

AGH

**AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA
IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE**

**AGH UNIVERSITY OF SCIENCE
AND TECHNOLOGY**

Rozwój sieci operatorskich

Grzegorz Rzym

26.03.2024

Plan wykładu

- » Odrobina statystyki
- » Przypomnienie architektury Internetu
- » Koszty przesyłu danych przez łącza międzydomenowe
- » Sieci nakładkowe (p2p, chmury ...)
- » Dlaczego operatorzy nie lubią sieci nakładkowych ?
- » Jak polubić sieci nakładkowe
- » NFV

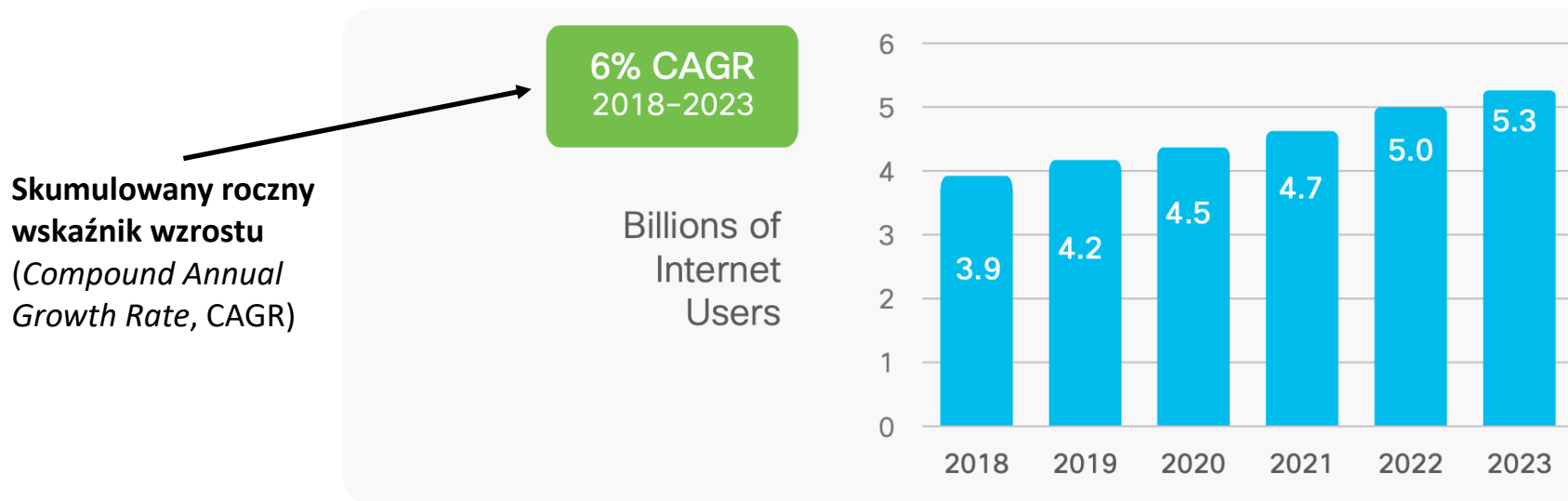
Skąd się biorą dane w chmurze w Internecie ...



Wzrost ilości ruchu w Internecie

- » Cisco's Annual Internet Report – statystyki i przewidywania wzrostu ilości ruchu IP

Globalna ilość użytkowników sieci Internet

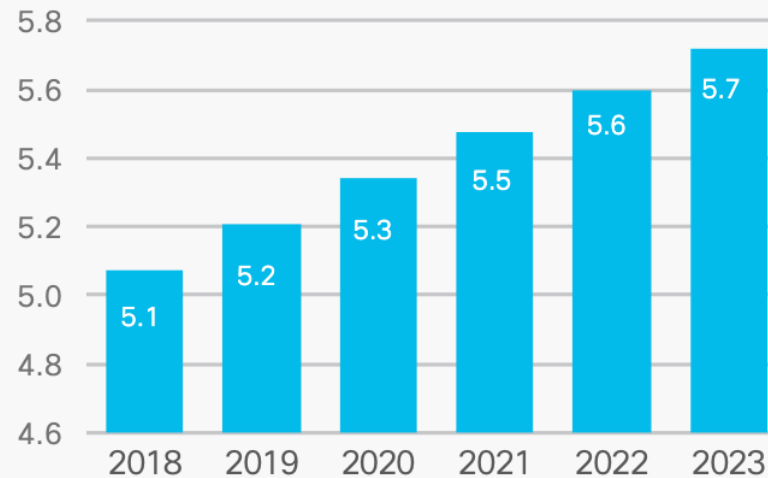


Source: Cisco Annual Internet Report, 2018-2023

Globalna liczba abonentów sieci mobilnych

2% CAGR
2018-2023

Billions of
Mobile
Subscribers

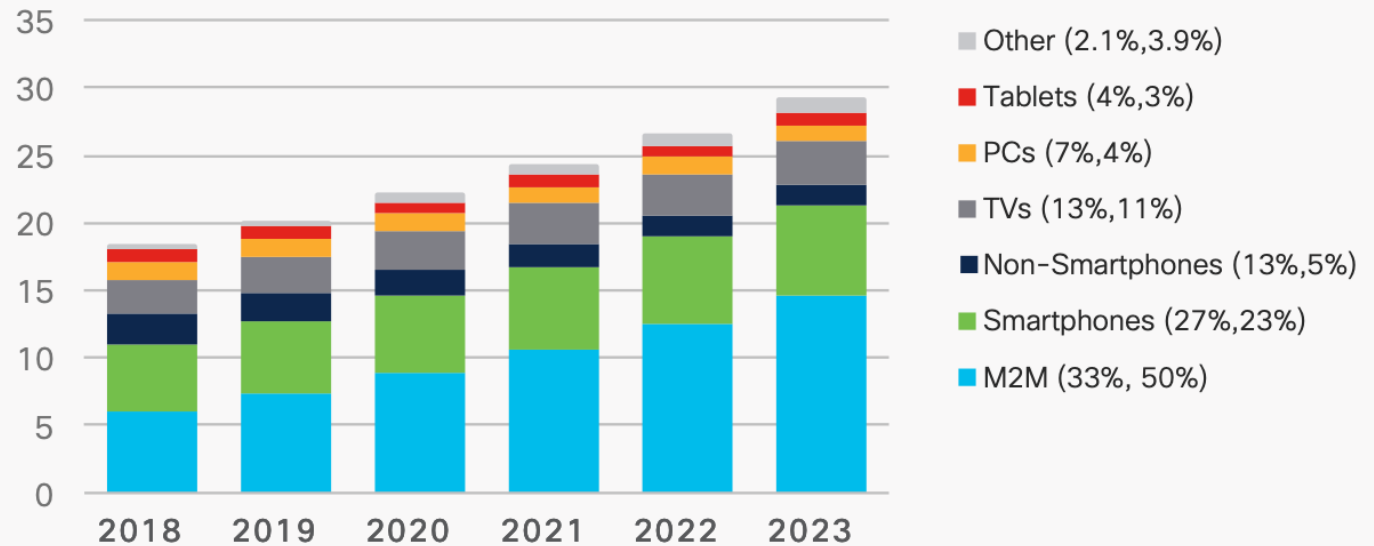


Source: Cisco Annual Internet Report, 2018-2023

Globalny wzrost liczby urządzeń i połączeń

10% CAGR
2018-2023

Billions of
Devices



* Figures (n) refer to 2018, 2023 device share

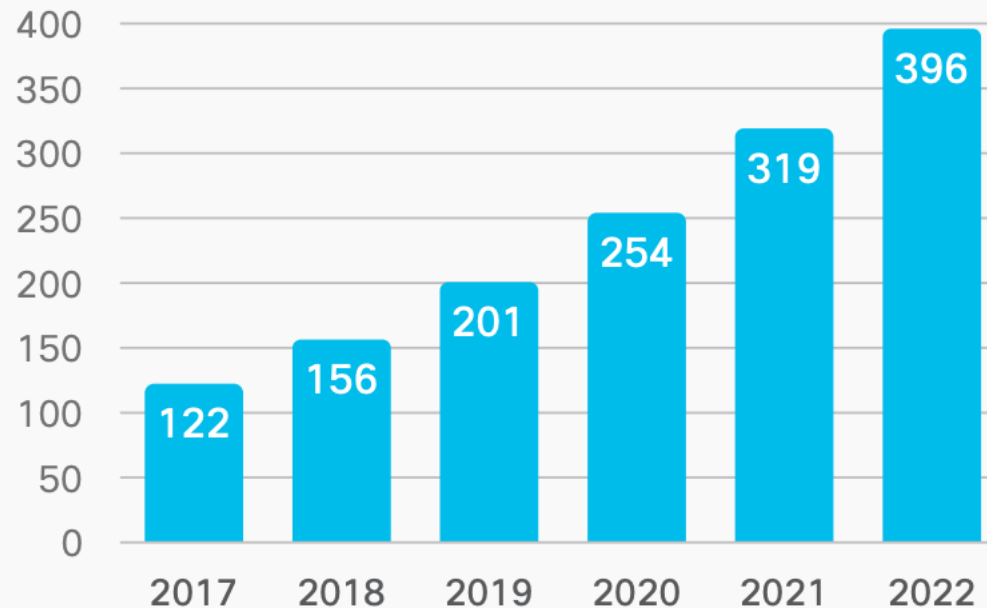
Source: Cisco Annual Internet Report, 2018-2023

Globalny ruch IP

Rok	Ruch
1992	100GB na dzień
1997	100GB na godzinę
2002	100GB na sekundę
2007	2000GB na sekundę
2017	46600 GB na sekundę
2022	150700 GB na sekundę

26% CAGR
2017-2022

Exabytes
per Month



Source: Cisco VNI Global IP Traffic Forecast, 2017-2022

Big Data i IoT

Connected Plane
40 TB per day (0.1% transmitted)

Connected Factory
1 PB per day (0.2% transmitted)

Public Safety
50 PB per day (<0.1% transmitted)

Weather Sensors
10 MB per day (5% transmitted)



Intelligent Building
250 GB per day (1% transmitted)

Smart Hospital
3 TB per day (0.1% transmitted)

Smart Car
50 GB per day (0.1% transmitted)

Smart Grid
5 GB per day (1% transmitted)

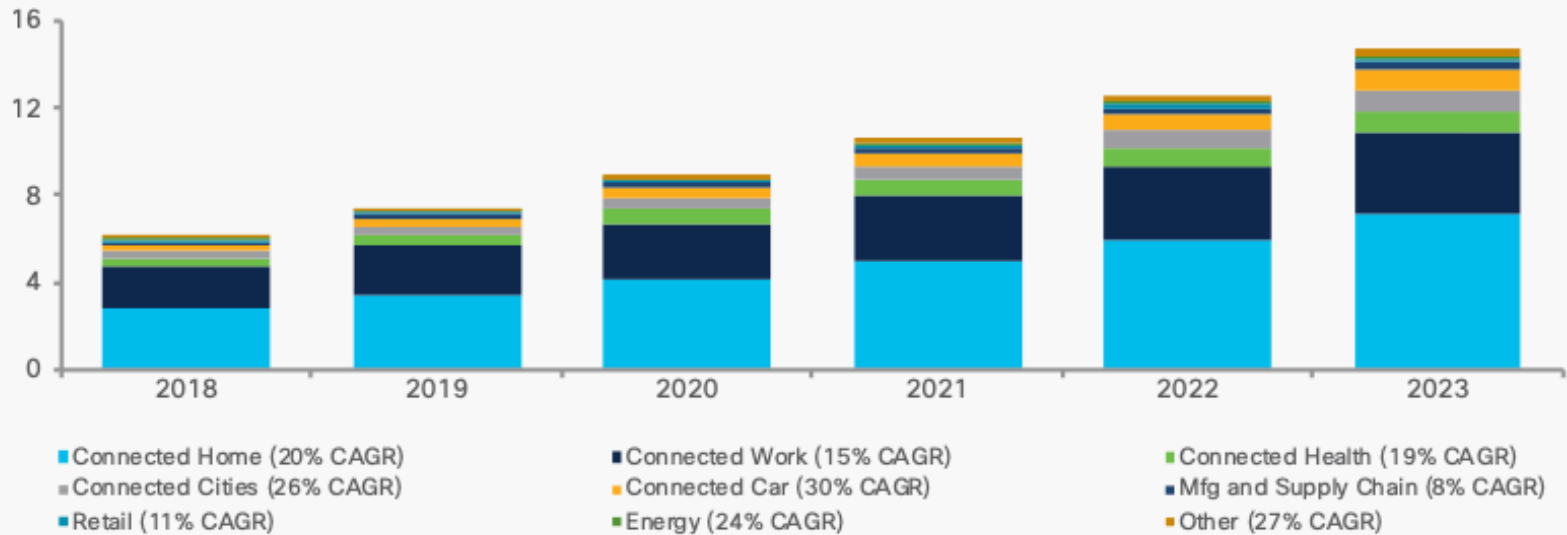
Globalna liczba połączeń M2M według branż

Global M2M connections/IoT growth by vertical

By 2023, connected home largest, connected car fastest growth

19% CAGR
2018-2023

Billions of
M2M
Connections



Source: Cisco Annual Internet Report, 2018-2023

Globalne trendy – "rynek" kategorii aplikacji (świat)

Top App Categories by Downstream Volume – Fixed				Top App Categories by Downstream Volume – Mobile			
Downstream Volume				Downstream Volume			
	Application	% DS Vol	Sub. Volume		Application	% DS Vol	Sub. Volume
1	Video	39%	5.7 GB	1	Social Media	35%	558 MB
2	Social Media	18%	2.6 GB	2	Video	31%	493 MB
3	Television	11%	1.6 GB	3	Device Gaming	7%	117 MB
4	File Sharing	9%	1.3 GB	4	File Sharing	7%	112 MB
5	Device Gaming	7%	1.1 GB	5	General Web Apps	5%	72 MB
6	General Web Apps	6%	889 MB	6	Communication	4%	57 MB
7	Communication	2%	249 MB	7	VPN	2%	28 MB
8	VPN	2%	234 MB	8	Television	1%	22 MB
9	Audio	0.7%	98 MB	9	Audio	0.9%	14 MB
10	Conferencing	0.3%	47 MB	10	Conferencing	0.2%	3 MB
11	Cloud Gaming	0.07%	11 MB	11	Cloud Gaming	0.06%	885 KB
12	IoT	0.03%	4 MB	12	IoT	0.02%	238 KB
13	Peer To Peer	0.03%	4 MB	13	Peer To Peer	0.01%	132 KB
14	Other Apps	5%	753 MB	14	Other Apps	6%	98 MB
			14.5 GB				1.6 GB

Globalne trendy – "rynek" kategorii aplikacji (Europa)

Top App Categories by Downstream Volume 2023 – Europe			
Downstream Volume			
	Application Category	% DS Vol	Sub. Volume
1	Video	49%	2.847 GB
2	Social Media	14%	799 MB
3	File Sharing	9%	561 MB
4	Device Gaming	7%	414 MB
5	Television	5%	274 MB
6	General Web Apps	3%	168 MB
7	Communication	2%	92 MB
8	VPN	0.7%	38 MB
9	Audio	0.5%	27 MB
10	Conferencing	0.2%	9 MB
11	Cloud Gaming	0.1%	6 MB
12	IoT	0.01%	1 MB
13	Peer To Peer	0.01%	1 MB
14	Other Apps	10%	536 MB

Top App Categories by Upstream Volume 2023 – Europe			
Upstream Volume			
	Application Category	% US Vol	Sub. Volume
1	File Sharing	28%	111 MB
2	Video	20%	80 MB
3	Communication	10%	39 MB
4	General Web Apps	7%	29 MB
5	Social Media	7%	29 MB
6	Device Gaming	5%	19 MB
7	Television	2%	9 MB
8	VPN	2%	9 MB
9	Conferencing	1%	5 MB
10	Audio	0.3%	1 MB
11	IoT	0.1%	439 KB
12	Peer To Peer	0.07%	290 KB
13	Cloud Gaming	0.02%	93 KB
14	Other Apps	15%	59 MB

*Sandvine, "The Mobile Internet Phenomena Report: Jan 2024"

Globalne trendy – "rynek" aplikacji (świat)

Top Apps by Downstream Volume – Fixed				Top Apps by Downstream Volume – Mobile			
Downstream Volume				Downstream Volume			
	Application	% DS Vol	Sub. Volume		Application	% DS Vol	Sub. Volume
1	YouTube	16%	1.9 GB	1	YouTube	21%	233 MB
2	Netflix	12%	1.4 GB	2	Facebook	18%	199 MB
3	Facebook	9%	1.0 GB	3	Tik Tok	15%	175 MB
4	Tik Tok	7%	859 MB	4	Instagram	7%	82 MB
5	Operator Content	7%	850 MB	5	Snapchat	7%	76 MB
6	Amazon Prime	6%	722 MB	6	Netflix	6%	73 MB
7	Disney+	5%	610 MB	7	Disney+	2%	25 MB
8	Xbox Live	5%	573 MB	8	WhatsApp	2%	24 MB
9	Instagram	3%	370 MB	9	Telegram	1%	15 MB
10	Snapchat	2%	231 MB	10	X (Twitter)	1%	14 MB

Globalne trendy – "rynek" aplikacji (Europa)

Top Apps by Downstream Volume 2023 – Europe			
Downstream Volume			
	Application	% DS Vol	Sub. Volume
1	YouTube	15%	699 MB
2	Netflix	15%	682 MB
3	DAZN	7%	331 MB
4	Tik Tok	6%	289 MB
5	Facebook	6%	269 MB
6	Operator Content	5%	235 MB
7	Playstation Downloads	5%	223 MB
8	Instagram	5%	221 MB
9	Disney+	4%	181 MB
10	Amazon Prime	4%	176 MB

Top Apps by Upstream Volume 2023 – Europe			
Upstream Volume			
	Application	% US Vol	Sub. Volume
1	iCloud	11%	35 MB
2	YouTube	8%	24 MB
3	WhatsApp	5%	17 MB
4	Netflix	5%	15 MB
5	BitTorrent	5%	15 MB
6	Google Cloud Storage	4%	14 MB
7	Tik Tok	4%	14 MB
8	Google Photos	4%	12 MB
9	DAZN	3%	9 MB
10	Instagram	2%	8 MB

Globalne trendy – aplikacje wideo

Fixed

Mobile

App Category and App	% of Users	User Volume
Video		
YouTube	35%	2.5 GB
Netflix	30%	4.2 GB
Amazon Prime	26%	2.6 GB
Disney+	21%	2.4 GB
Hulu	6%	3.1 GB

App Category and App	% of Users	User Volume
Video		
YouTube	23%	334 MB
Netflix	5%	1.1 GB
Disney+	3%	565 MB
XVIDEOS	6%	148 MB
Amazon Prime	2%	1.3 GB

Globalne trendy – aplikacje Social Media

Fixed

Mobile

App Category and App	% of Users	User Volume
Social Media		
Facebook	52%	1.2 GB
Tik Tok	64%	1.1 GB
Instagram	48%	522 MB
Snapchat	32%	404 MB
X (Twitter)	28%	131 MB

App Category and App	% of Users	User Volume
Social Media		
Facebook	35%	190 MB
Tik Tok	36%	173 MB
Instagram	35%	961 MB
Snapchat	25%	119 MB
X (Twitter)	16%	71 MB

Globalne trendy – komunikatory

Fixed

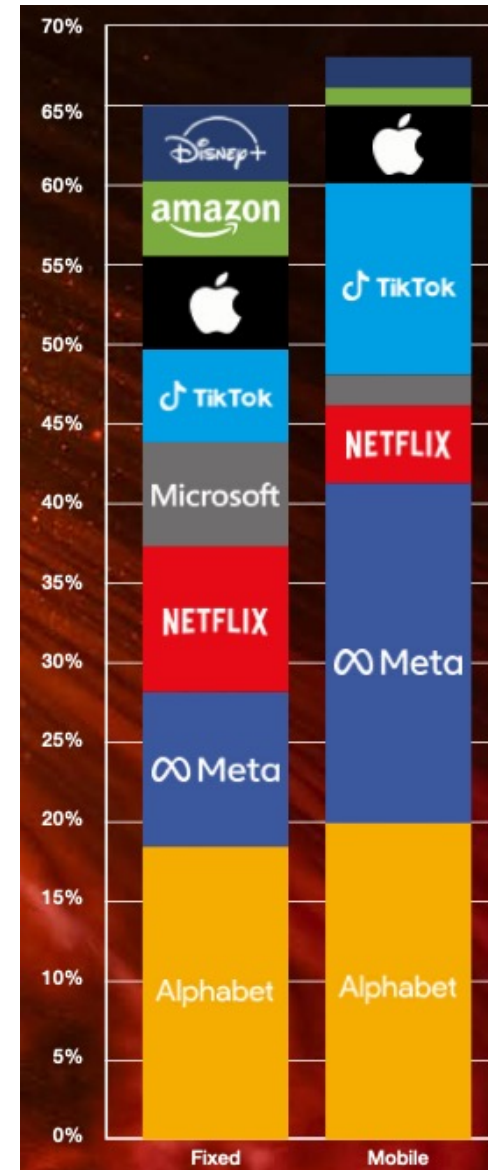
Mobile

App Category and App	% of Users	User Volume
Communication		
FaceTime	34%	150 MB
WhatsApp	40%	136 MB
Discord	8%	963 MB
Telegram	10%	245 MB
Facebook Messenger	49%	108 MB

App Category and App	% of Users	User Volume
Communication		
WhatsApp	34%	36 MB
Facebook Messenger	38%	28 MB
Telegram	7%	74 MB
Discord	2%	373 MB
FaceTime	8%	26 MB

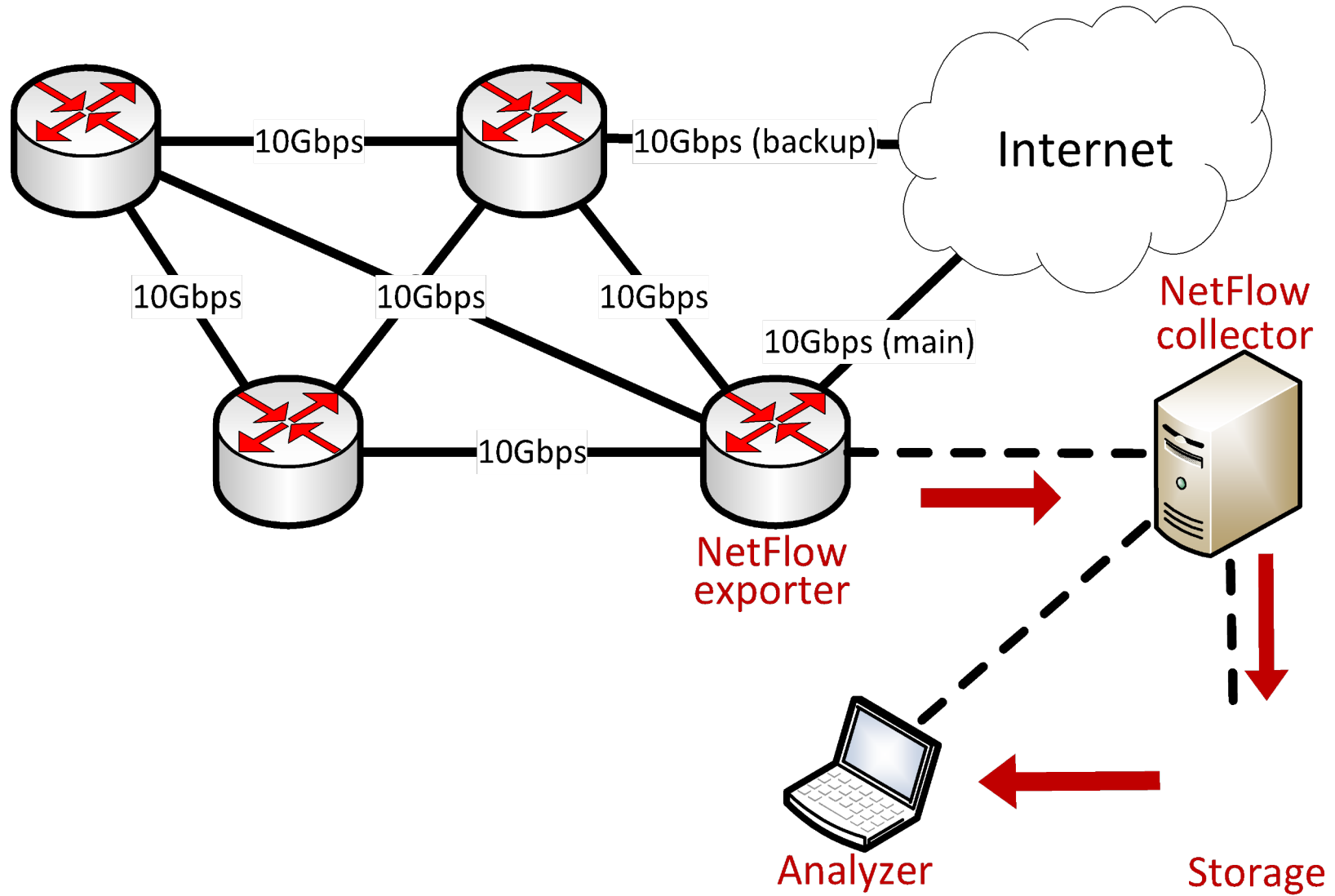
„Cyfrowi Giganci Internetu”

	BRAND	Fixed	Mobile
1	Alphabet	18%	20%
2	Meta	10%	22%
3	Netflix	9%	5%
4	Microsoft	7%	2%
5	Tik Tok	6%	12%
6	Apple	6%	5%
7	Amazon	5%	1%
8	Disney	4%	2%
		65%	68%



*Sandvine, “The Mobile Internet Phenomena Report: Jan 2024”

NetFlow



Metodologia pomiarów NetFlow

- » Łańcuch danych:
 - Ruter NF → Kolektor → Analizator danych

- » Rekordy NetFlow eksportowane w segmentach UDP (zwykle port 2055, 9555, 9995, 9025 lub 9026)
- » Kolektor NetFlow nasłuchuje na tym samym porcie UDP (np. demon *nfcapd*)
- » Dane rotowane są zwykle w oknach 5 minutowych

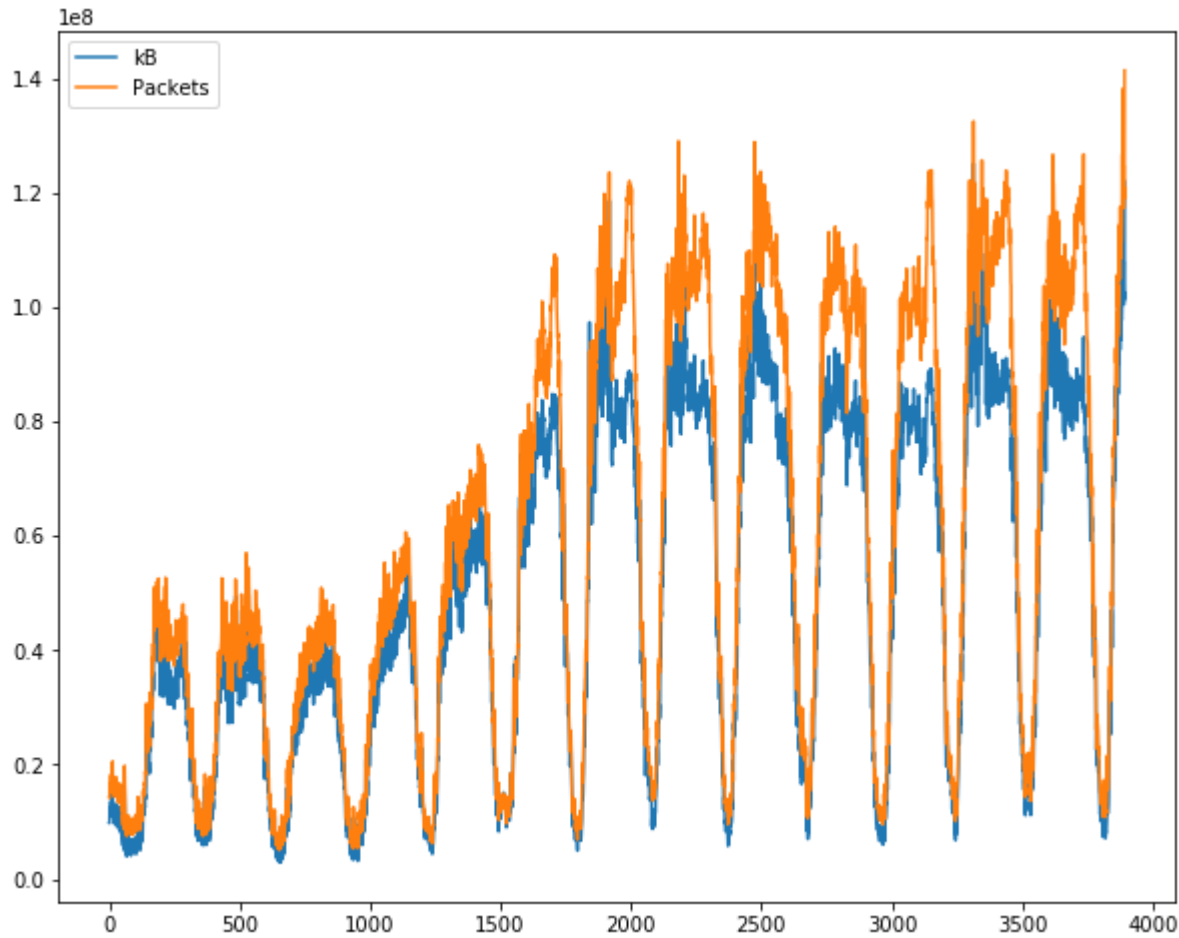
AGH - NetFlow

- » Dane z NetFlow zbierane są w oknach 5 min (288 plików/dzień, około 5GB)
- » Detekcja anomalii wykonywana jest *on-line*
- » Przetwarzanie danych off-line z zarejestrowanych danych
- » Około 14000 użytkowników (4000 pracowników + 10000 studentów)

NetFlow – przykładowe dane

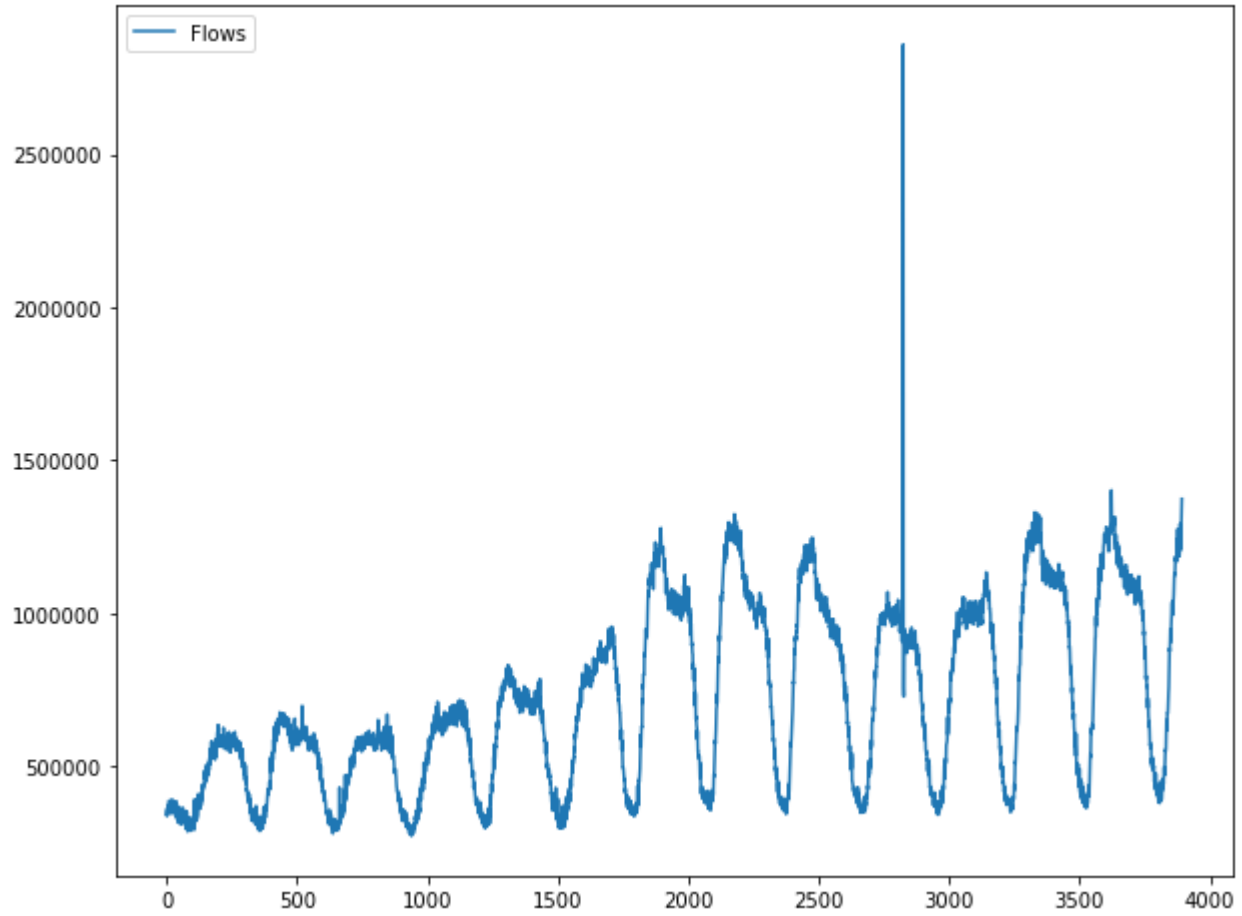
Parametr NetFlow	Przykładowa wartość
Date flow start	2015-05-14 11:53:12.924
Duration	299.992
Protocol	UDP
Src IP Addr:Port	149.156.124.2:52567
Dst IP Addr:Port	90.39.136.36:61597
Flags ToS	0
Packets	1533
Bytes	131479
pps	5
bps	3506
Bpp	85
Flows	1

NetFlow AGH przykład

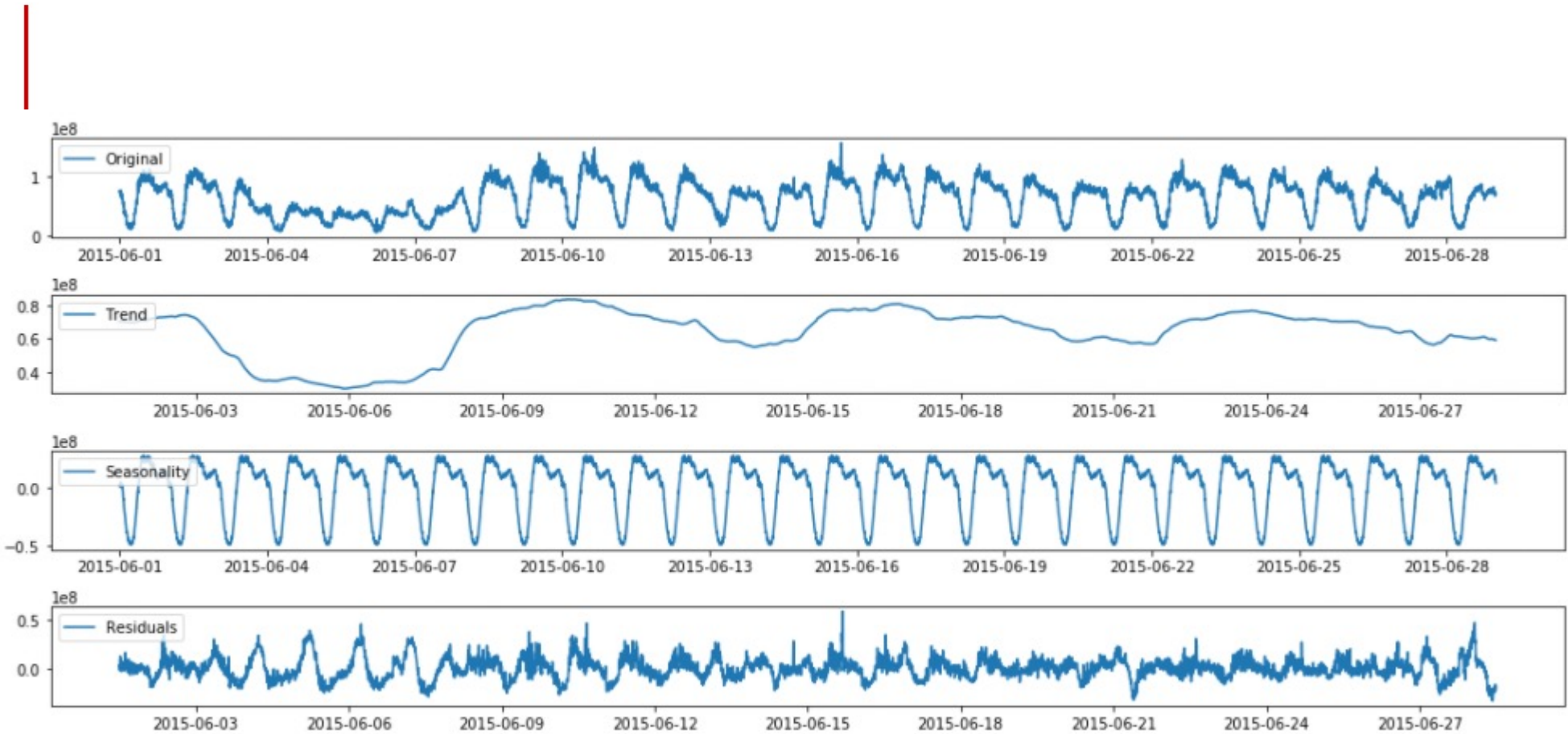




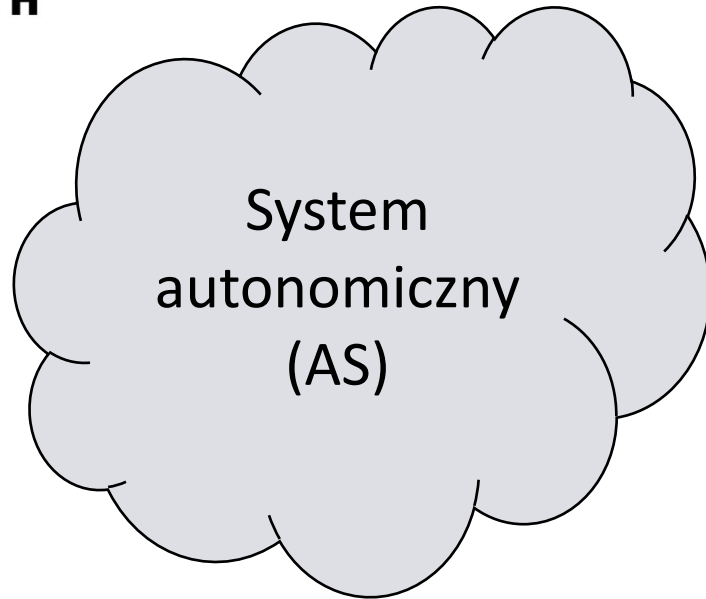
NetFlow AGH przykład



NetFlow AGH przykład



Architektura Internetu



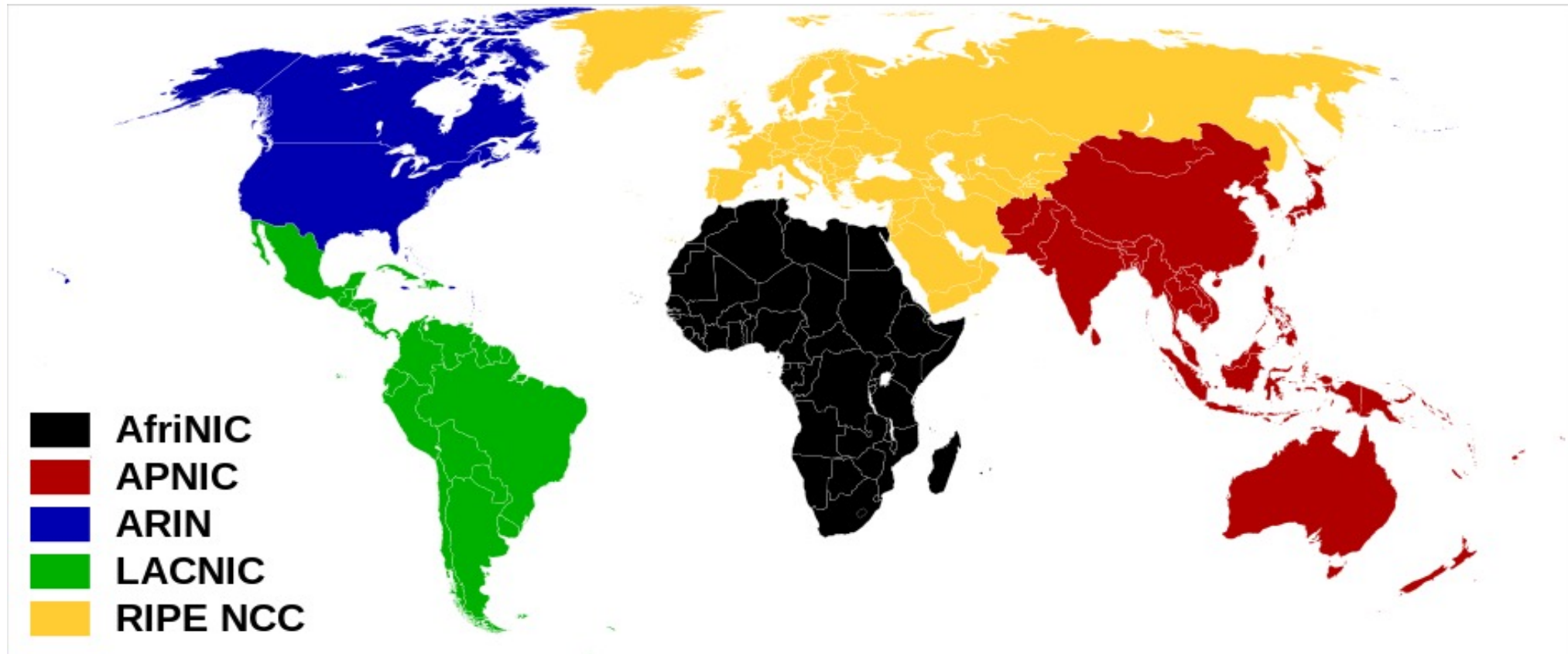
System autonomiczny (ang. *Autonomous system*) to zbiór prefiksów (adresów sieci IP) pod wspólną administracyjną kontrolą, w którym utrzymywany jest spójny schemat trasowania (ang. *routing policy*).
RFC1930

- » Numer AS
 - Do 2007 dwubajtowy
 - Od 2007 czterobajtowy (RFC4893)
 - > 40.000 numerów AS używanych w 2012
 - > 90.000 numerów AS używanych w 2019
- » IANA (Internet Assigned Numbers Authority) przydziela pule numerów AS dla RIR - Regionalnych Rejestrów Internetowych (ang. *regional Internet registries*)

RIR i LIR

- » RIR (ang. *Regional Internet Registry*) to organizacja zajmująca się przydzielaniem zasobów Internetu w określonym rejonie świata.
 - Przydzielanie numerów systemów autonomicznych AS
 - Przydzielanie puli adresów IP
- » LIR (ang. *Local Internet Registry*) to organizacja, który ma przydzieloną pulę adresów IP przez RIR i może nimi dysponować: sprzedawać i przydzielać swoim klientom
 - operatorzy (ISP), firmy, organizacje akademickie

Organizacje RIR na świecie

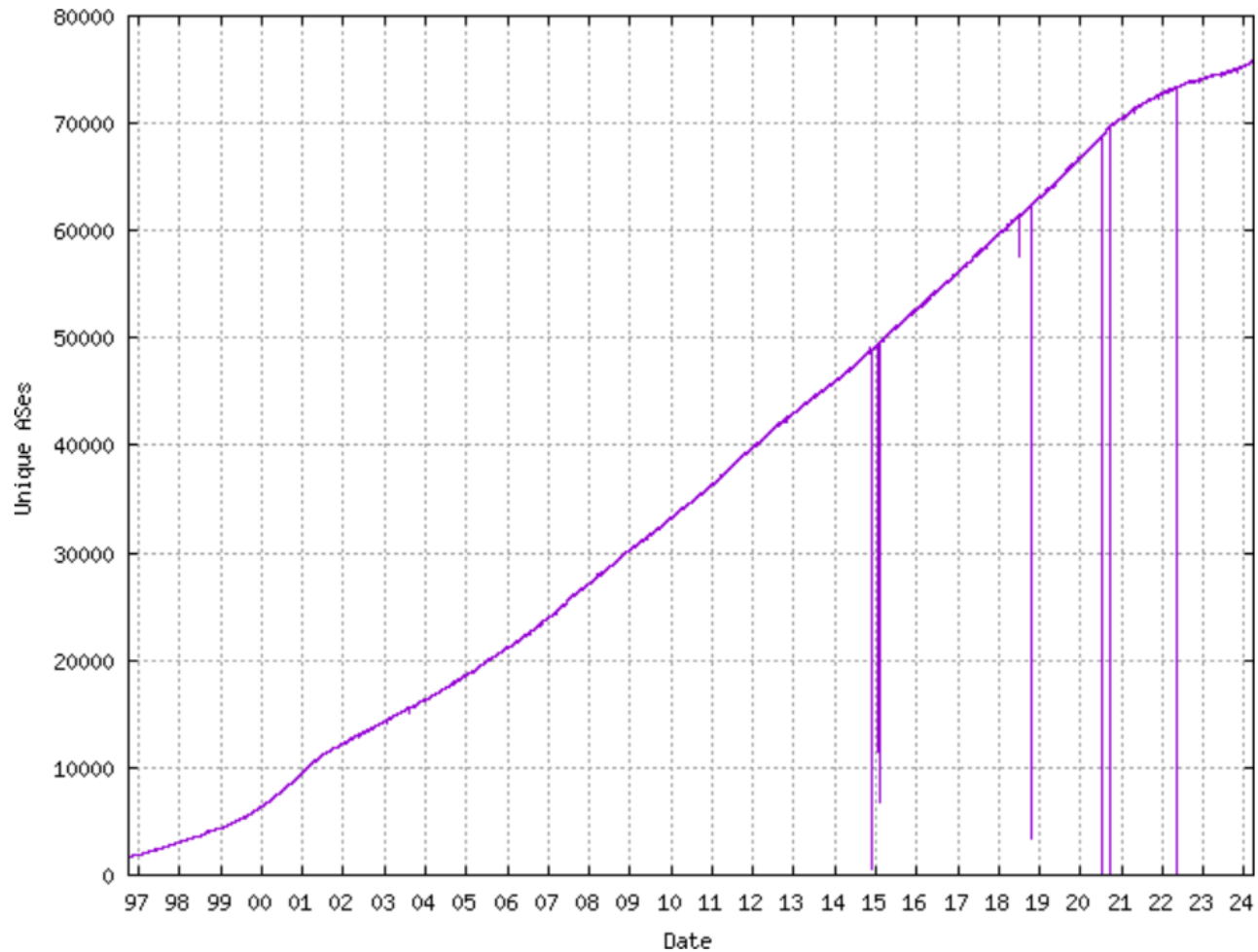


RIPE NCC

- » Siedziba Amsterdam
- » Regionalny Rejestr Internetowy
 - Europa, Bliski Wschód, część Azji Środkowej
- » Przydzielanie adresacji IPv4 i IPv6
- » Przydzielanie numerów AS
- » Administracja bazą WhoIS
- » Serwery DNS (utrzymuje jeden z głównych serwerów DNS)
- » Badania i rozwój

Liczba niepowtarzalnych nr Asów

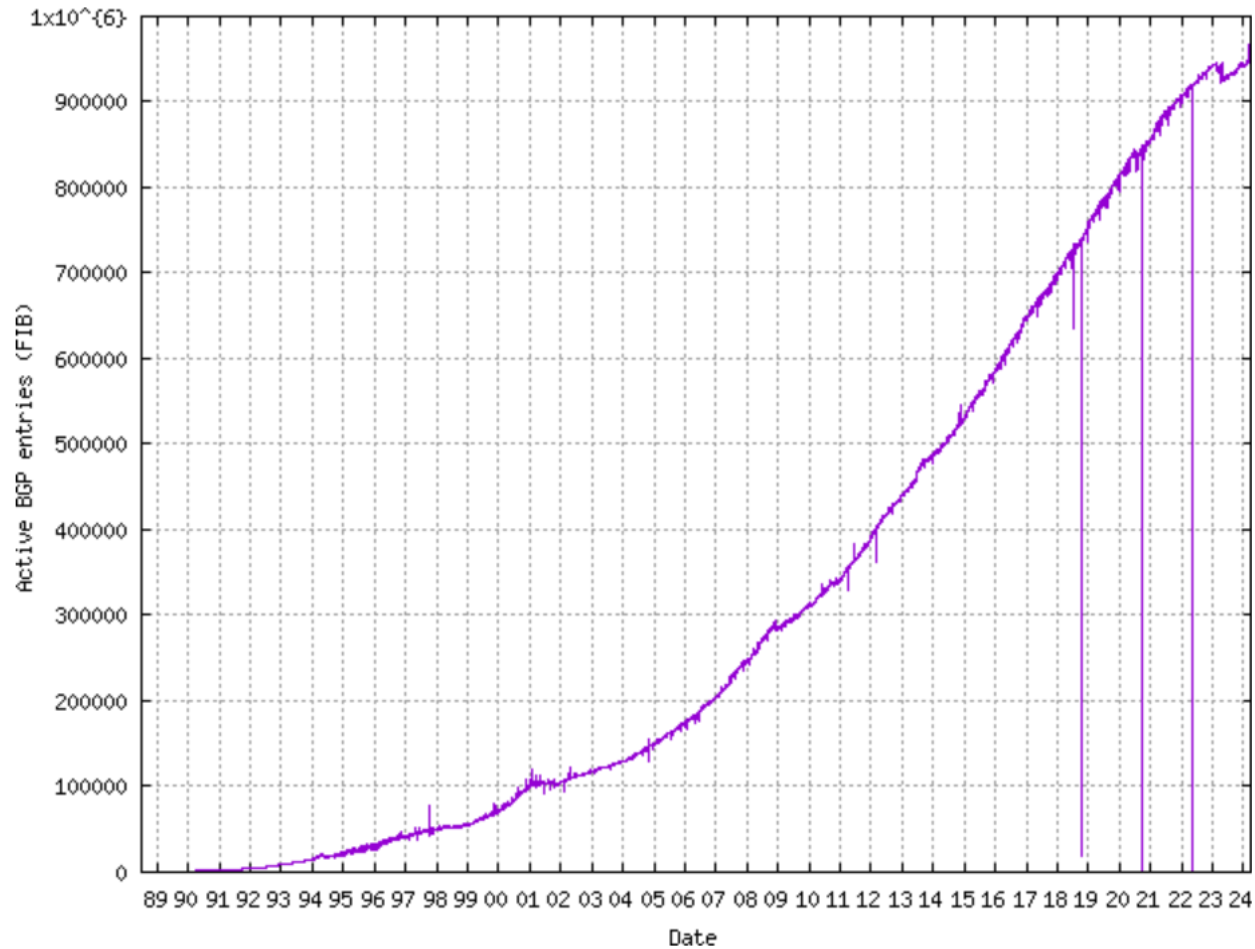
30.09.1996 – 24.03.2024 19:24



Źródło: <https://www.cidr-report.org/>

Liczba aktywnych wpisów BGP (FIB)

30.06.1988 – 24.03.2024 19:24



Źródło: <https://www.cidr-report.org/>

Ciekawostki w liczbach (na dzień 24.03.2024)

- » 75767 Liczba Asów
- » 26423 Liczba Asów rozgłaszających tylko jeden prefix
- » 12353 Największa liczba prefiksów rozgłaszanych przez pojedynczy AS (AS8151: Uninet S.A. de C.V., MX)

Date	Prefixes	CIDR Aggregated
17-03-24	965970	538080
18-03-24	966663	538129
19-03-24	966867	538464
20-03-24	967190	539292
21-03-24	967193	538970
22-03-24	966925	538601
23-03-24	965958	538831
24-03-24	966319	539008

Ciekawostki w liczbach (na dzień 7.03.2023)

- » 74351 Liczba Asów
- » 25887 Liczba Asów rozgłaszających tylko jeden prefix
- » 11219 Największa liczba prefiksów rozgłaszanych przez pojedynczy AS (AS8151: Uninet S.A. de C.V., MX)

Date	Prefixes	CIDR Aggregated
28-02-23	940030	518591
01-03-23	939710	518479
02-03-23	939163	519069
03-03-23	939863	519182
04-03-23	939478	519287
05-03-23	939603	519158
06-03-23	939182	509509
07-03-23	938852	510874

Ciekawostki w liczbach (na dzień 20.03.2022)

- » 73150 Liczba Asów
- » 25482 Liczba Asów rozgłaszających tylko jeden prefix
- » 10464 Największa liczba prefiksów rozgłaszanych przez pojedynczy AS (AS8151: Uninet S.A. de C.V., MX)

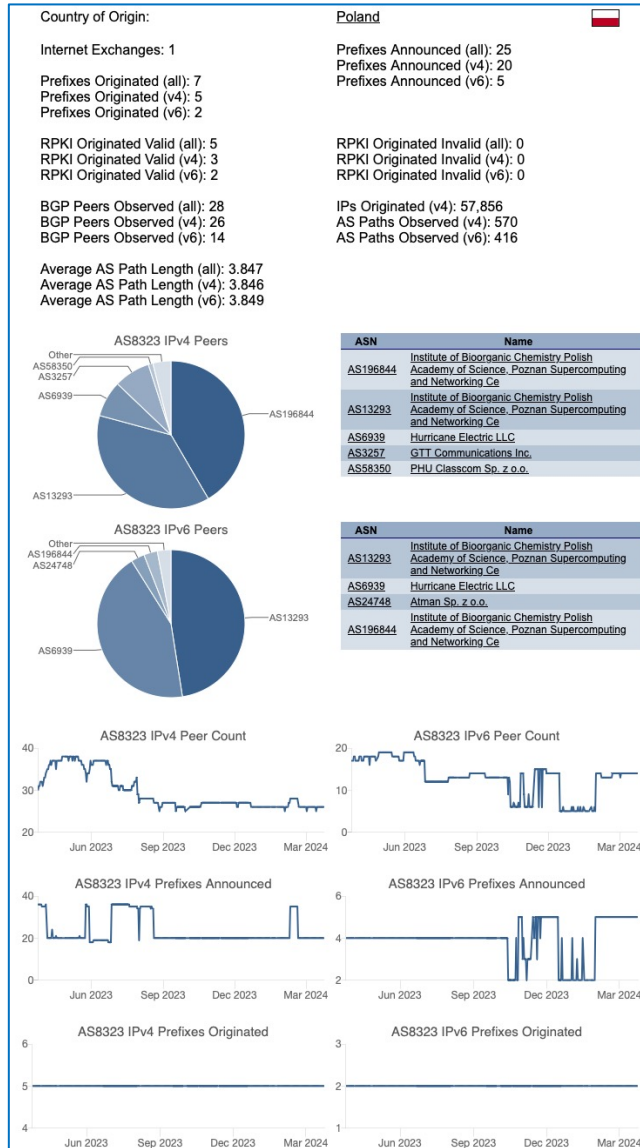
Date	Prefixes	CIDR Aggregated
13-03-22	915770	505826
14-03-22	915565	505251
15-03-22	915490	505320
16-03-22	915486	505357
17-03-22	916156	505435
18-03-22	916320	505334
19-03-22	916202	505370
20-03-22	916069	505930

Ciekawostki w liczbach (na dzień 29.03.2021)

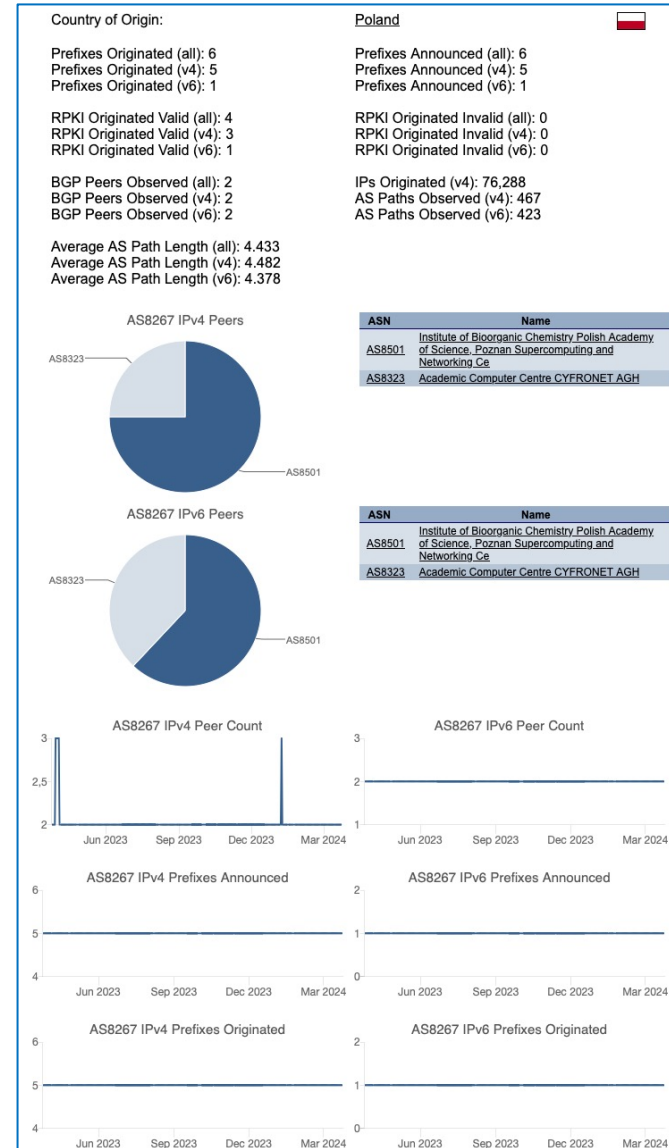
- » 71167 Liczba Asów
- » 24999 Liczba Asów rozgłaszających tylko jeden prefix
- » 8484 Największa liczba prefiksów rozgłaszanych przez pojedynczy AS (AS8151: Uninet S.A. de C.V., MX)

Date	Prefixes	CIDR Aggregated
22-03-21	873944	479714
23-03-21	874109	479126
24-03-21	873112	479950
25-03-21	874437	480524
26-03-21	874845	480631
27-03-21	874676	480503
28-03-21	874398	480790
29-03-21	874577	481040

ASy „AGH” ☺

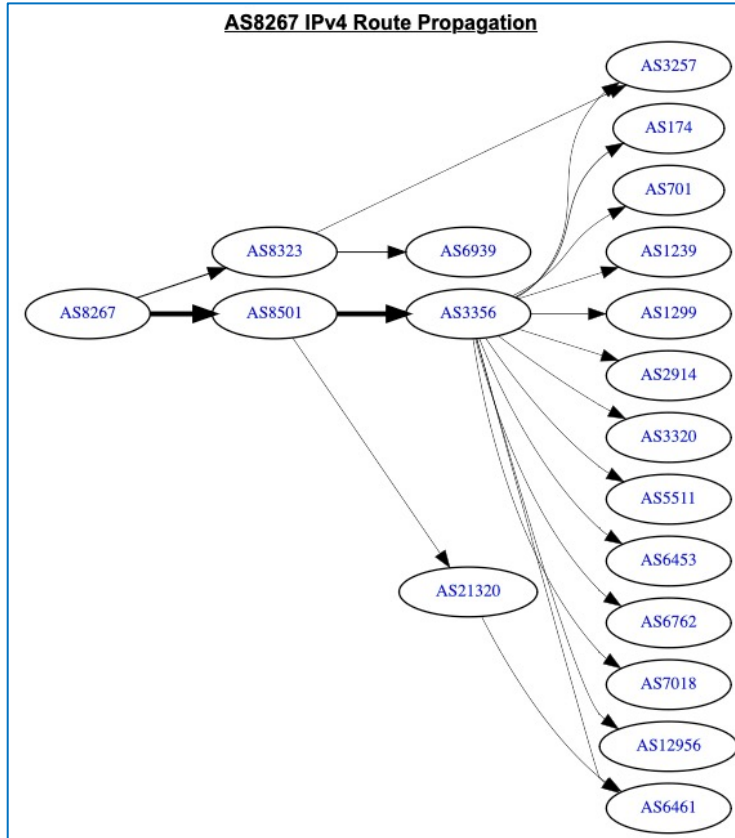


https://bgp.he.net/AS8323#_asinfo

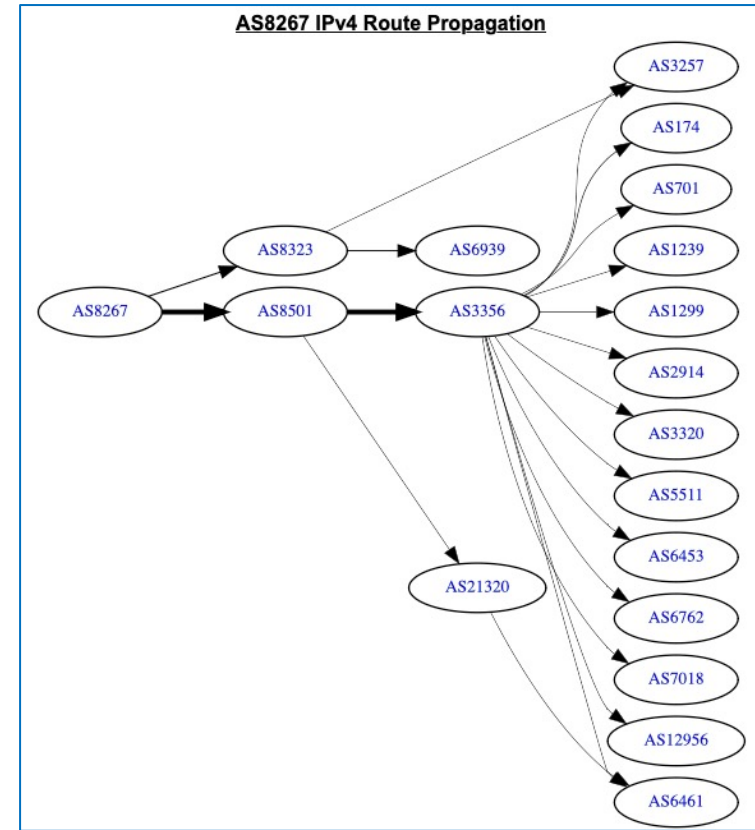


<https://bgp.he.net/AS8267>

ASy „AGH” ☺



https://bgp.he.net/AS8323#_asinfo

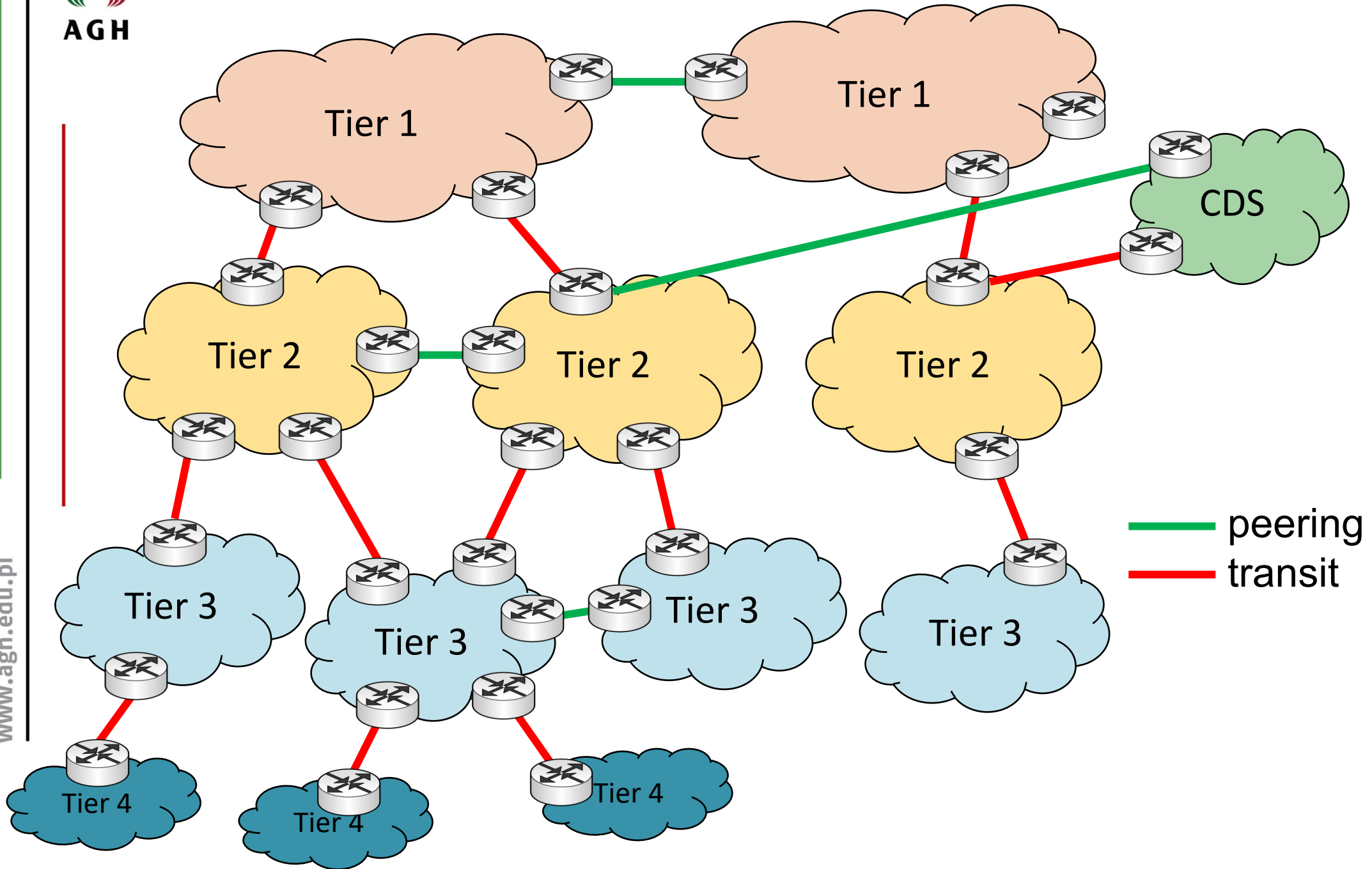


<https://bgp.he.net/AS8267>

Typy sieci/operatorów

- » **Tier 1:** sieć operatorska typu tier 1 jest taką siecią, z której można przesłać ruch to dowolnego miejsca w sieci (w dowolnej domenie) bez konieczności płacenia za przesył ruchu przez łącza międzypdomenowe
 - Sieć typu tier 1 posiada łącza typu peering z każdą inną siecią tier 1, może mieć łącza peering z sieciami tier 2
- » **Tier 2:** sieć operatorska typu tier 2 posiada łącza peering z niektórymi domenami (zwykle również typu tier 2).
 - Nie wszystkie miejsca w Internecie są osiągalne przez łącza peering.
 - Aby osiągnąć niektóre miejsca w sieci operator sieci tier 2 musi płacić za transfer ruchu przez łącza międzypdomenowe (łącza typu transit), zwykle operatorowi tier 1.
 - Sprzedaje dostęp do Internetu operatorom typu tier 3
- » **Tier 3:** sieć operatorska, która ma wyłącznie łącza typu transit, zwykle do operatora sieci tier 2 (czasem też tier 1). Musi kupować dostęp do Internetu.
- » **Tier 4:** kupuje dostęp do Internetu od sieci tier 3, sprzedaje dostęp do Internetu klientom indywidualnym, instytucjom, firmom
- » **CDS:** *content delivery service* ISP, duży dostawca treści, mający centra danych połączone za pośrednictwem ruterów BGP (zwykle do sieci tier 2 na zasadach peering), posiadający własny numer AS
 - Google, Yahoo, Akamai

Podstawowa architektura Internetu



Operatorzy sieci tier 1 (przykłady)

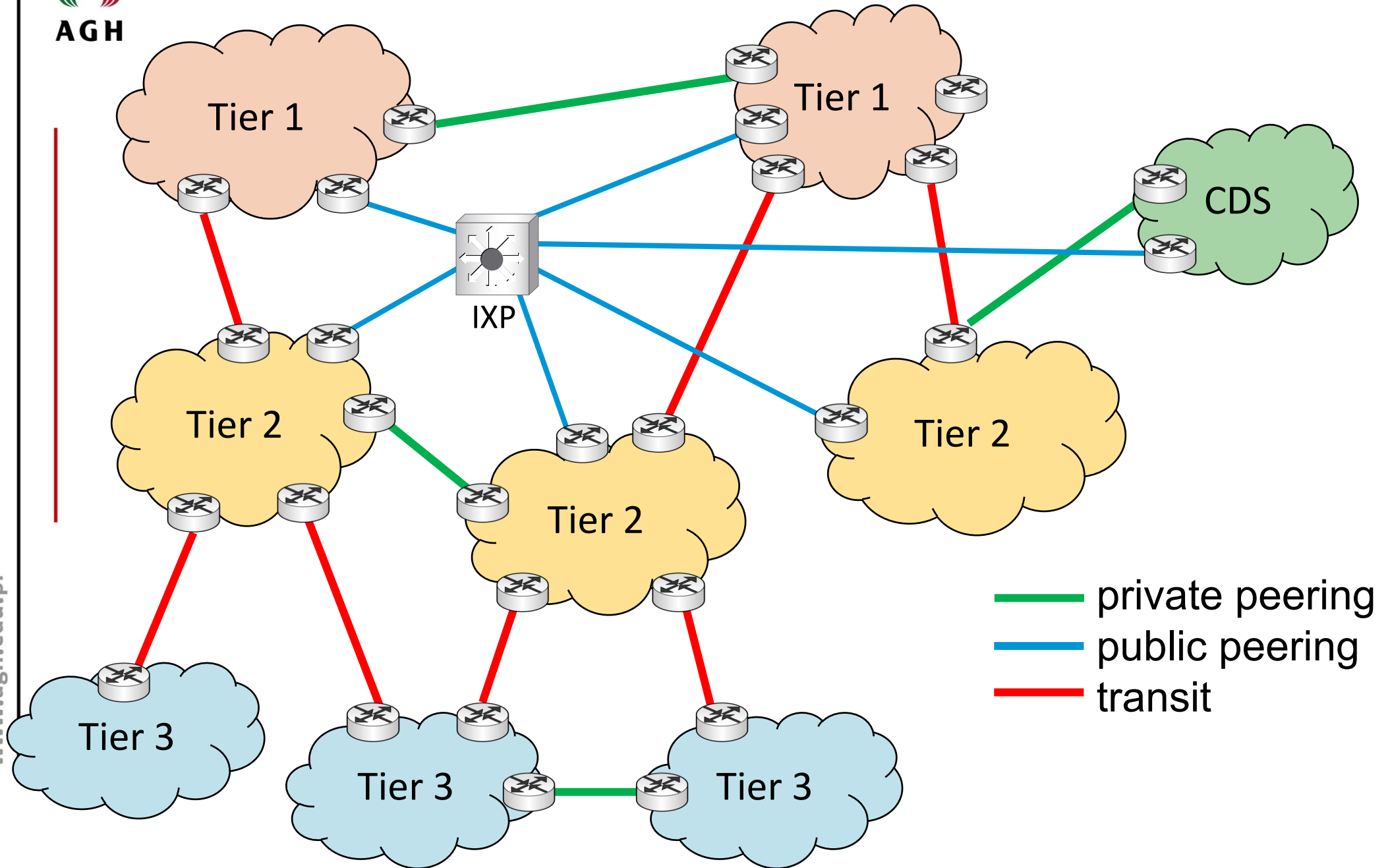
» W Europie

- Orange (Francja)
- Deutsche Telekom (Niemcy)
- Telekom Italia (Włochy)
- Telia sonera (Szwecja)
- Telefonica (Hiszpania)

» Na świecie

- NTT
- AT&T
- Sprint
- Verizon
- Level 3 communications

Typy łączy między ISP



Punkt wymiany ruchu internetowego – IXP

- » Punkt wymiany ruchu internetowego (ang. *Internet Exchange Point*, IXP) – węzeł sieciowy, przez który operatorzy ISP mogą wymieniać ruch Internetowy na zasadzie wzajemności (public peering)
 - Członkami są najczęściej tier 1, tier 2 oraz CDS
 - Tier 3 również może zostać członkiem IXP pod warunkiem, że kupi łącze do IXP od innego operatora (zwykle tier 2)
- » Reguły
 - ISP musi posiadać numer AS i używać protokołu BGP, aby zostać członkiem IXP
 - IXP nie może być używany jako węzeł tranzytowy
 - każdy uczestnik IXP wymienia ruch bez kosztów za transfer (full peering)
 - Są wyjątki! - czasem ISP tier 1 może sprzedawać dostęp do swojej sieci za pośrednictwem IXP
- » Właściciel IXP pobiera opłaty za dostęp

Zalety punktów wymiany

- » Koszt dostępu do jednego miejsca z wieloma operatorami zamiast wielu pojedynczych bezpośrednich punktów styku → oszczędność
- » Ruch między systemami autonomicznymi członków IXP jest wymieniany za darmo → oszczędność (nie musi być przesyłany łączami transit)
- » Możliwość dostępu lub zakupu w jednym miejscu dostępu do wielu operatorów tranzytowych (krajowych i zagranicznych), w tym tier 1
- » Skrócenie czasu transmisji i liczby przeskoków między domenami (sieciami operatorów podłączonych do IXP)

Największe punkty wymiany na świecie i w Polsce (przykłady)

IXP	Lokalizacja	Max ruch przenoszony Gb/s	Średni ruch przenoszony Gb/s
DE-CIX	Frankfurt	6404	4004
AMS-IX	Amsterdam	5513	3339
IX.br	Brazylia	4020	2630
LINX	Londyn	3860	2455
MSK-IX	Moskwa	2821	1211
...			
PLIX	Warszawa	724	396

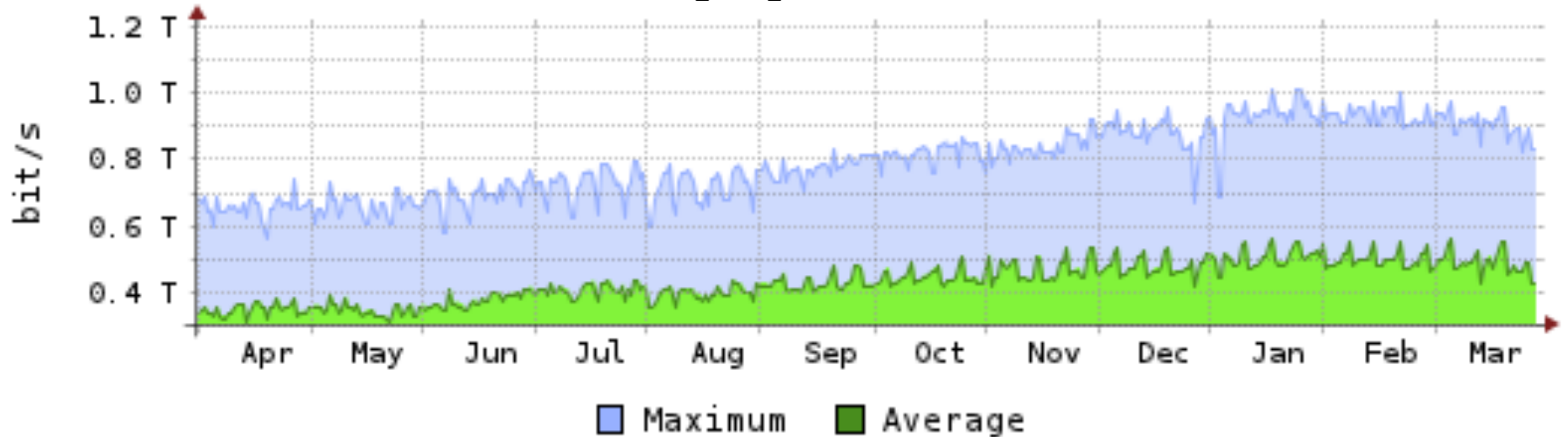
* Dane z 2017/2018

» Punkty wymiany w Polsce (przykłady)

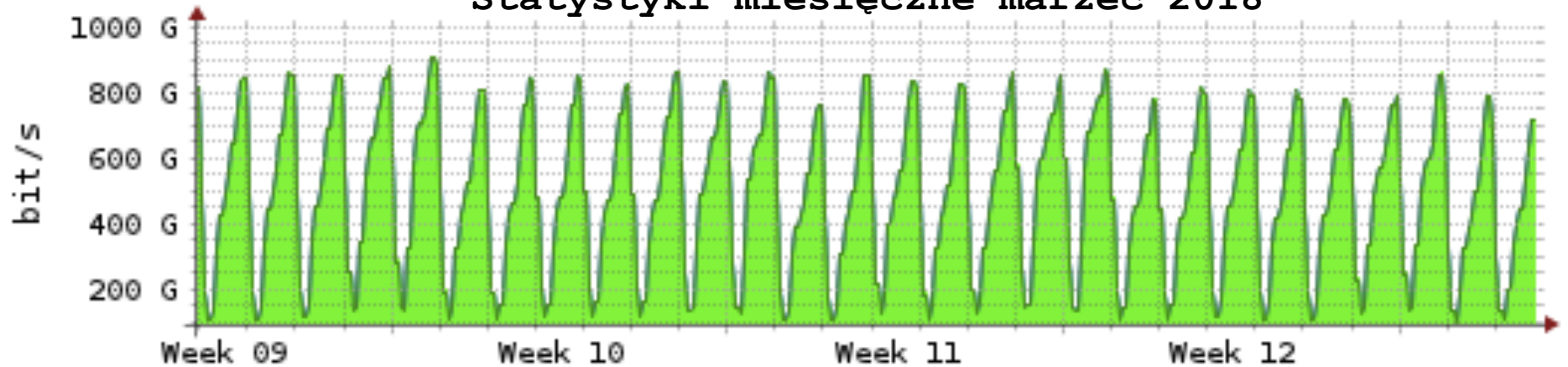
- Equinix Warsaw – poprzedni PLIX (Polish Internet Exchange)
- TPIX (Orange)
- CePIX Centralny Polski Węzeł Wymiany Ruchu Internetowego
- Thinx (ATMAN)
- CIX (Krakowski punkt wymiany)

Przykładowe statystyki PLIX (Equinix)

Statystyki roczne 2018



Statystyki miesięczne marzec 2018



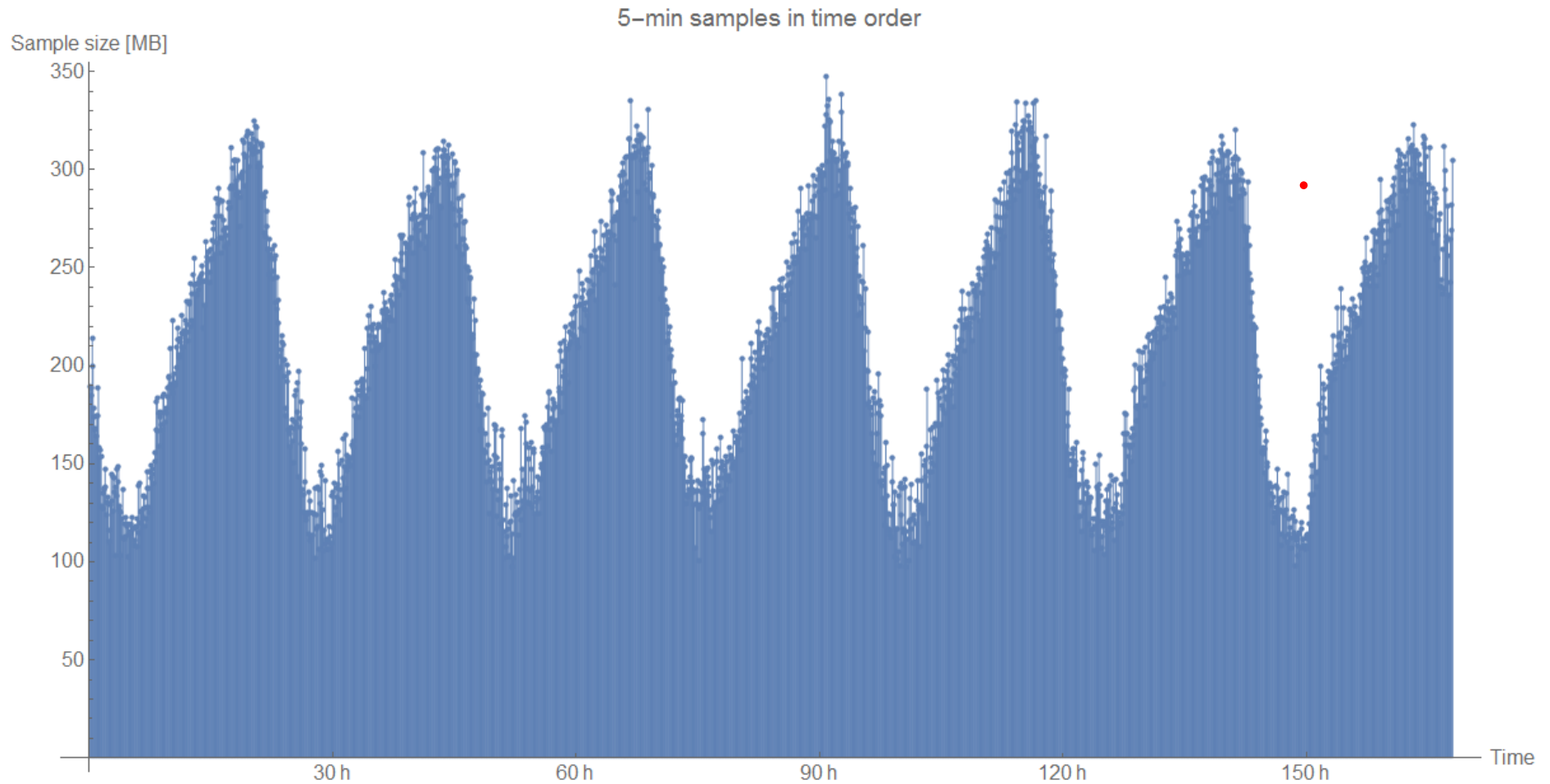
■ Z PLIX	: 485.09 Gbit/s avg	901.20 Gbit/s max
■ Do PLIX	: 486.62 Gbit/s avg	907.17 Gbit/s max

Typy taryf w rozliczeniach za ruch międzydomenowy

- » Wolumen (ang. *volume*)
 - Za całkowity wolumen ruchu przestanego łączem międzydomenowym w okresie rozliczeniowym (zwykle 1 miesiąc)
- » 95 percentyl (ang. *95th percentile*)
 - Pomiar ruchu w pięciominutowych próbkach, zbierane przez cały okres rozliczeniowy (zwykle 1 miesiąc)
 - 5% największych próbek odrzucanych
 - Opłata zależna od wielkości kolejnej największej próbki

Przykład wyliczenia 95-tego percentyla

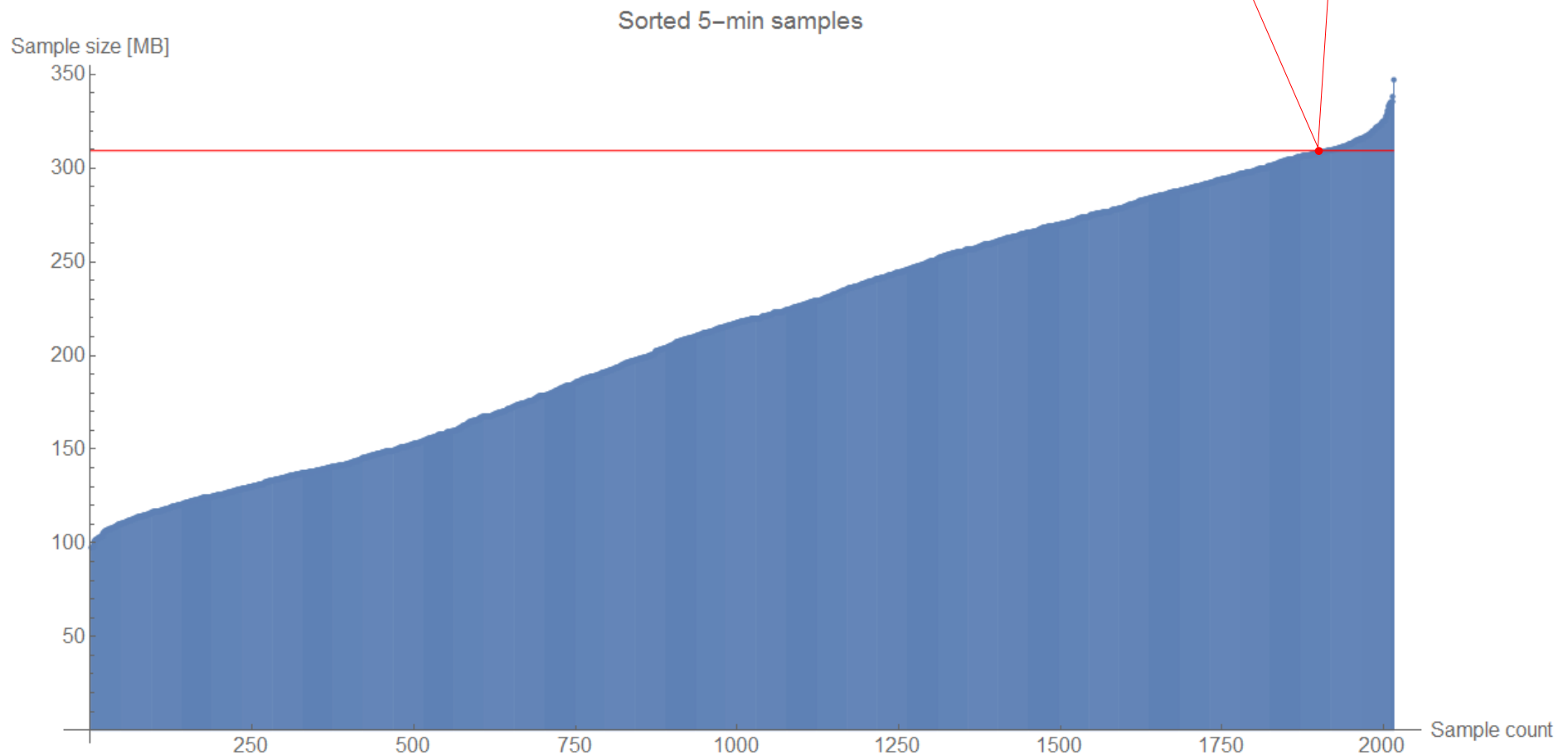
- » 7 dniowy okres rozliczeniowy (dla uproszczenia)
- » 2016 próbek pięcio-minutowych
- » Sortowanie
- » Odrzucamy 5% próbek najwyższych czyli 101



Przykład wyliczenia 95-tego percentyla

- » 7 dniowy okres rozliczeniowy (dla uproszczenia)
- » 2016 próbek pięcio-minutowych
- » Sortowanie
- » Odrzucamy 5% próbek najwyższych czyli 101

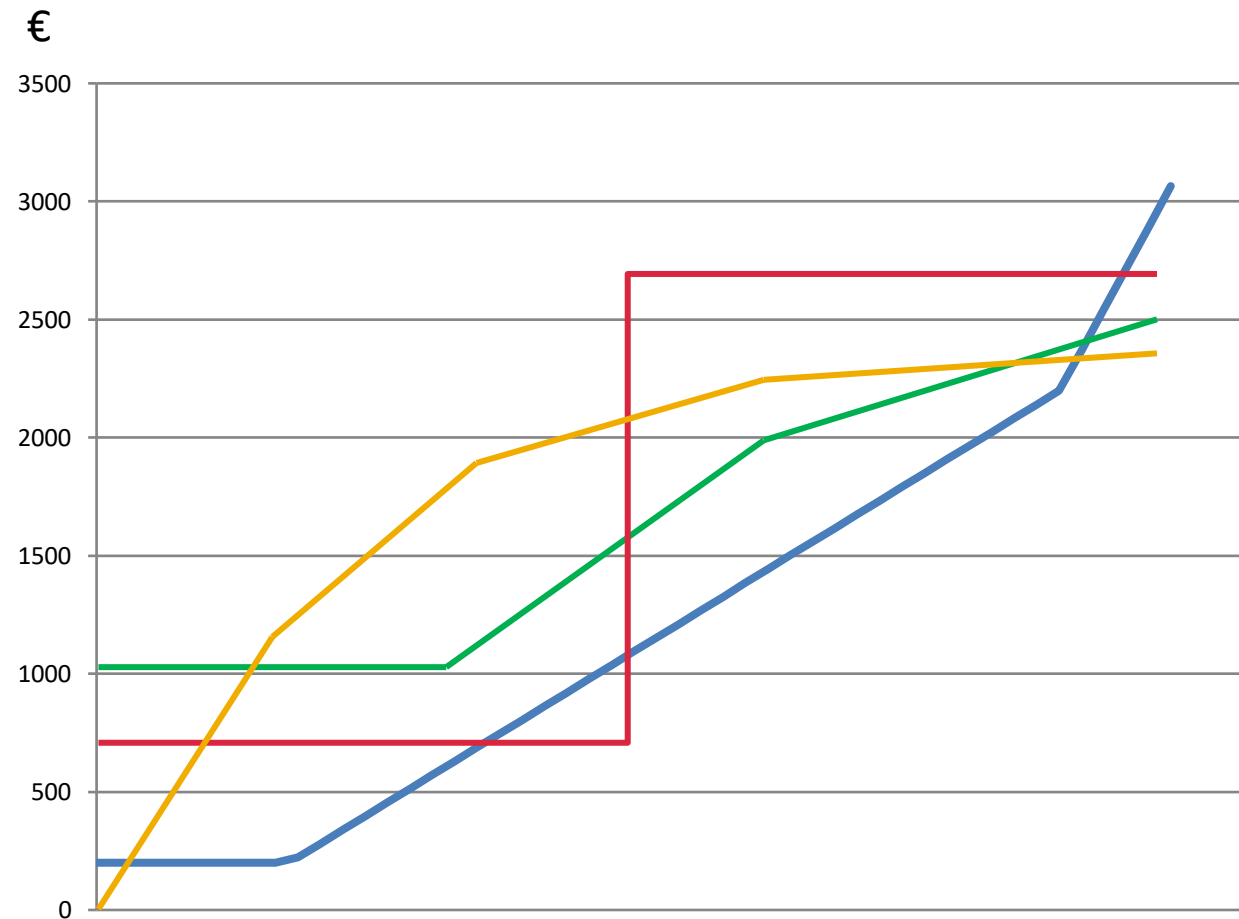
Za tę próbkę płacimy
 $Koszt = f(309.3 \text{ MB})$



Funkcje kosztu

- » Płaskie
- » Odcinkami liniowe
- » Skokowe

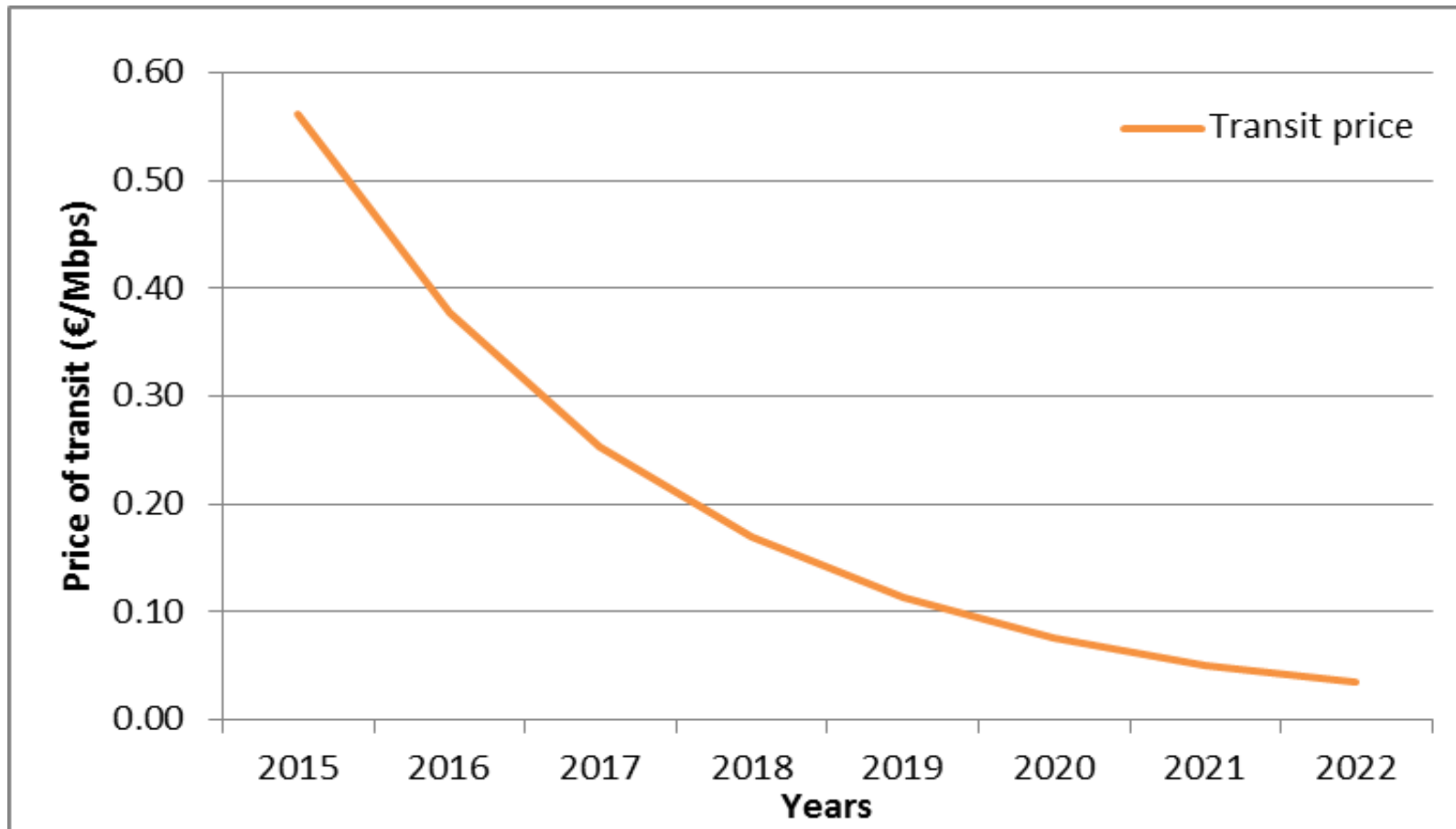
Zwykle koszt jednego MB (Mb/s) maleje wraz ze wzrostem ruchu całkowitego



Ruch MB

Jednostkowy koszt transferu ruchu międzydomenowego

- » Średnia cena transferu (2015 r. [3]) ~ **0.56 € za Mbps**
- » Ceny spadają średnio 33% na rok



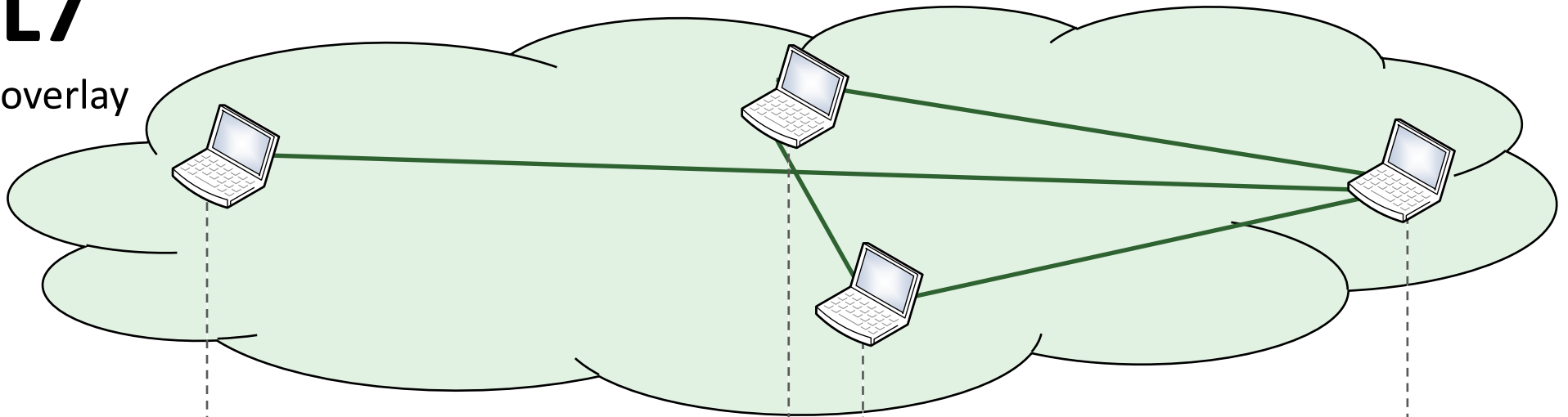
Sieci nakładkowe

- » **Sieć nakładkowa** (ang. *overlay network*) to grupa logicznie powiązanych węzłów używających do komunikacji protokołu na poziomie warstwy 4 OSI/ISO lub wyższej
 - Dobór trasy pomiędzy węzłami dokonywany jest przez warstwę wyższą z pominięciem architektury Internetu na poziomie IP (warstwa 3).
- » Sieci nakładkowe są tworzone przez aplikacje p2p (peer-to-peer), chmury obliczeniowe, sieci VPN, sieci dystrybucji treści, OTT (ang. *Over the top*), itp.
 - Od małych (zwykli śmiertelnicy używający np. BitTorrenta, Skype, po wielkich: dostawców treści, zarządzających centrami danych, chmurami obliczeniowymi, np. Akamai, Google, itp.)
- » **sieć/aplikacja p2p** – sieć partnerska, jest siecią nakładkową w której węzły (partnerzy, ang. *peers*) pełnią podwójną rolę: klientów i serwerów. Komunikacja i zarządzanie są zwykle zdecentralizowane.
 - Przykłady p2p: BitTorrent, Kaza, gnutella, TOR ...

Sieć nakładkowa

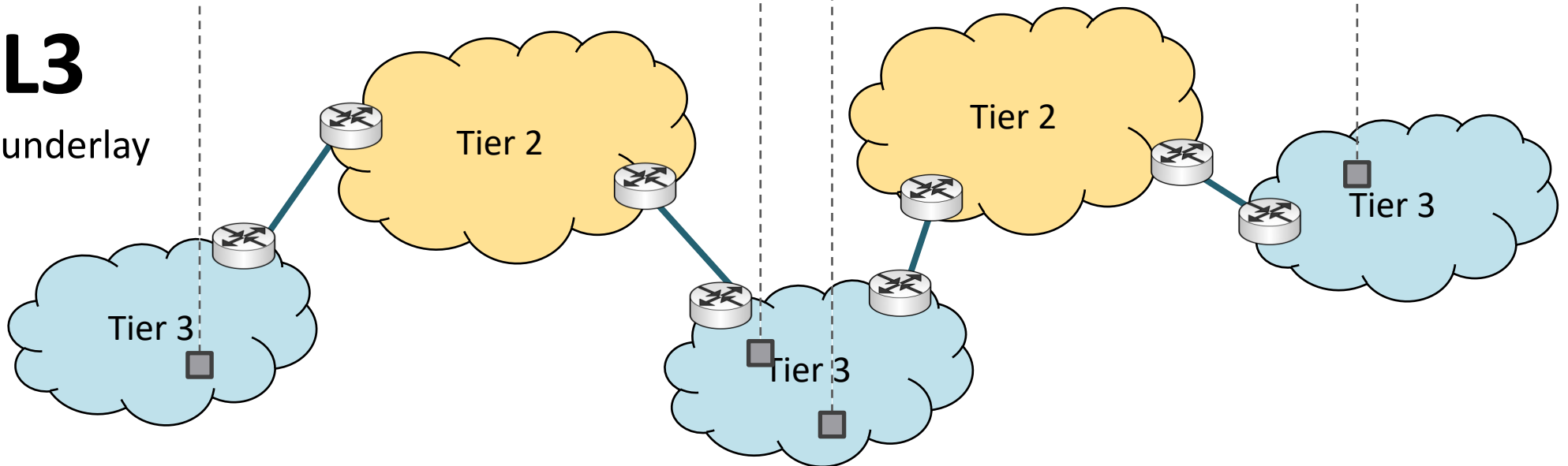
L7

overlay



L3

underlay

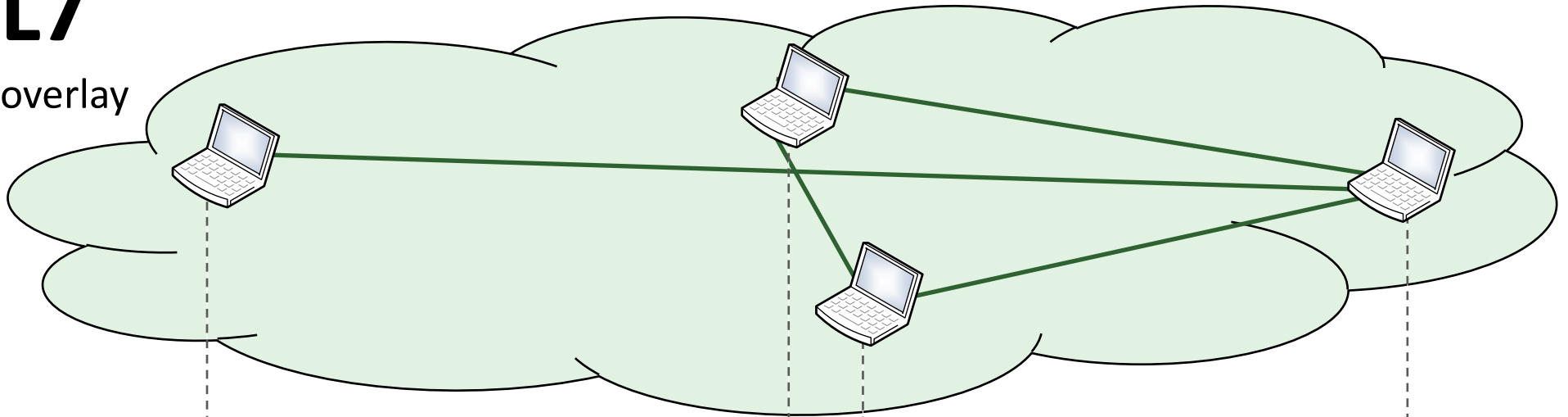


Dlaczego operatorzy nie lubią sieci nakładkowych ?

Trasowanie w sieci overlay i w sieci IP

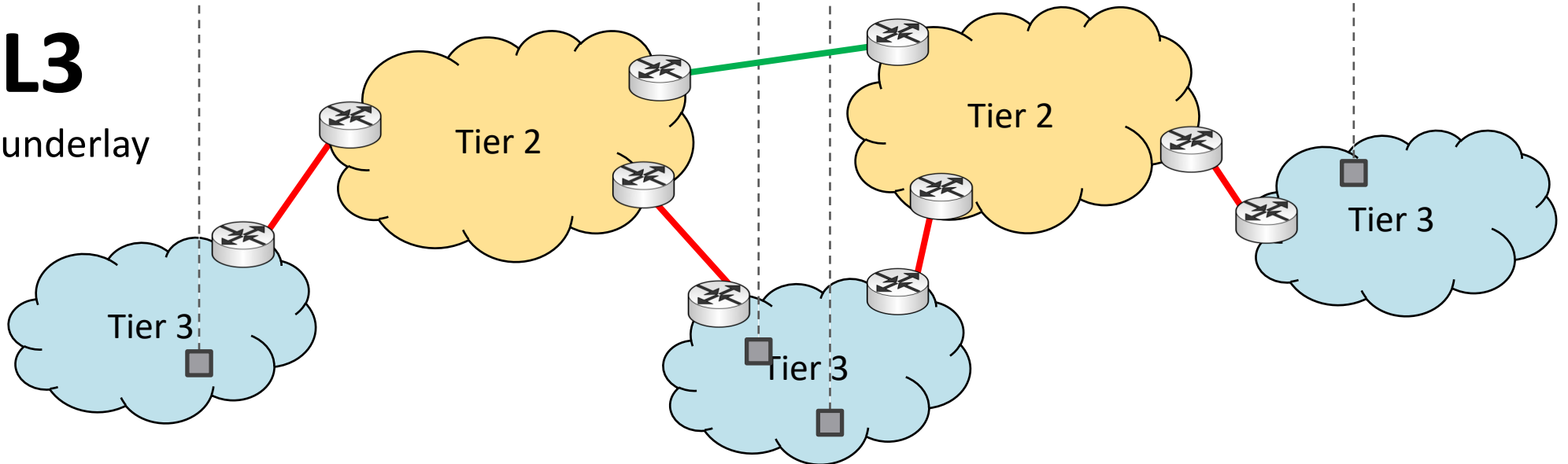
L7

overlay



L3

underlay

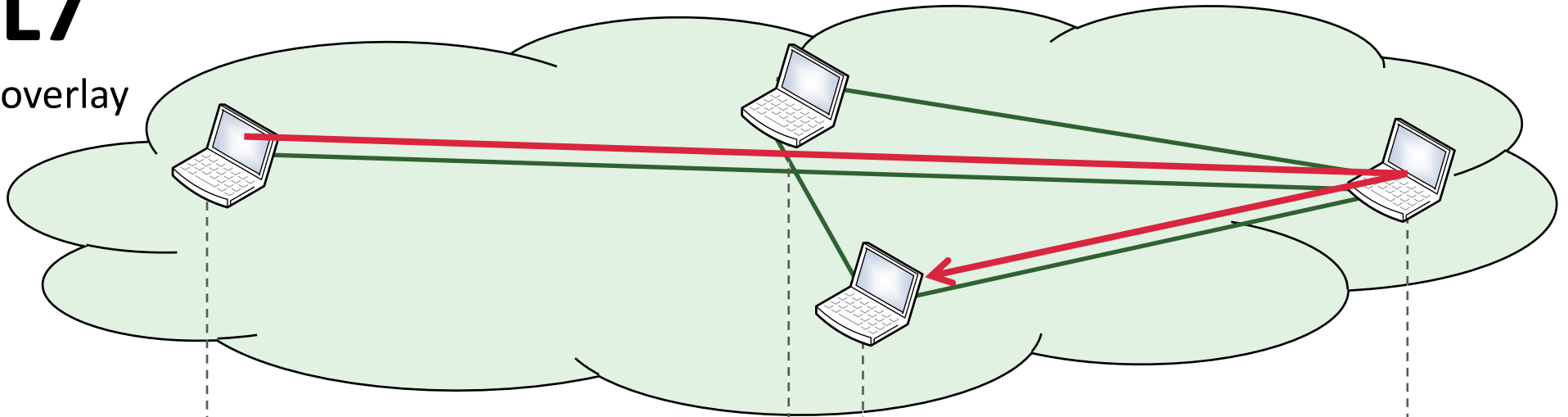


Dlaczego operatorzy nie lubią sieci nakładkowych ?

Trasowanie w sieci overlay i w sieci IP

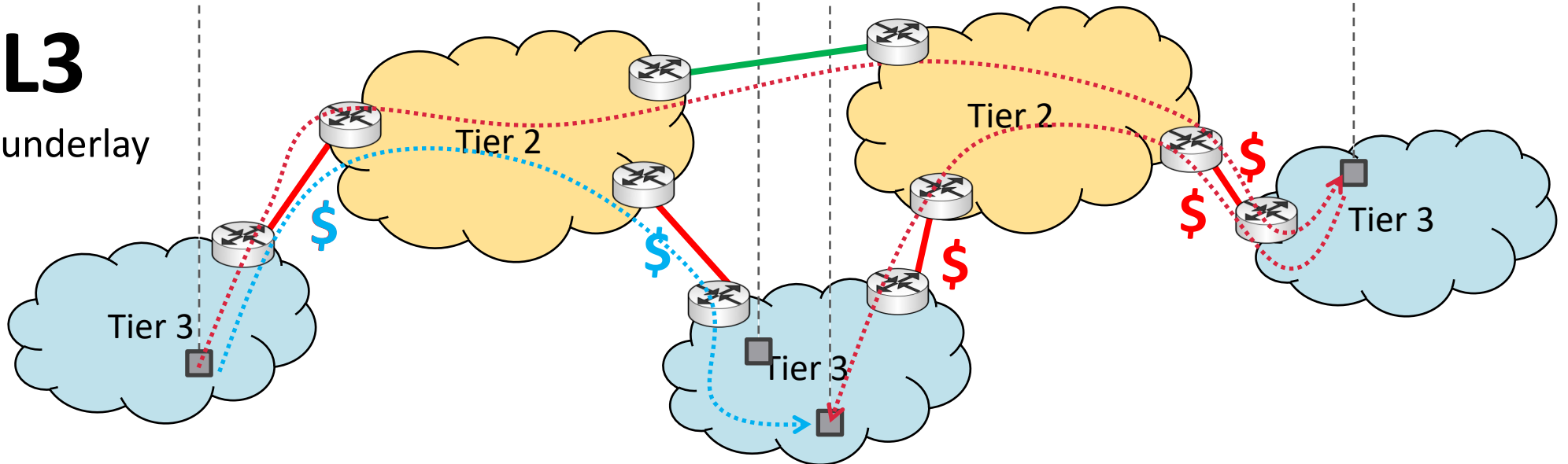
L7

overlay



L3

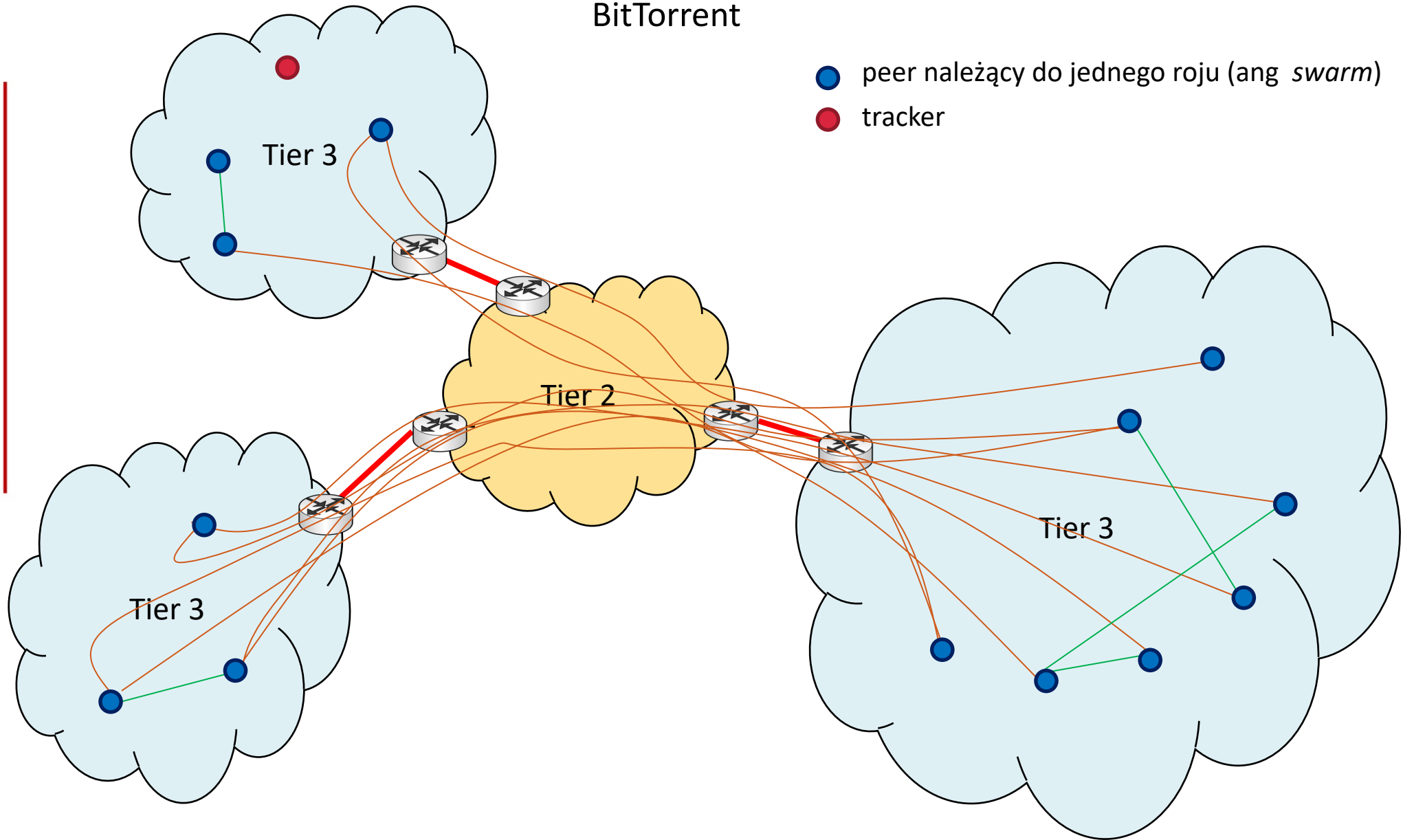
underlay



Dlaczego operatorzy nie lubią sieci nakładkowych?

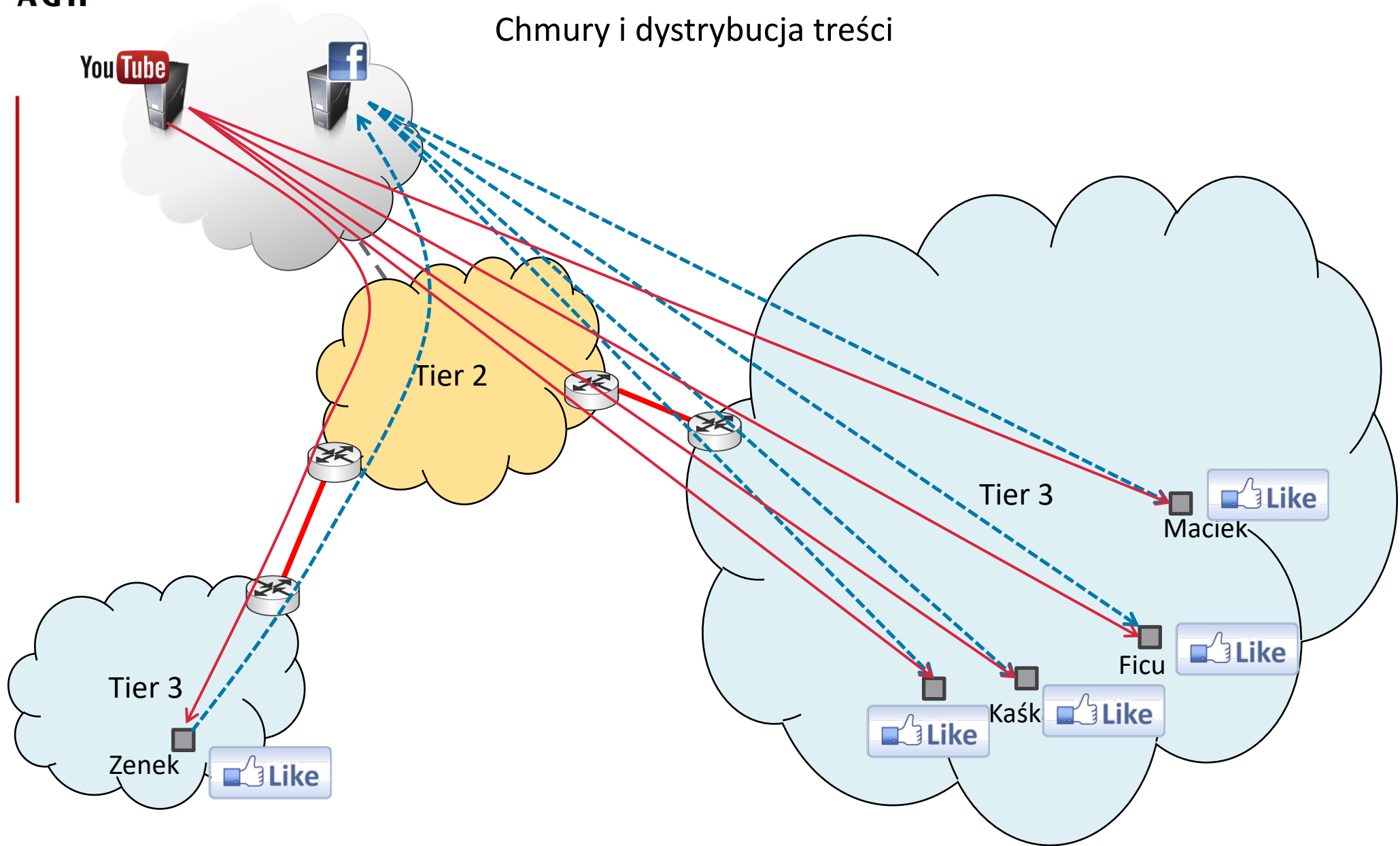
BitTorrent

- peer należący do jednego roju (ang *swarm*)
- tracker



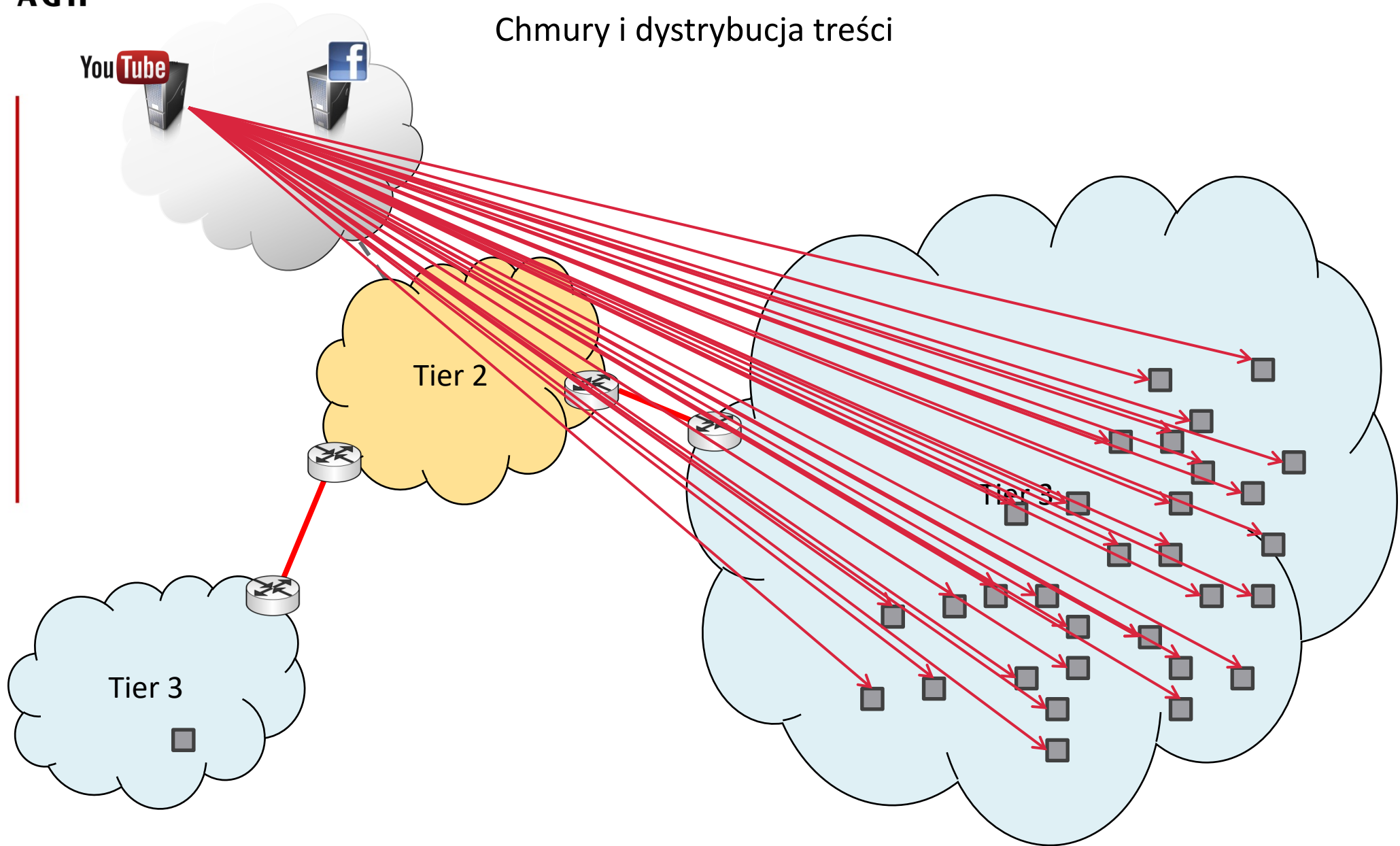
Dlaczego operatorzy nie lubią sieci nakładkowych?

Chmury i dystrybucja treści



Dlaczego operatorzy nie lubią sieci nakładkowych ?

Chmury i dystrybucja treści



Polubić owerleje...

czyli sposoby na zarządzanie ruchem nakładkowym

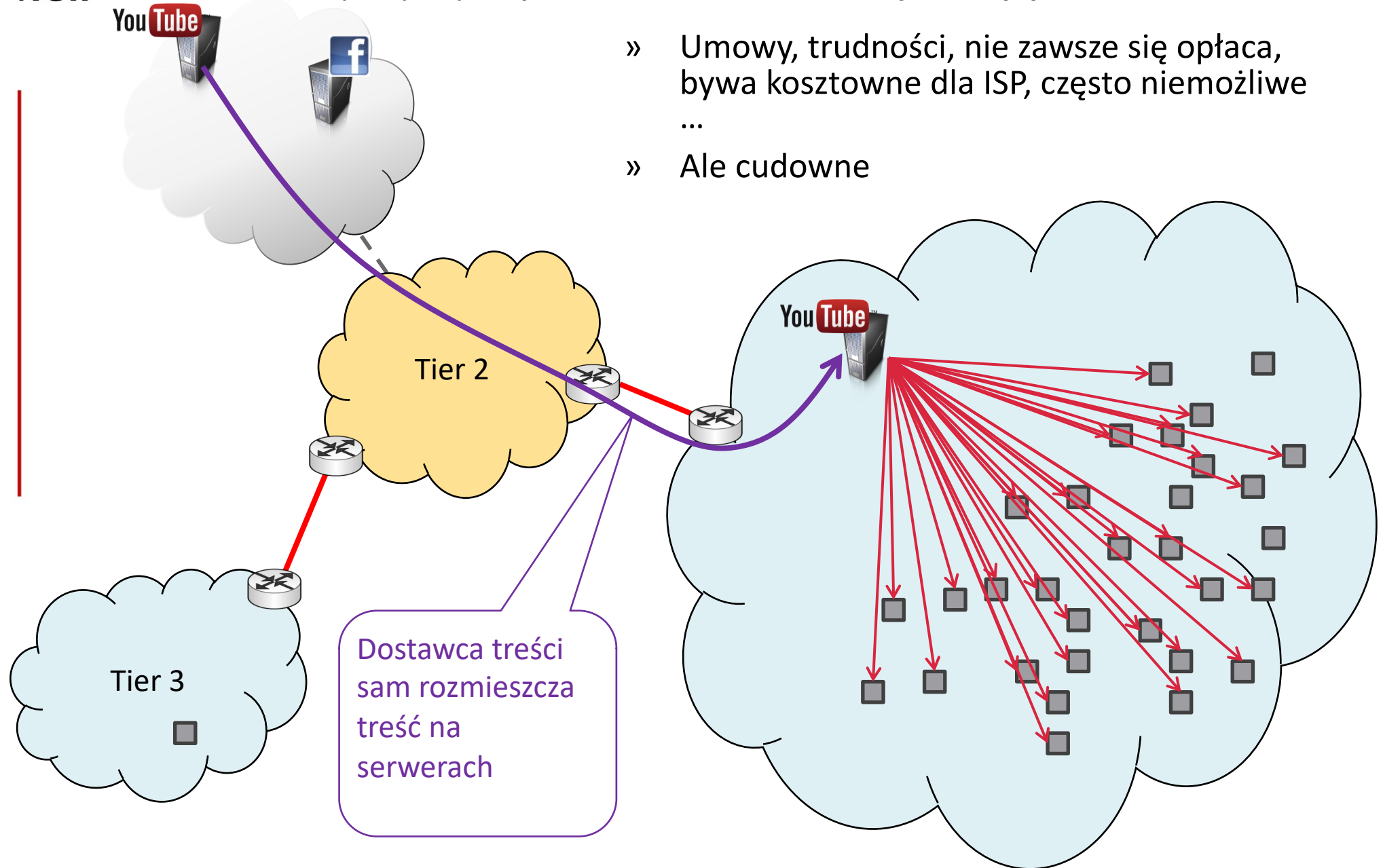
- » Lokalizacja ruchu
 - (ALTO, Cache, serwer treści we własnej domenie)
- » Dobór źródeł ruchu (źródeł treści)
- » Nano Data Center i prefetching
- » Predykcja (rola sieci społecznościowych)
- » Offloading (może pomagać)
- » Federacje

- » Cele optymalizacji
 - zmniejszenie ruchu międzydomenowego [operatorzy sieci]
 - Zarządzanie zasobami (sieci, centrów danych ...) [dostawcy/dystrybutorzy treści]
 - Oszczędność energii (green networking) [wszyscy 😊]
 - Postrzegana jakość usług (QoE) [dostawcy treści/usług i ich klienci, pośrednio wszyscy]
 - Bezpieczeństwo [dostawcy usług i ich klienci]
 - ...

Polubić owerleje ...

Chmury i dystrybucja treści: **Serwer dostawcy w mojej domenie**

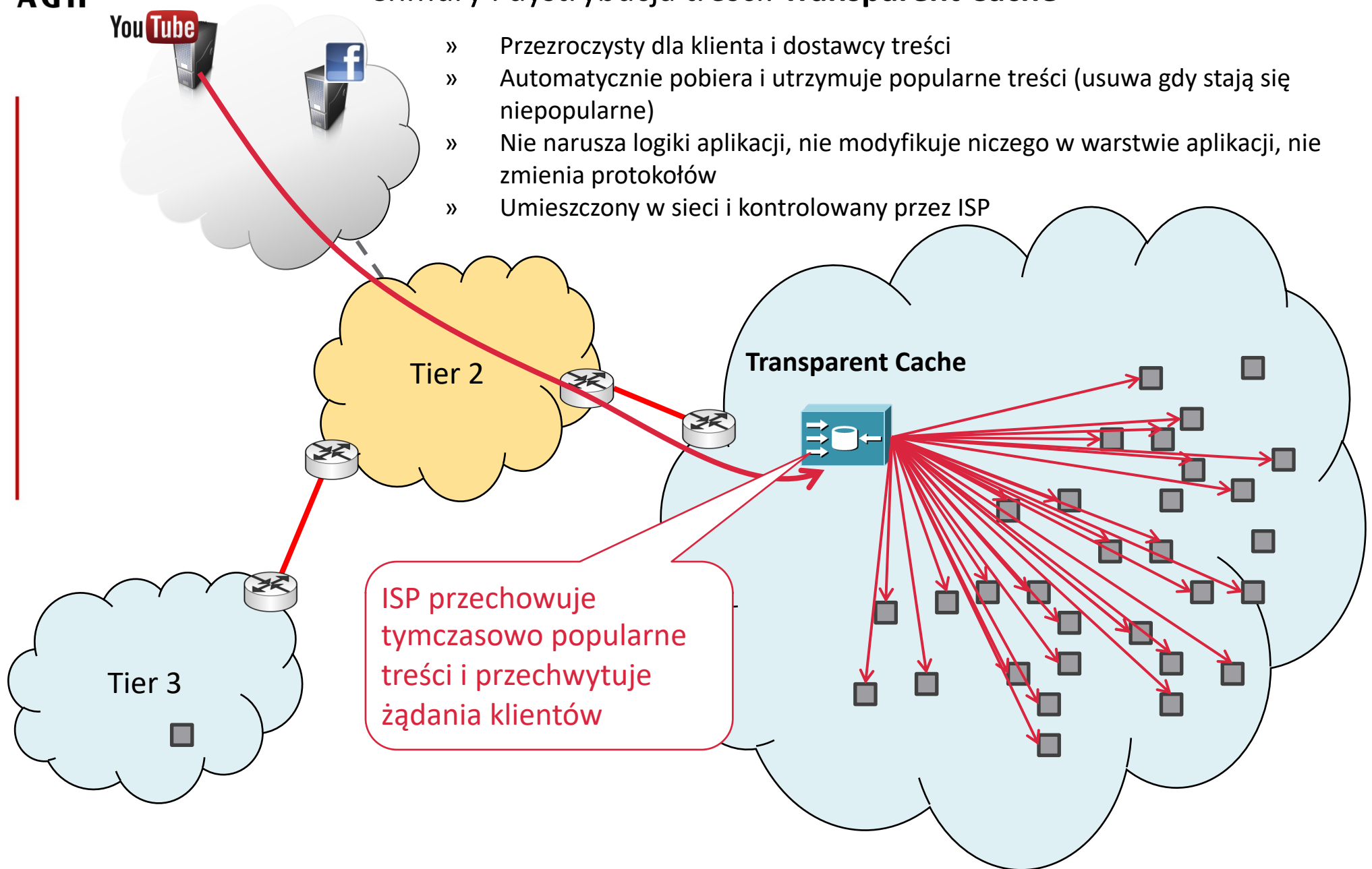
- » Umowy, trudności, nie zawsze się opłaca, bywa kosztowne dla ISP, często niemożliwe ...
- » Ale cudowne



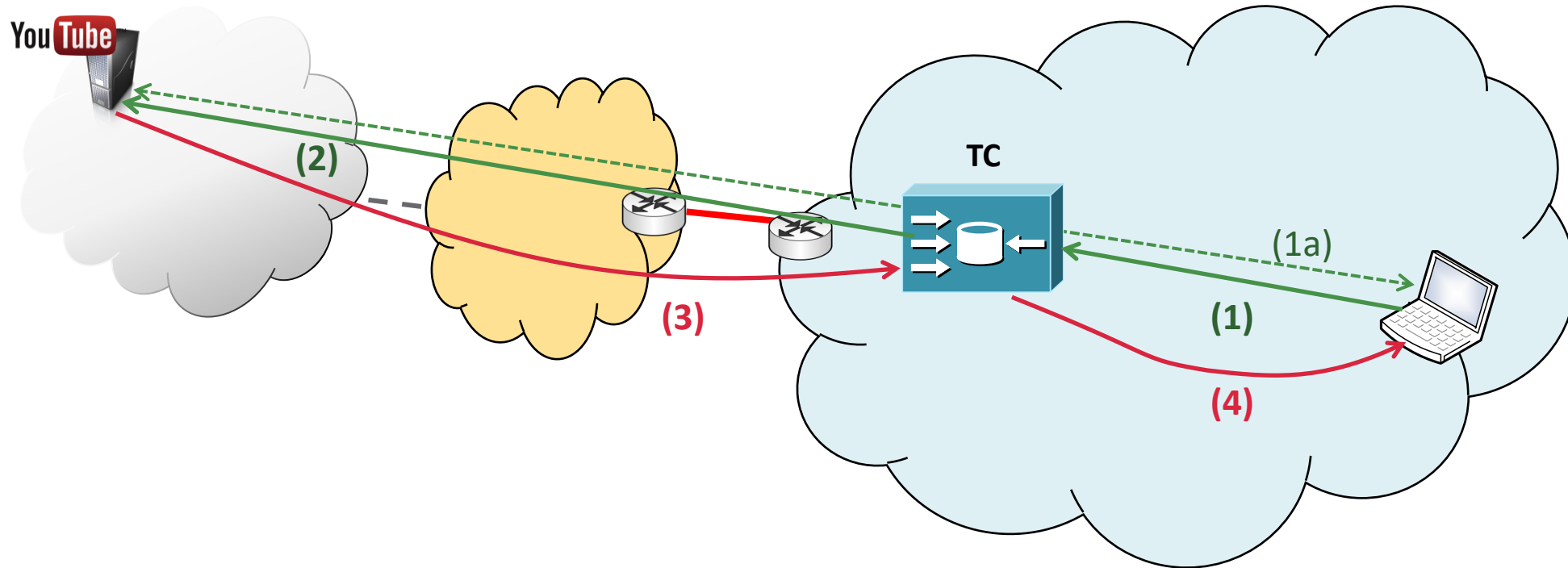
Polubić owerleje ...

Chmury i dystrybucja treści: Transparent Cache

- » Przejrzysty dla klienta i dostawcy treści
- » Automatycznie pobiera i utrzymuje popularne treści (usuwa gdy stają się niepopularne)
- » Nie narusza logiki aplikacji, nie modyfikuje niczego w warstwie aplikacji, nie zmienia protokołów
- » Umieszczony w sieci i kontrolowany przez ISP



Transparent Cache (TC)



- (1) ISP przechwytuje żądanie klienta wysłane do dostawcy treści
- (1a) jeśli autoryzacja wymagana to jest dokonywana za pośrednictwem TC
- (??) Jeśli żądana treść jest w TC (*cache hit*) to idź do (4)
- (2) TC wysyła żądanie do serwera dostawcy
- (3) TC pobiera treść
- (4) TC przesyła treść do klienta

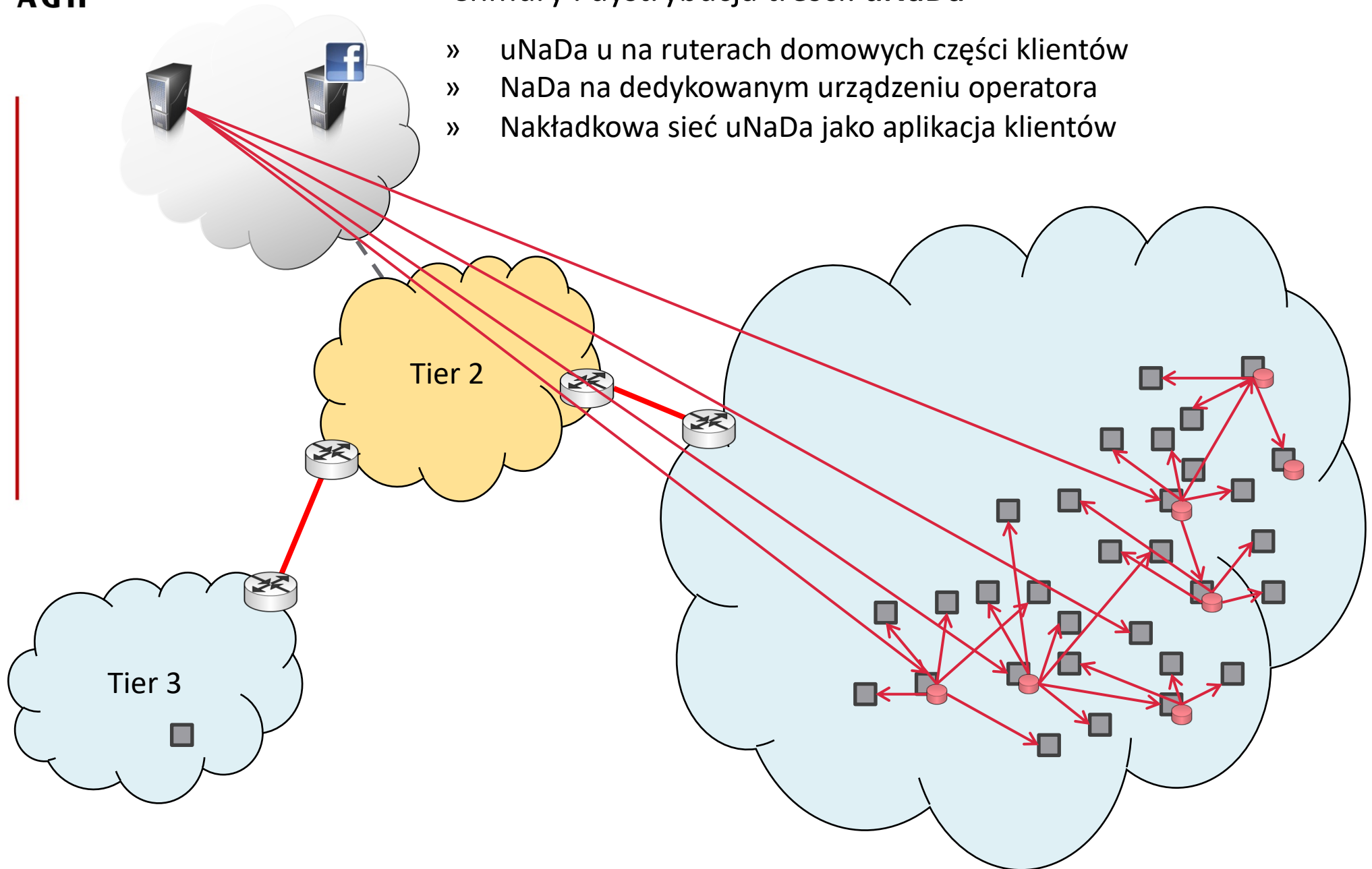
Nano centra danych

- » **NaDa** (ang. *Nano Data Center*) – stosunkowo małe urządzenie w sieci wyposażone w zasoby dyskowe
 - Lokalizowane w sieci operatora lub u użytkownika końcowego
 - Mały serwer lub ruter domowy użytkownika (uNaDa – user NaDa)
 - Rozwiązanie operatorskie lub prywatne (np. na zasadzie sieci/aplikacji nakładkowej)
- » Ograniczone zasoby dyskowe
 - Dobór przechowywanych treści
 - Ograniczony czas przechowywania treści
- » Może być na dedykowanym sprzęcie fizycznym
- » Może być wirtualizowane (np. w ramach NFV)
- » Umieszczenie treści blisko użytkownika końcowego
 - Krótsza droga niż z centrum danych (*Data Center*) dostawcy treści
 - Mniejsze obciążenie łączy międzys Domenowych
 - Mniejsze obciążanie centrum danych dostawcy
 - Lepsza dystrybucja ruchu w sieci
 - Możliwe przewidywanie zapotrzebowania na treść (ang. **prediction**) oraz umieszczenie jej w NaDa z wyprzedzeniem (ang. **prefetching**)

Polubić owerleje ...

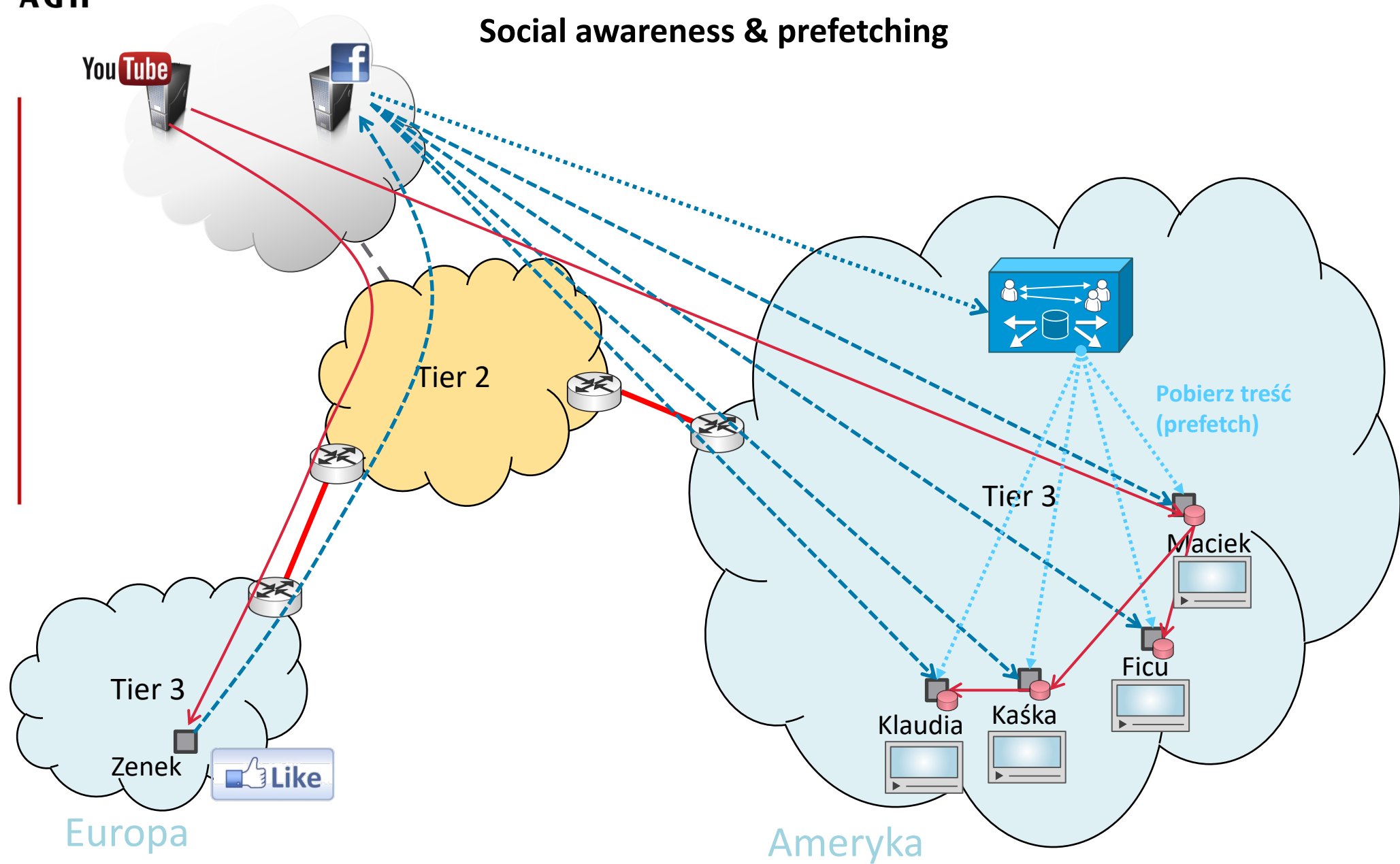
Chmury i dystrybucja treści: uNaDa

- » uNaDa u na ruterach domowych części klientów
- » NaDa na dedykowanym urządzeniu operatora
- » Nakładkowa sieć uNaDa jako aplikacja klientów



Polubić owerleje ...

Social awareness & prefetching





Dziękuję za uwagę!