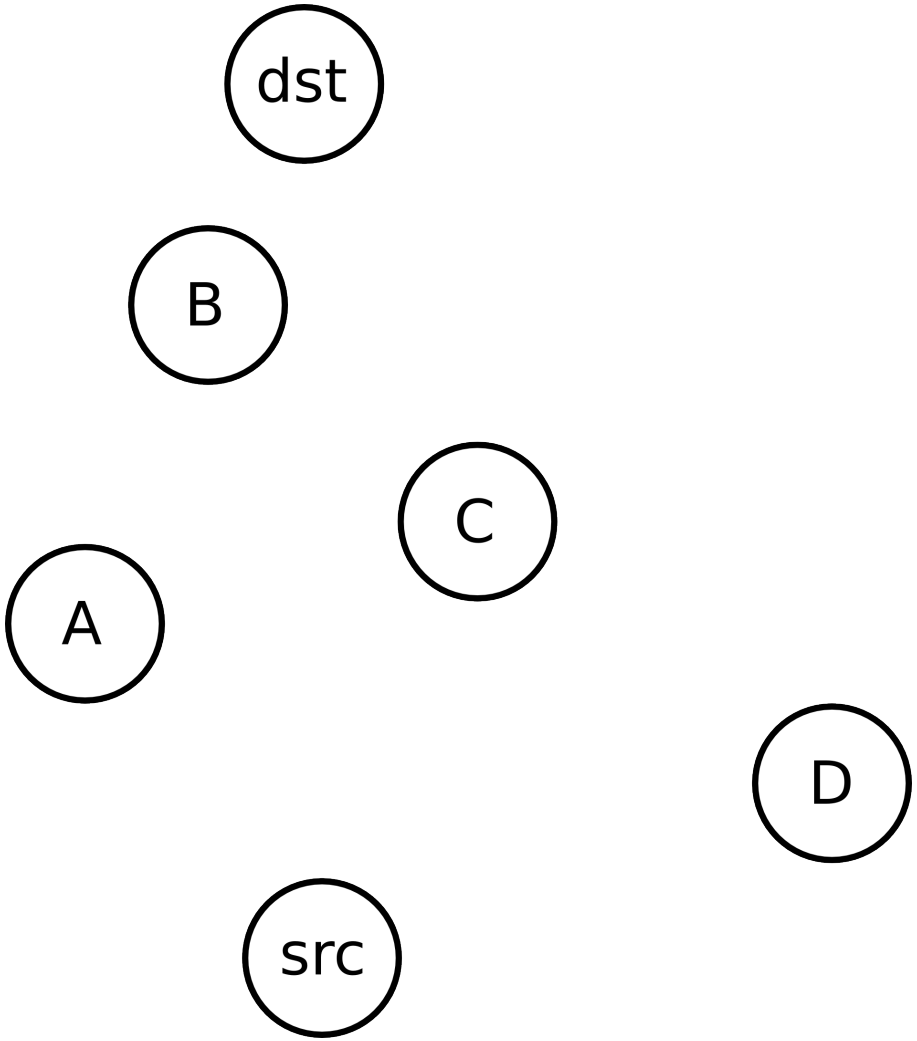
Idea



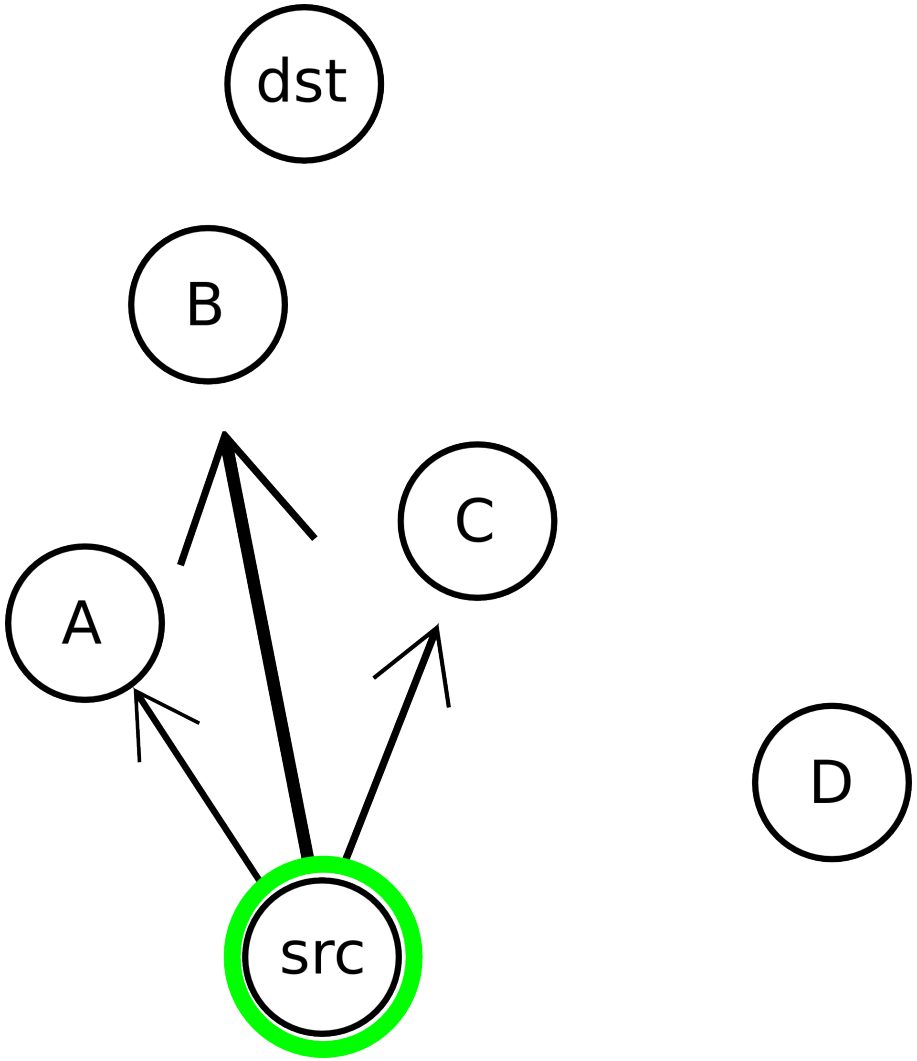
Założenia

- Niezerowe prawdopodobieństwo dostarczenia pakietu do wielu węzłów – duży wybór węzłów pośredniczących
- Duże zróżnicowanie węzłów pośredniczących pod względem jakości połączenia ze źródłem i celem
- Wszystkie transmisje to broadcast
- Pakiety są przesyłane porcjami

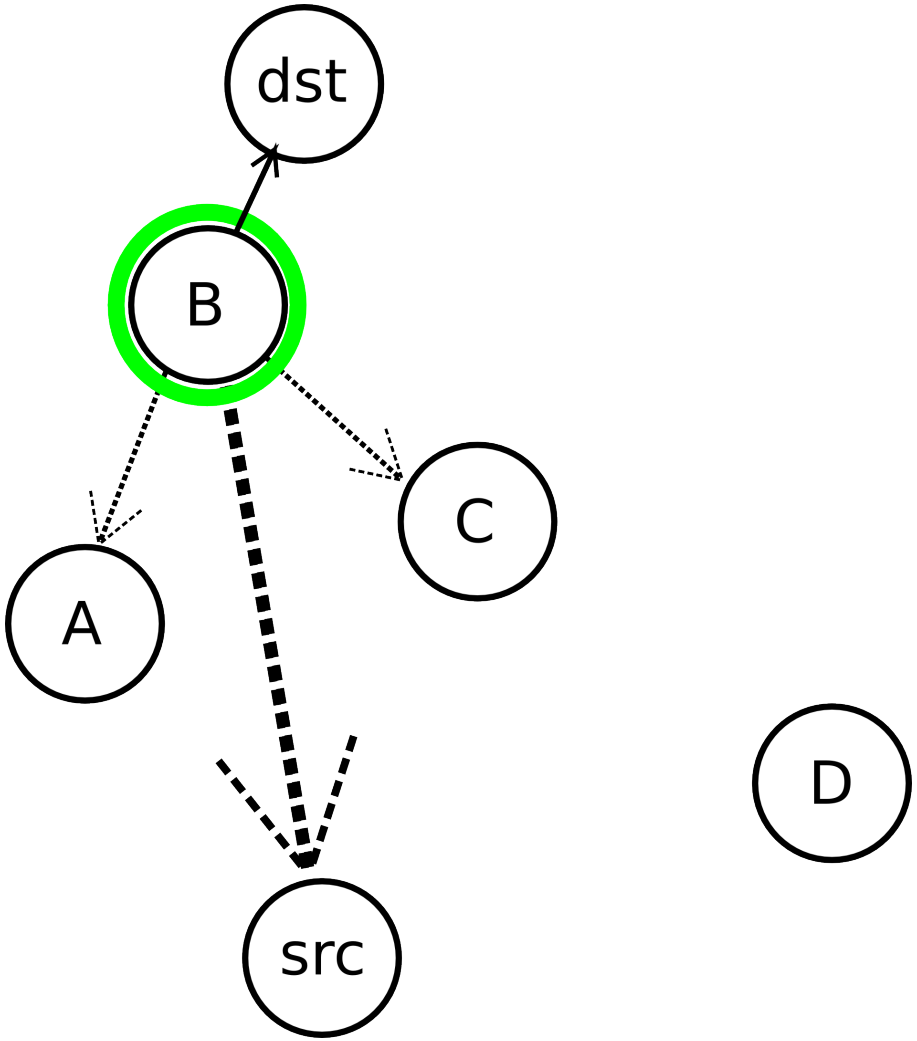
Przykład



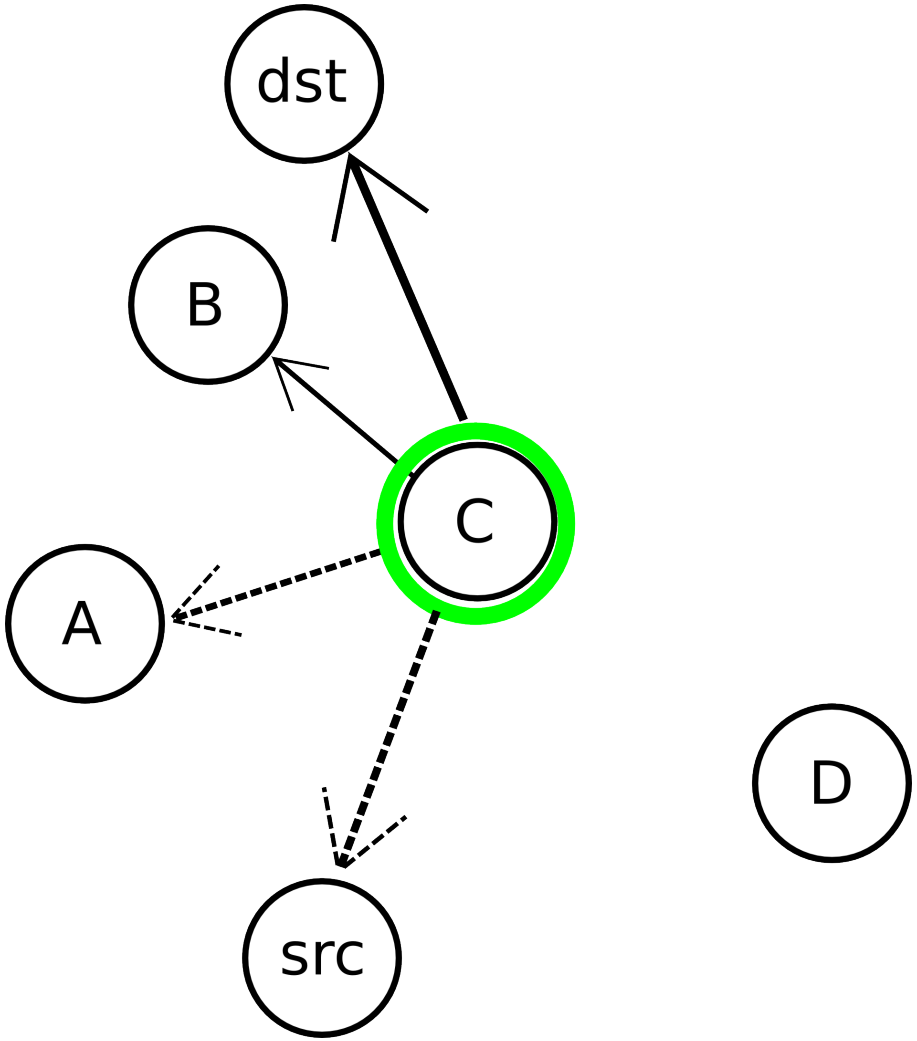
Przykład



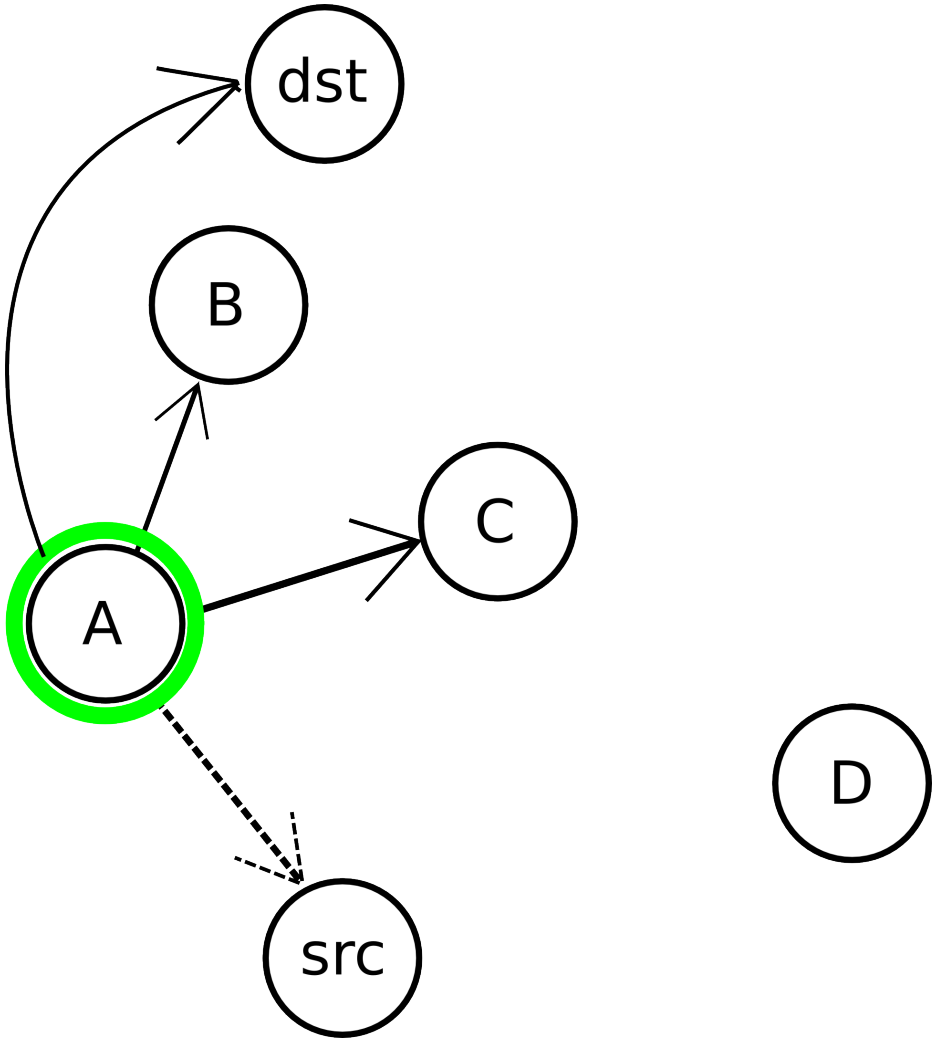
Przykład



Przykład



Przykład



Problemy

- Wybór zbioru węzłów pośredniczących
- Wybór kolejności
- Koordynacja transmisji
- Unikanie kolizji

Wybór węzłów pośredniczących

Aby sensownie wybrać węzły pośredniczące należy:

- przewidzieć, które węzły mogą uczestniczyć w transmisji

Wybór węzłów pośredniczących

Aby sensownie wybrać węzły pośredniczące należy:

- przewidzieć, które węzły mogą uczestniczyć w transmisji
- zdobyć informacje o topologii sieci

Wybór węzłów pośredniczących

Aby sensownie wybrać węzły pośredniczące należy:

- przewidzieć, które węzły mogą uczestniczyć w transmisji
- zdobyć informacje o topologii sieci
- zmierzyć odległości w sieci

Metryka ETX

Każdy z węzłów rozgłasza z góry określoną liczbę próbek co pewien czas τ. Węzły pamiętają ilość otrzymanych próbek przez ostatnie w sekund. Pozwala to na obliczenie prawdopodobieństwa dostarczenia pakietu pomiędzy dwoma węzłami w chwili t.

$$d(t) = \frac{count(t-w,t)}{w \backslash \tau}$$

gdzie $count(t-w,t)$ to liczba próbek otrzymanych między chwilami $t-w$ i t

Wybór węzłów pośredniczących

Dlaczego wybór węzłów jest tak ważny?

- mała ilość węzłów może zniwelować zalety ExOR
- zbyt duży zbiór oznacza wiele bezczynnych węzłów i duże przestoje

Wybór węzłów pośredniczących

Węzeł wysyłający przeprowadza symulację transmisji z użyciem wszystkich węzłów. Wybrane zostają tylko te, które prześlą co najmniej 10% pakietów z porcji. Ich kolejność jest ustalana zgodnie z metryką ETX (uwzględniana jest odległość od celu).

Kiedy transmitować?

Każdy z węzłów pośredniczących nasłuchuje co wysyłają inni. Jeśli przechwyci pakiet pochodzący od węzła o priorytecie o 1 wyższym, stara się dokładnie wyliczyć koniec transmisji. W przeciwnym wypadku węzeł zakłada, że każdy będzie transmitować 5 pakietów.

Co transmitować?

Batch map na i-tej pozycji zawiera identyfikator węzła o najwyższym priorytecie spośród tych, które otrzymały i-ty pakiet. Batch map spełnia dwie role:

- eliminuje konieczność używania potwierdzeń dostarczenia pakietu
- pozwala na pośrednie informowanie o tym kto już otrzymał dany pakiet

Aktualizacja batch map

Existing In-Memory Batch Map

2	0	4	0	2	1	2	0	0	0
4	1	0	3	2	1	1	1	1	2
3	0	3	1	2	1	1	2	3	0
1	1	1	0	0	2	2	3	1	4

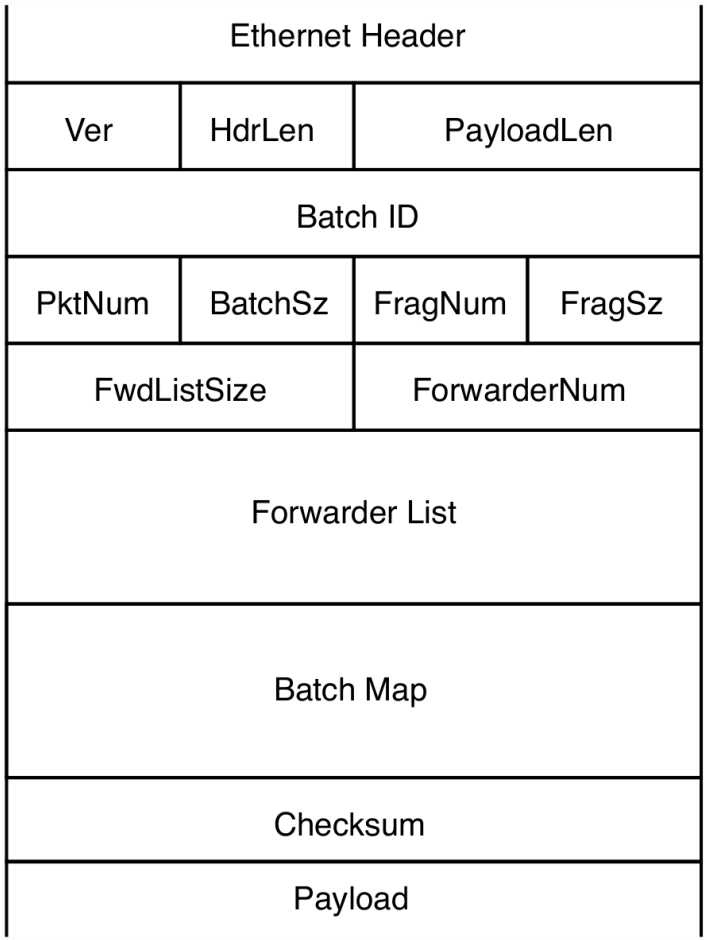
Received Batch Map (Forwarder 3)

2	4	4	0	3	4	3	4	0	4
4	1	0	3	2	1	1	1	1	3
3	0	3	1	4	1	1	4	3	0
4	1	4	4	0	2	2	3	4	4

Updated In-Memory Batch Map

2	**4**	4	0	3	**4**	3	**4**	0	**4**
4	1	0	3	2	1	1	1	1	3
3	0	3	1	**4**	1	1	**4**	3	0
4	1	**4**	**4**	0	2	2	3	**4**	4

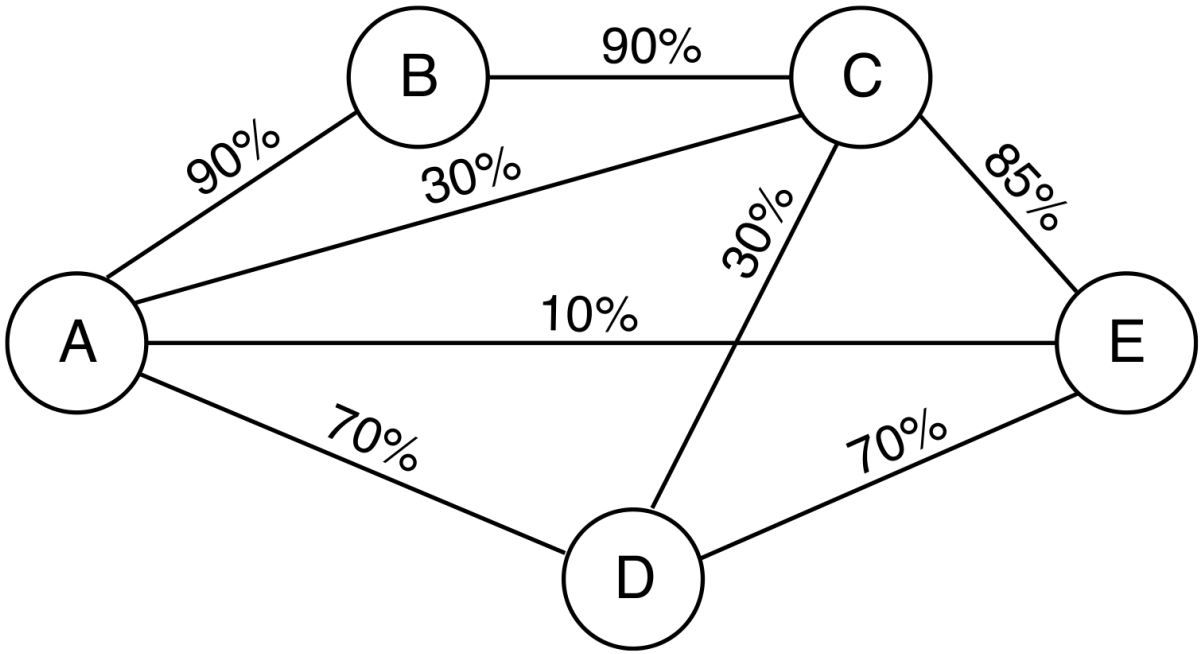
Nagłówek


Ethernet Header
Ver
HdrLen
PayloadLen
Batch ID
PktNum
BatchSz
FragNum
FragSz
FwdListSize
ForwarderNum
Forwarder List
Batch Map
Checksum
Payload

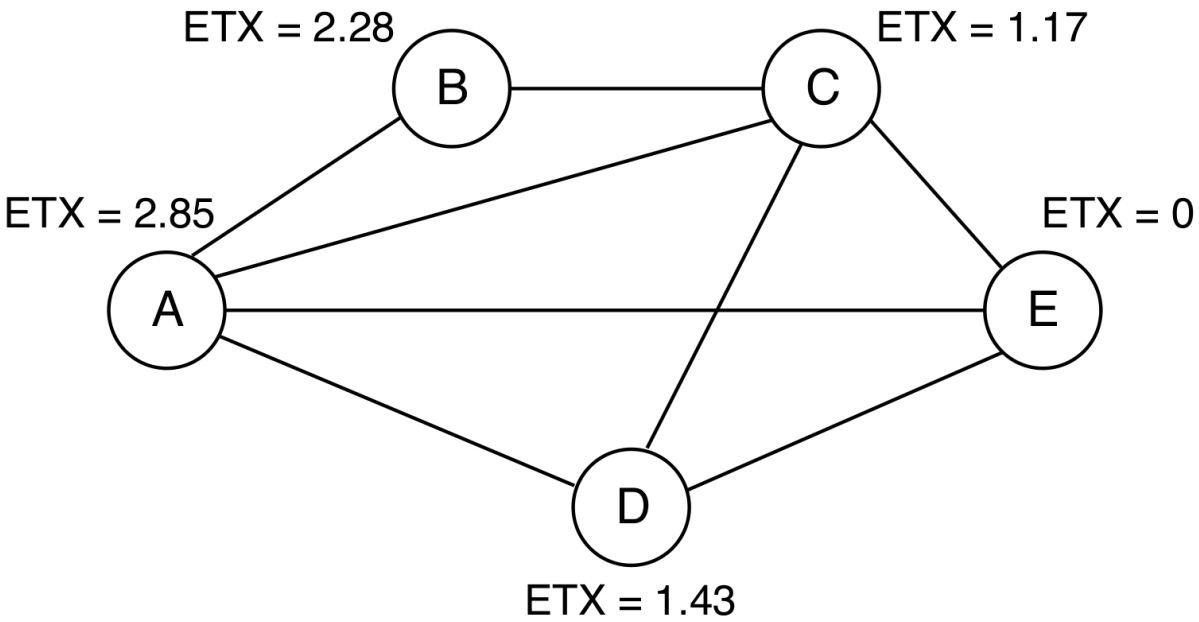
Kiedy przerwać transmisję?

Każdy węzeł przerywa transmisję, gdy według jego wiedzy 90% pakietów dotarło do węzłów o wyższym priorytecie. W skrajnym przypadku węzeł docelowy otrzyma dokładnie 90% transmisji. Aby odtworzyć cały komunikat ExOR dopisuje redundantne dane.

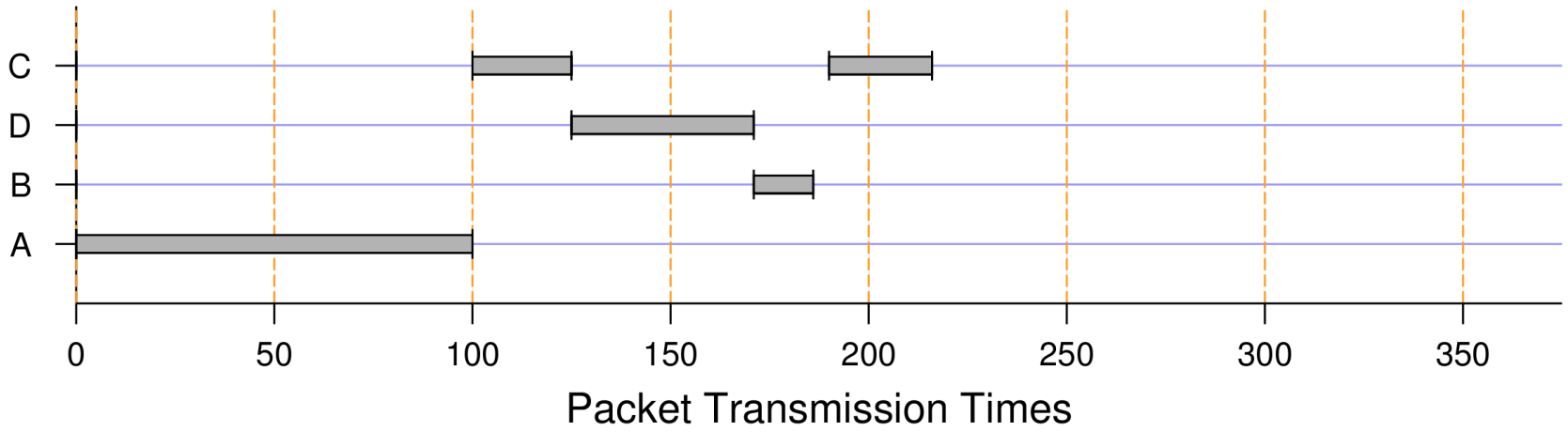
Przykład



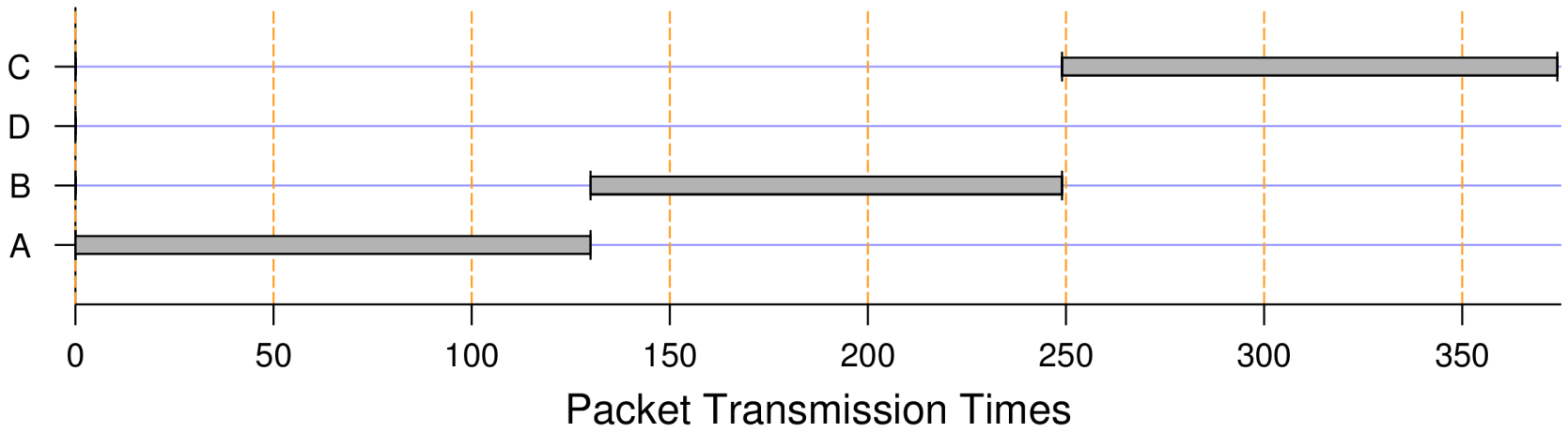
Przykład



Transmisja przy użyciu ExOR



Transmisja unicast



Implementacja

Click! to zestaw narzędzi służący do łatwej implementacji router-a pod Linuksem lub FreeBSD. Router stworzony za jego pomocą to zbiór modułów (elementów) przetwarzających pakiety. Elementy są połączone w graf skierowany.

Element router-a

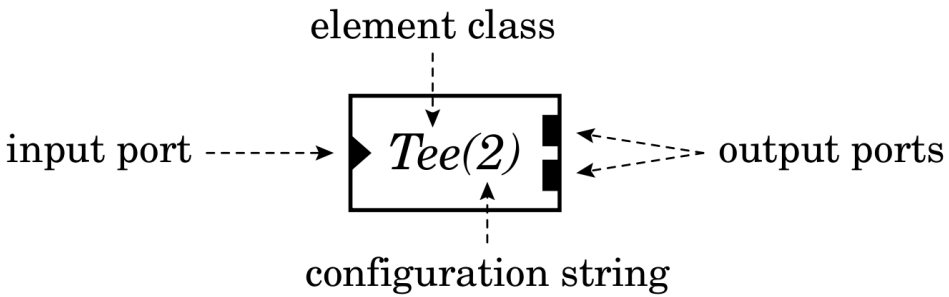


Fig. 1. A sample element. Triangular ports are inputs and rectangular ports are outputs.

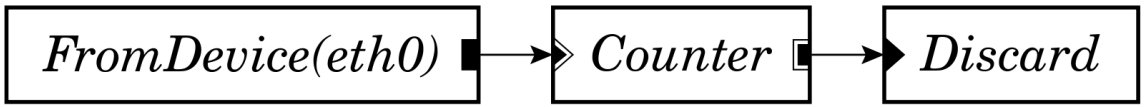
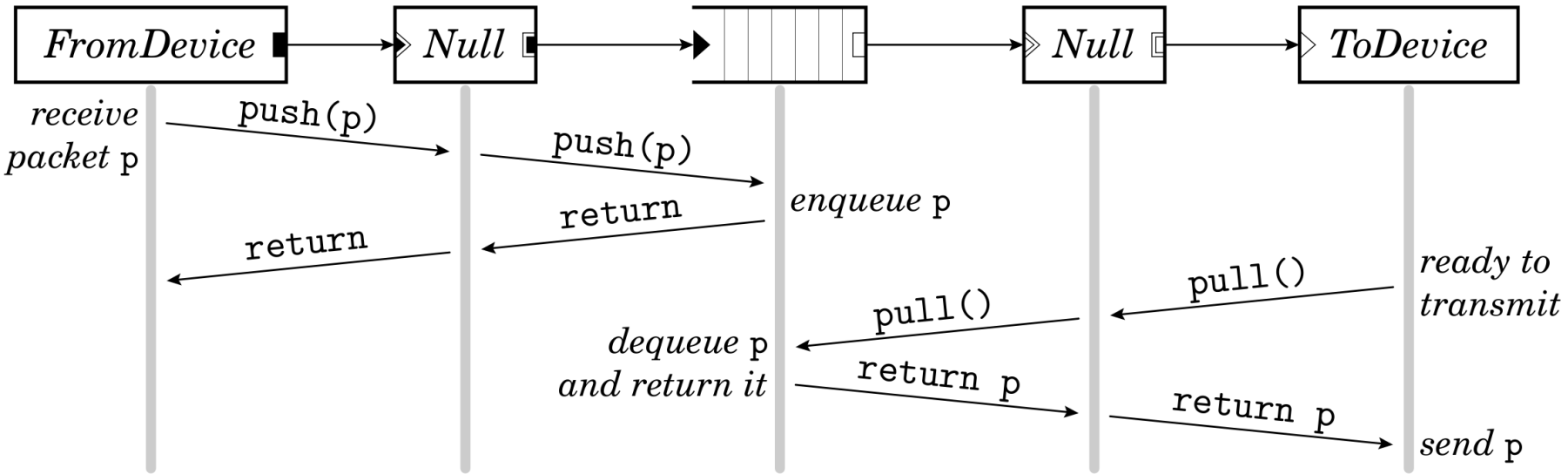


Fig. 2. A router configuration that throws away all packets.

Połączenia push i pull



Scheduler

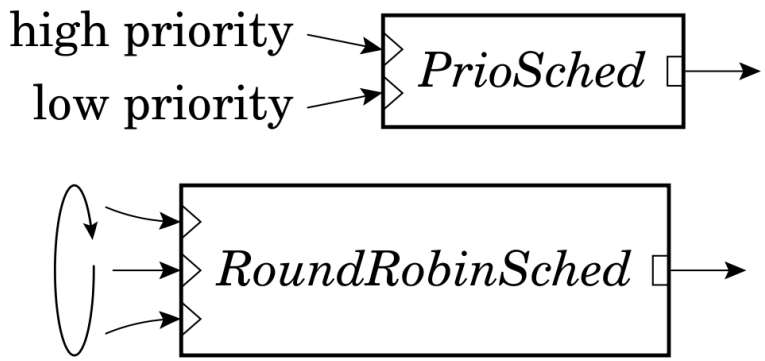


Fig. 9. Some composable packet scheduler elements.

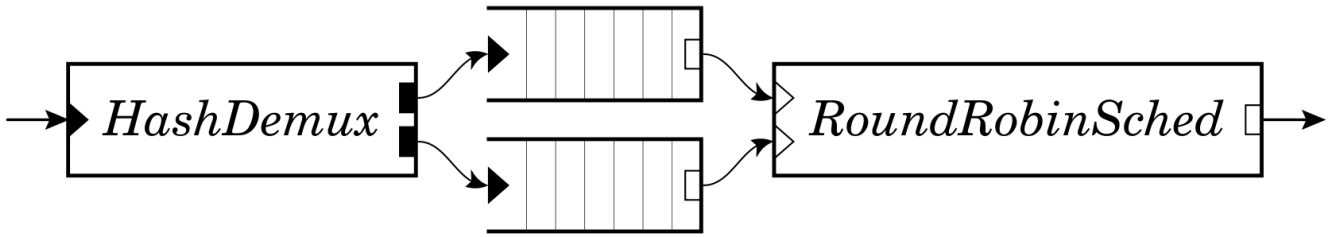
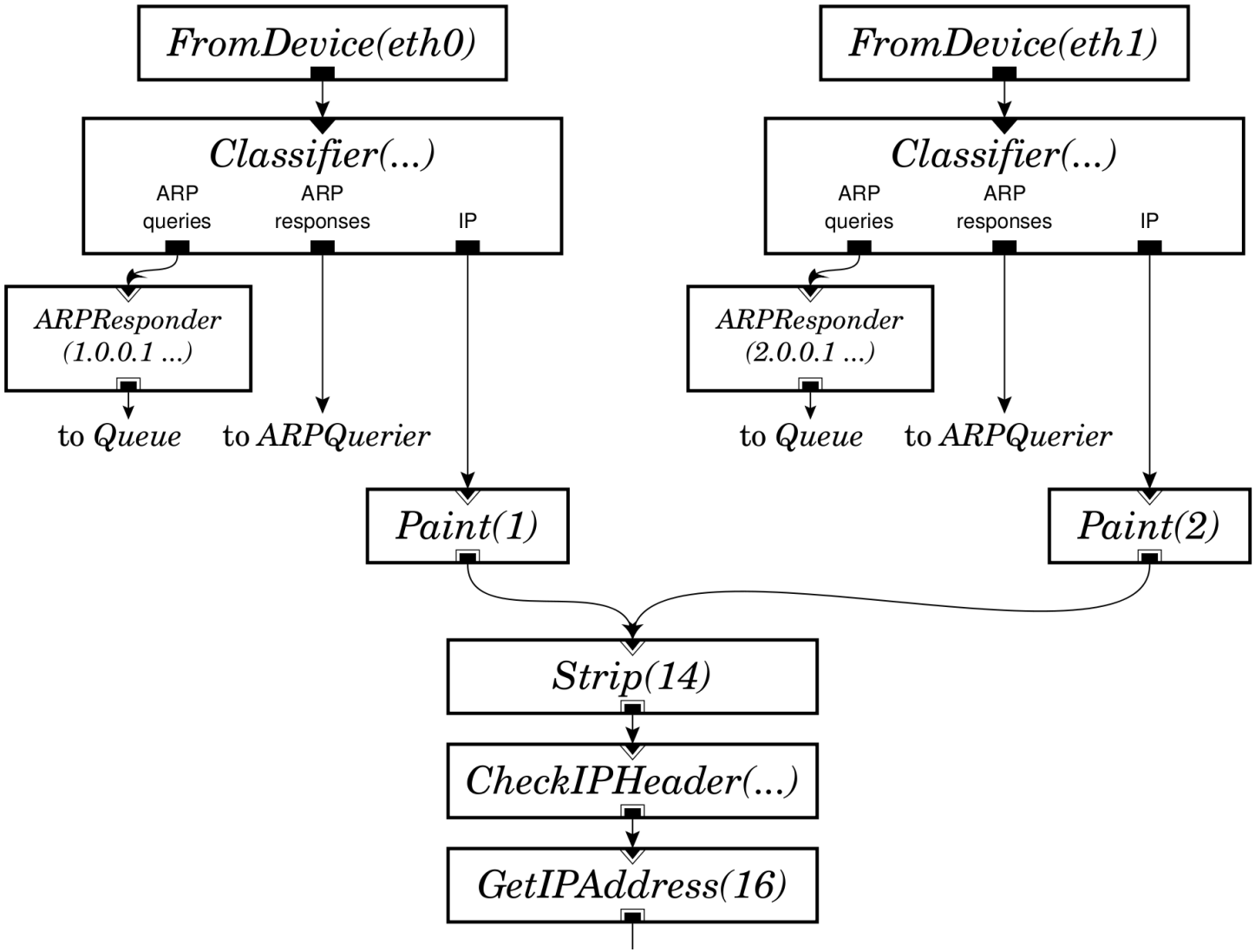
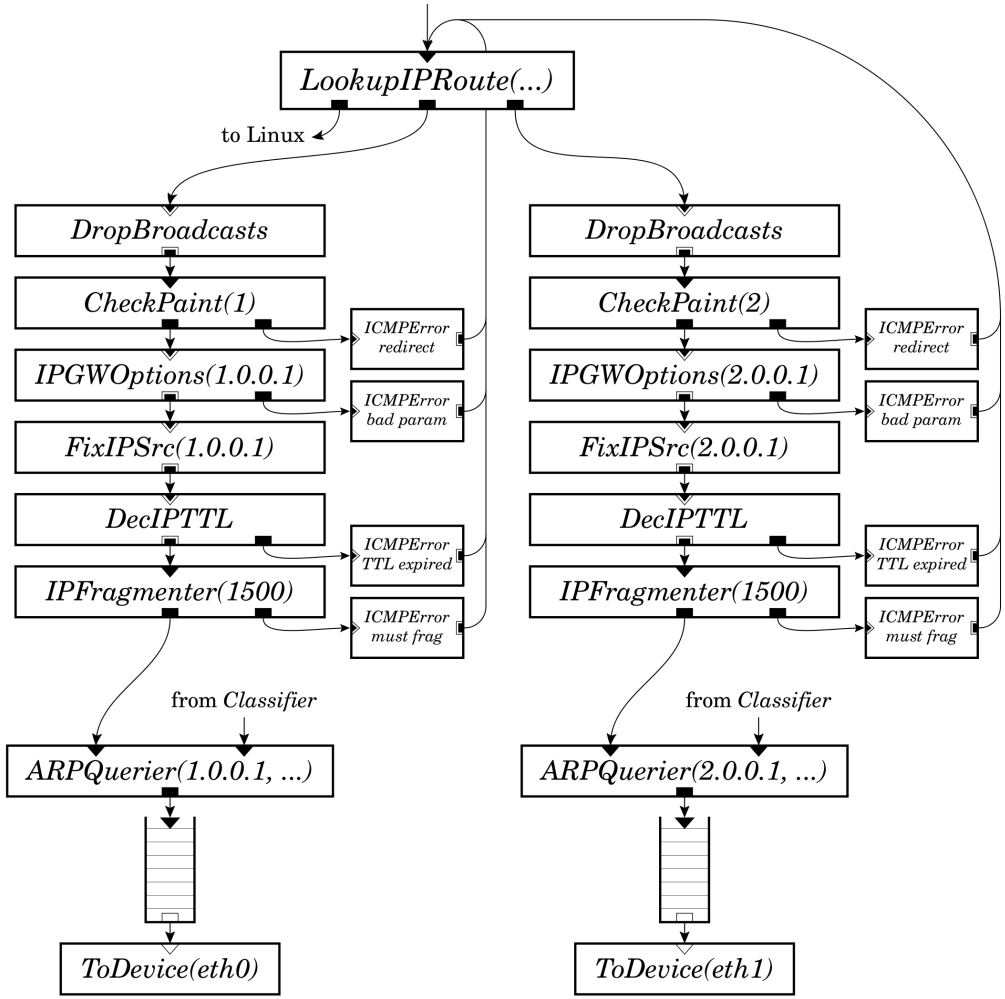


Fig. 10. A virtual queue implementing Stochastic Fairness Queueing.

Przykład - router IP



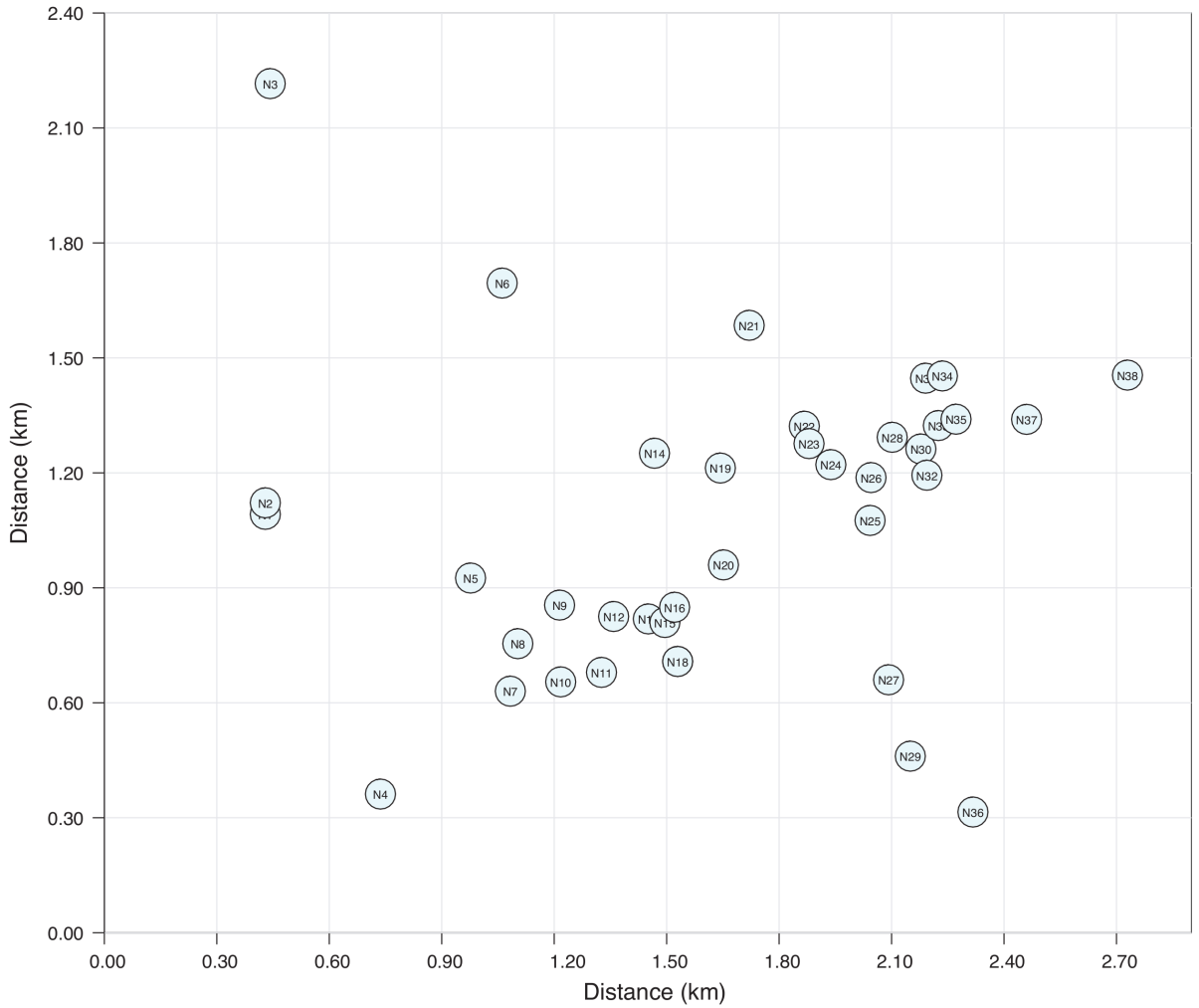
Przykład - router IP



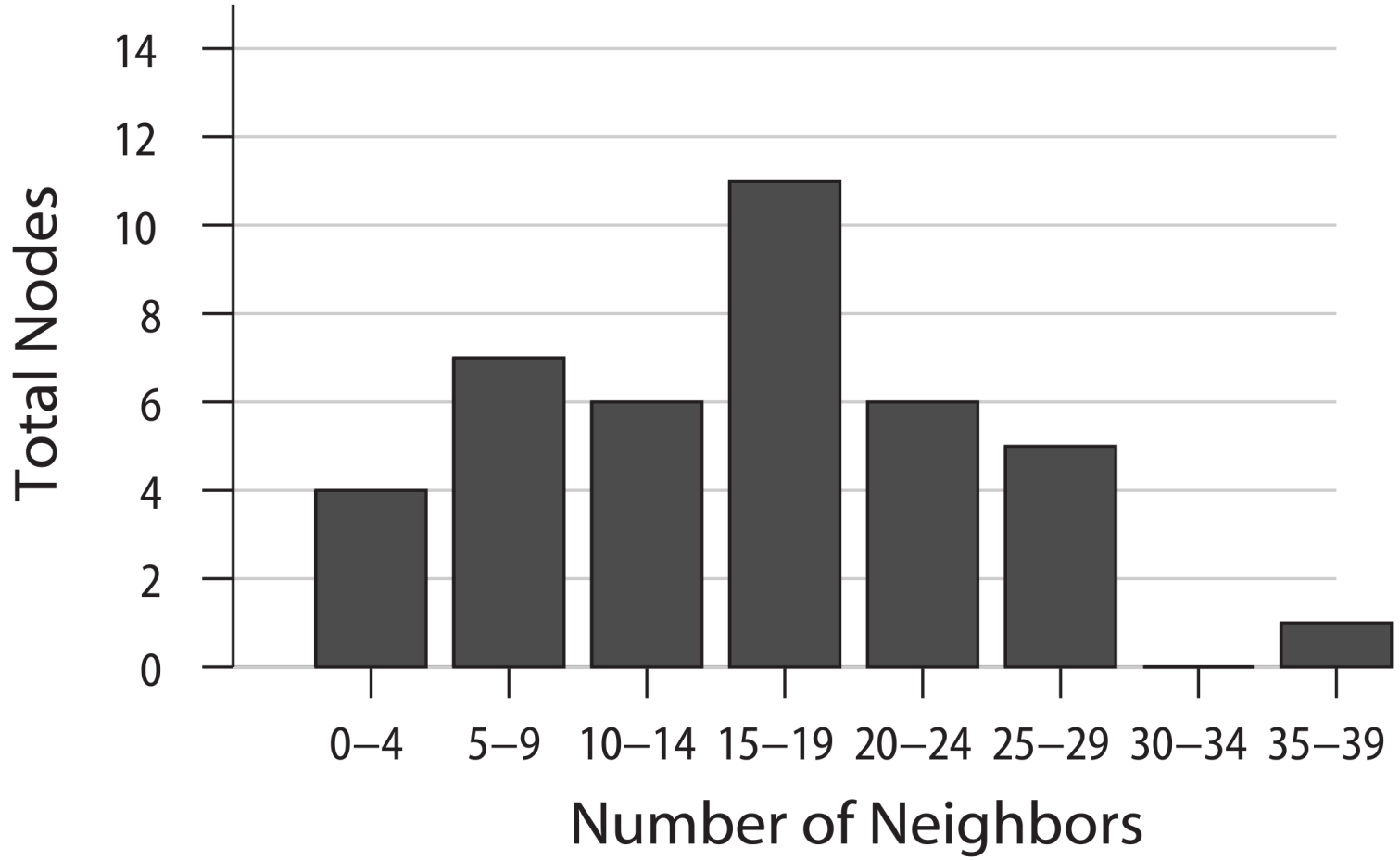
Ogólnie o Roofnet

- stworzona przez wolontariuszy
- 38 węzłów na powierzchni 6 km^2 w obszarze miejskim
- karty sieciowe zgodne ze standardem 802.11b (maksymalnie 11 Mbit/s)
- anteny wielokierunkowe
- 4 bramy do internetu

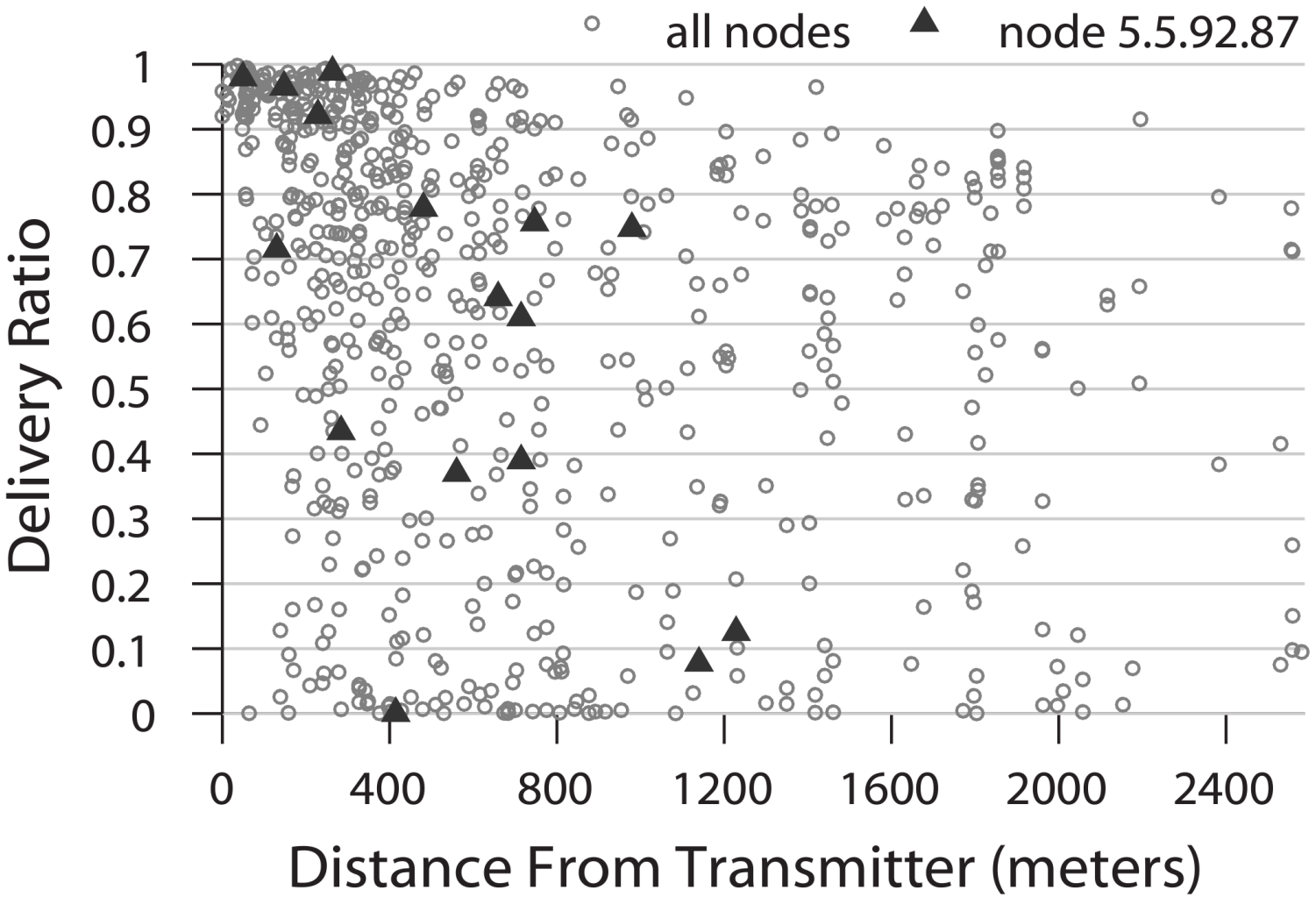
Rozkład węzłów



Ilość sąsiadów

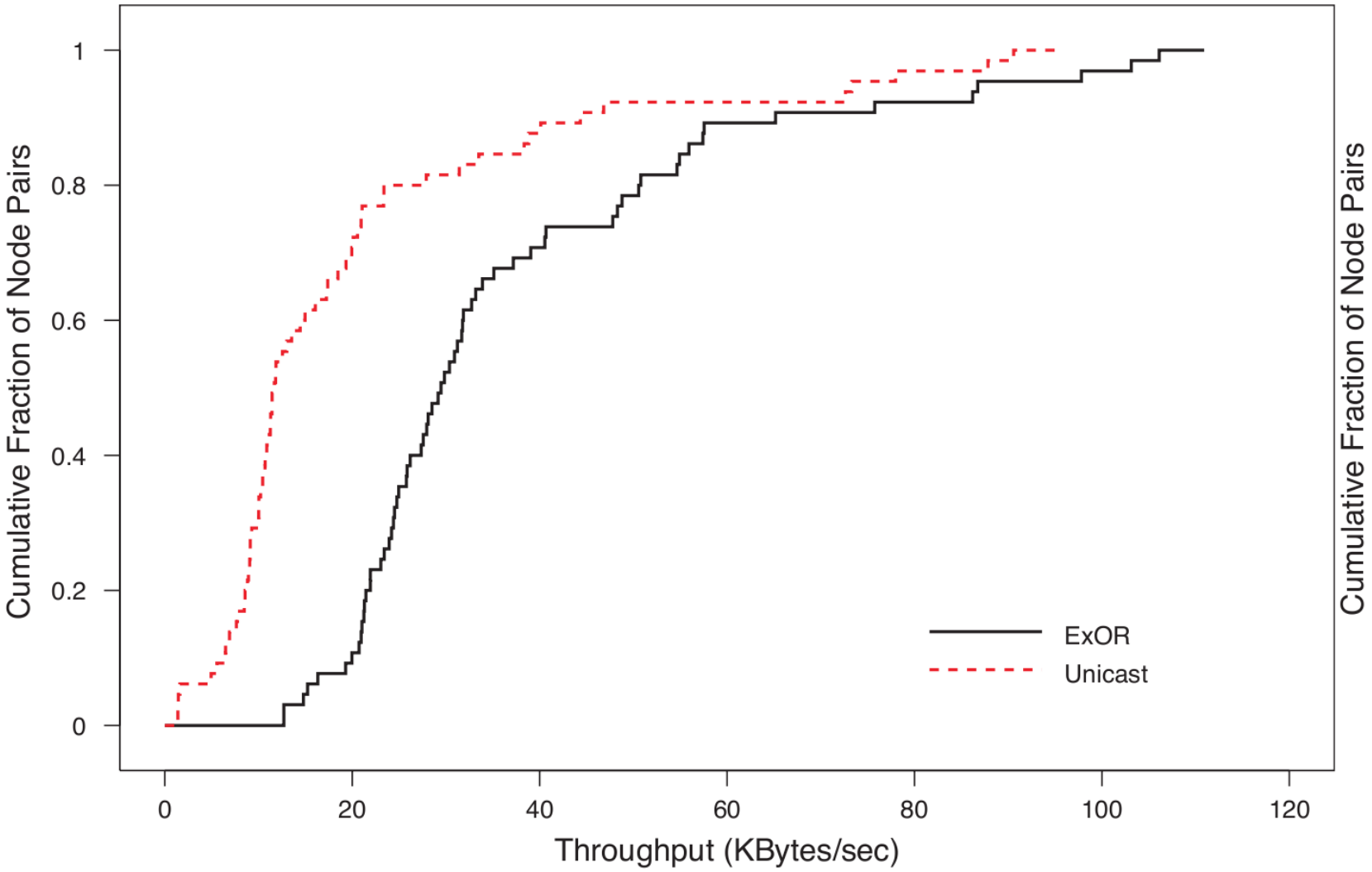


Jakość połączeń

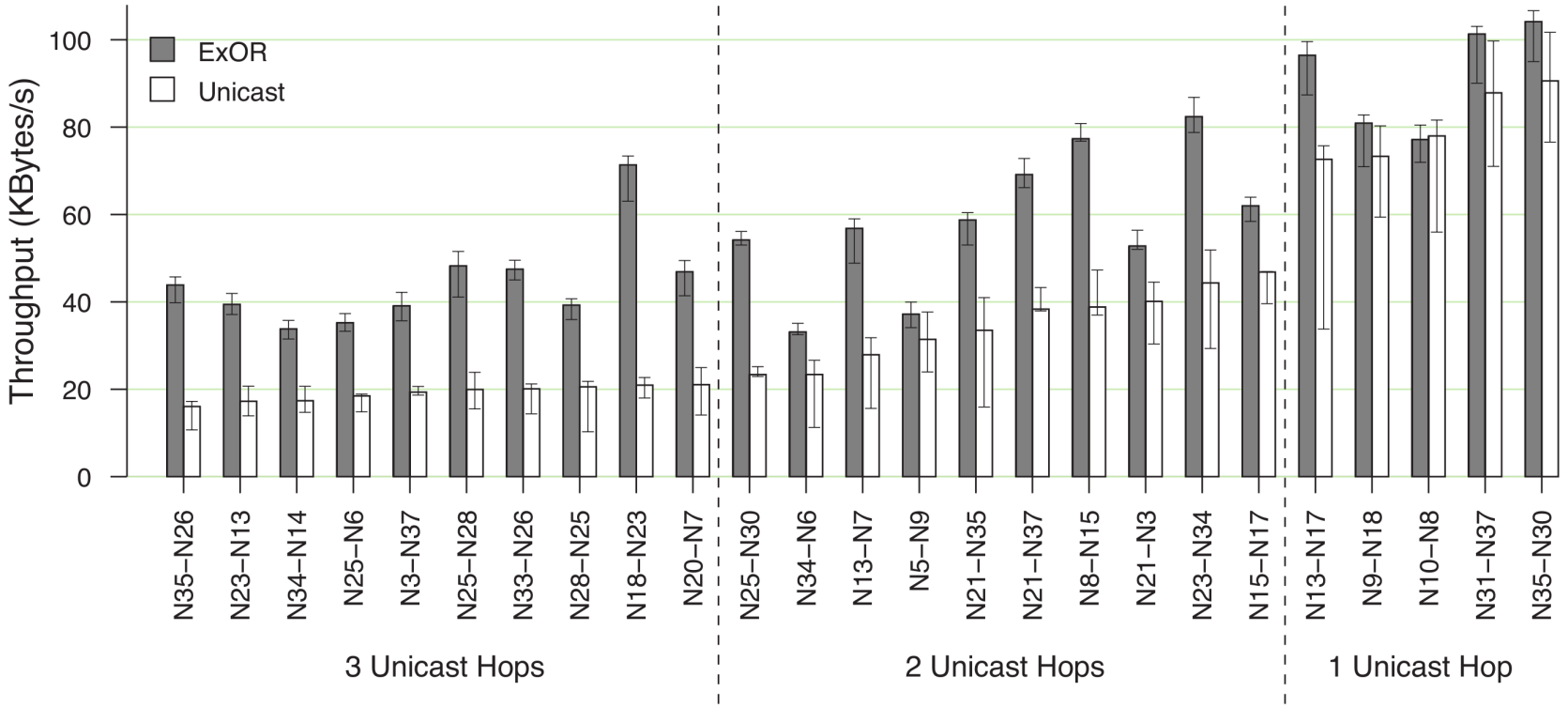


Metodyka testu

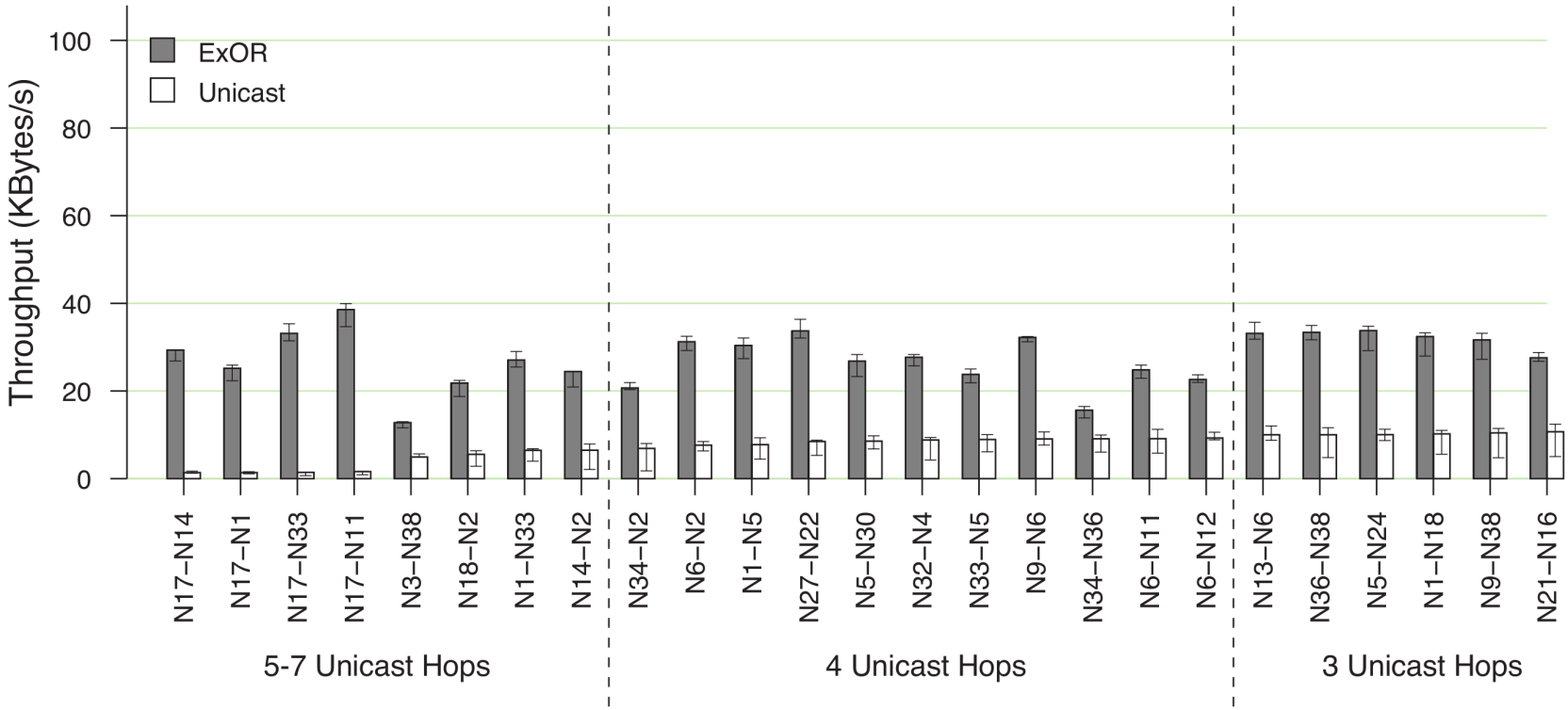
- 65 losowych par węzłów, 9 iteracji, wybór mediany
- początkowe 10 minut poświęcone na rozpoznanie topologii
- przesyłany plik rozmiaru ok. 1 MB
- porcja liczy 100 pakietów
- przerwa co 20 minut


Cumulative Fraction of Node Pairs
0
0.2
0.4
0.6
0.8
1
0
20
40
60
80
100
120
Throughput (KBytes/sec)
ExOR
Unicast
Cumulative Fraction of Node Pairs

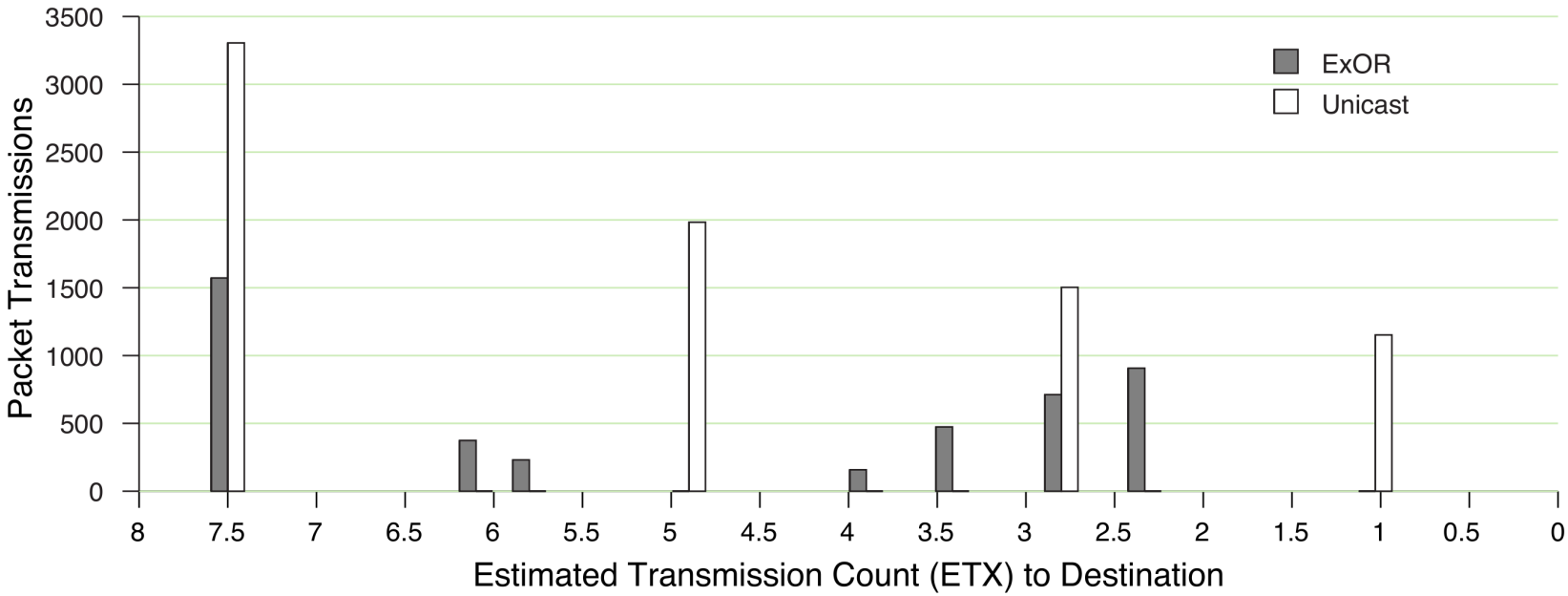
25 najszybszych par



25 najwolniejszych par



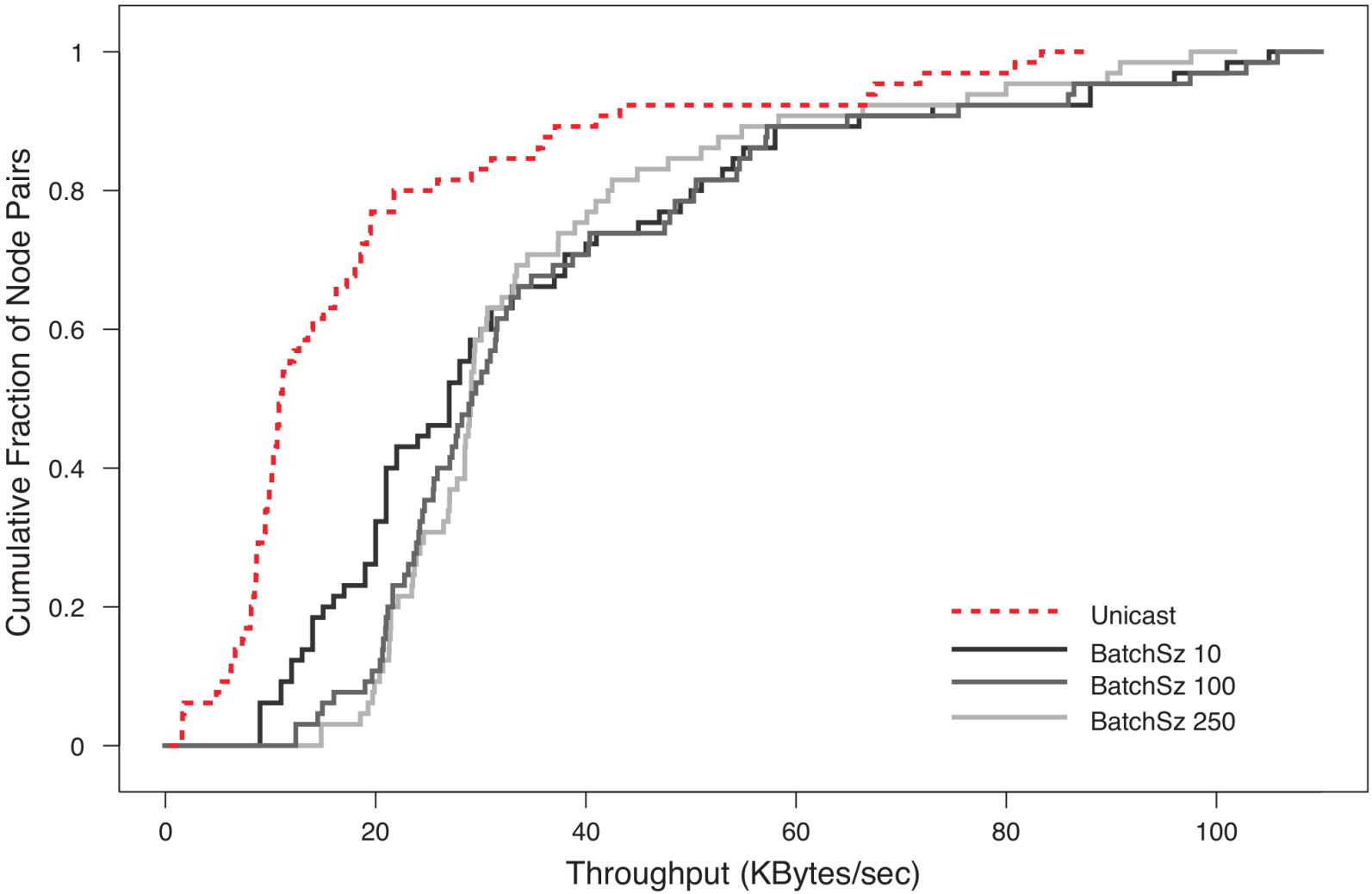
Ilość transmisji



Wariancja

Node Pair	ExOR (KB/s)	ExOR Range	Unicast (KB/s)	Unicast Range
N17-N33	33.1	3.9%	1.4	55.6%
N18-N2	21.8	3.6%	5.5	63.8%
N34-N2	20.7	1.6%	6.9	90.4%
N27-N22	33.7	4.3%	8.5	41.2%
N33-N5	23.8	3.2%	8.9	44.0%
N6-N11	24.8	3.0%	9.1	59.6%
N36-N38	33.4	3.3%	10.0	68.1%
N9-N38	31.7	5.9%	10.4	63.9%
N4-N33	24.6	4.0%	10.9	38.1%
N11-N30	31.5	3.1%	11.3	44.2%
N19-N16	29.3	3.8%	11.7	71.4%
N13-N34	35.1	4.1%	12.6	22.7%
N33-N20	29.7	1.8%	14.4	65.1%
N23-N13	39.4	4.8%	17.2	39.4%
N3-N37	39.1	6.5%	19.3	10.2%
N28-N25	39.3	4.8%	20.6	56.1%
N25-N30	54.2	3.1%	23.4	9.7%
N5-N9	37.2	5.9%	31.4	43.7%
N8-N15	77.3	4.0%	38.8	26.5%
N15-N17	62.0	5.5%	46.8	15.7%
N10-N8	77.2	8.5%	78.0	32.9%

Narzut protokołu




meraki

Ewolucja WLAN

- Pojedyńcze Access Point-y

Ewolucja WLAN

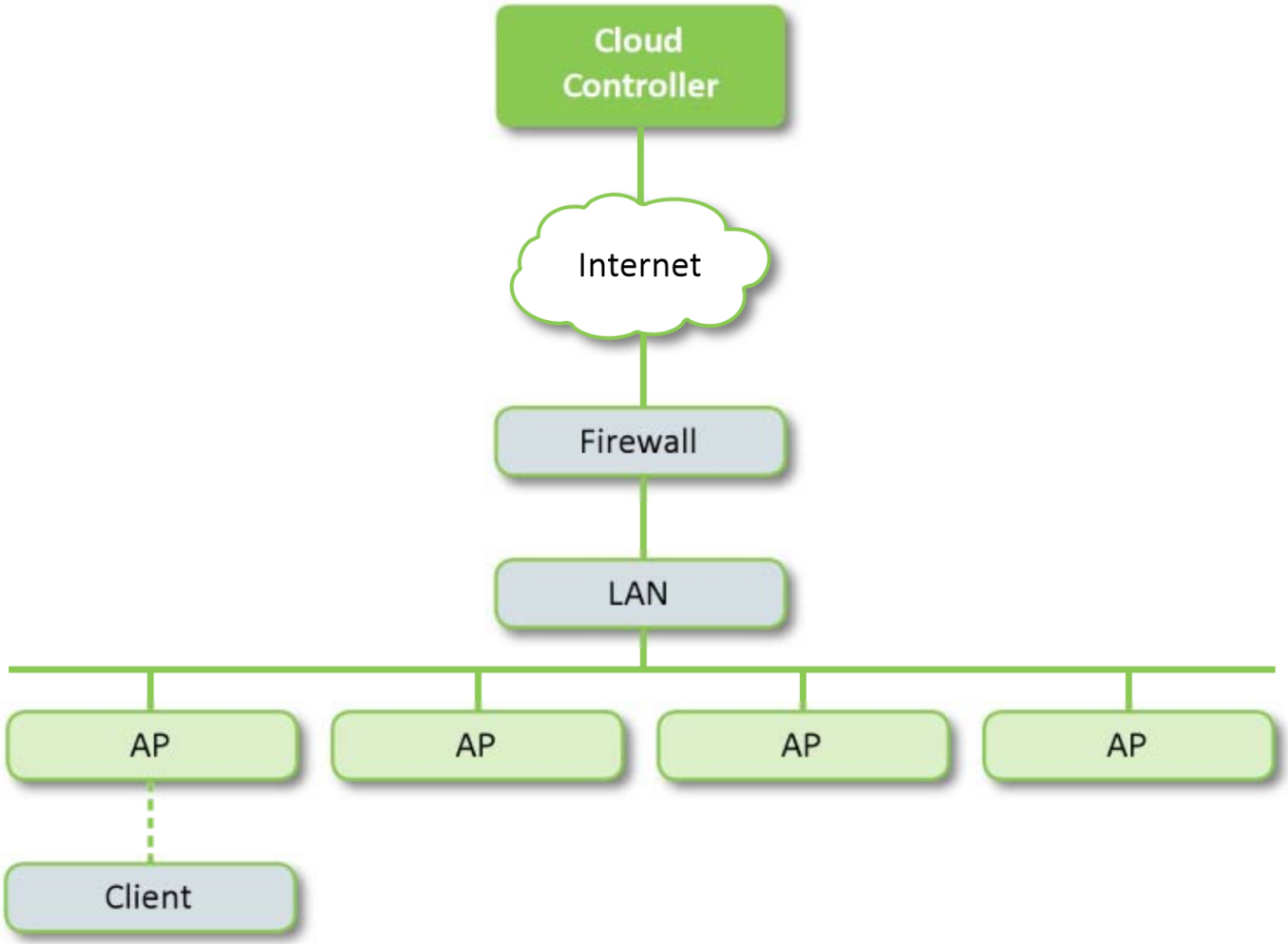
- Pojedyńcze Access Point-y
- Kontrolery WLAN

Ewolucja WLAN

- Pojedyńcze Access Point-y
- Kontrolery WLAN
- Kontrolery WLAN z tunelowaniem

Cloud controller

Architektura Cloud controller



Korzyści Cloud controller

- Jeden rodzaj sprzętu - tylko AP
- Szybkość i łatwość instalacji
- Dostęp do wszystkich sieci z jednego miejsca
- Raporty, alerty
- W przypadku dużych sieci nie potrzeba osobnego serwera do zarządzania

Korzyści Cloud controller

- Dane nie przepływają przez kontroler
- Wysoka wydajność
- Wysoka dostępność
- Skalowalność na życzenie
- Scentralizowane optymalizacje, aktualizacje etc.
- Dostęp do API

Koszty

Cost Component	Legacy	Meraki	How?
Controllers/Appliances	$$$	-	Use the cloud
Wiring	$$$	-	No dedicated wiring
Installation	$$$	$	Plug and play; no controller config
Access points	$$$	$	Move intelligence from AP to the cloud
Training	$$	$	Intuitive, web-based management
Upgrades	$	-	Automatic web upgrades

Sprzęt

	Indoor	Rugged / Outdoor
802.11a/b/g/n	 **MR11** Single Radio 802.11a/b/g/n  **MR14** Dual Radio 802.11a/b/g/n	 **MR58** Triple Radio 802.11a/b/g/n
802.11b/g	 **Indoor** 802.11b/g  **Wall Plug** 802.11b/g	 **Outdoor** 802.11b/g  **Solar** 802.11b/g

Krytyka

Od 2008 roku licencja Meraki mówi: „Meraki Hardware may only be used with Meraki Software”. Krótko po zmianie licencji Meraki wysłało niezapowiedzianą aktualizację firmware, która zablokowała możliwość wymiany oprogramowania.

- Sieci kratowe są realną alternatywą dla łączy przewodowych
- Ciągły rozwój technologii bezprzewodowych pozwala na wzrost przepustowości i zasięgu
- Standard IEEE 802.11s może upowszechnić sieci kratowe w przyszłości

Bibliografia

- Firetide: http://www.firetide.com/
- MeshDynamics: http://www.meshdynamics.com/
- Roofnet: http://pdos.csail.mit.edu/roofnet/doku.php
- Architektura Roofnet: http://www.pdos.lcs.mit.edu/papers/roofnet:mobicom05/roofnet-mobicom05.pdf
- ExOR: http://pdos.lcs.mit.edu/papers/roofnet:biswas-ms/roofnet_biswas-ms.pdf
- ExOR: http://www.pdos.lcs.mit.edu/papers/roofnet:exor-sigcomm05/roofnet_exor-sigcomm05.pdf
- Click Modular Router: http://read.cs.ucla.edu/click/
- Dokumentacja Meraki: http://meraki.com/support/documentation/