

# Konspekt

Piotr Cholda

5 grudnia 2017

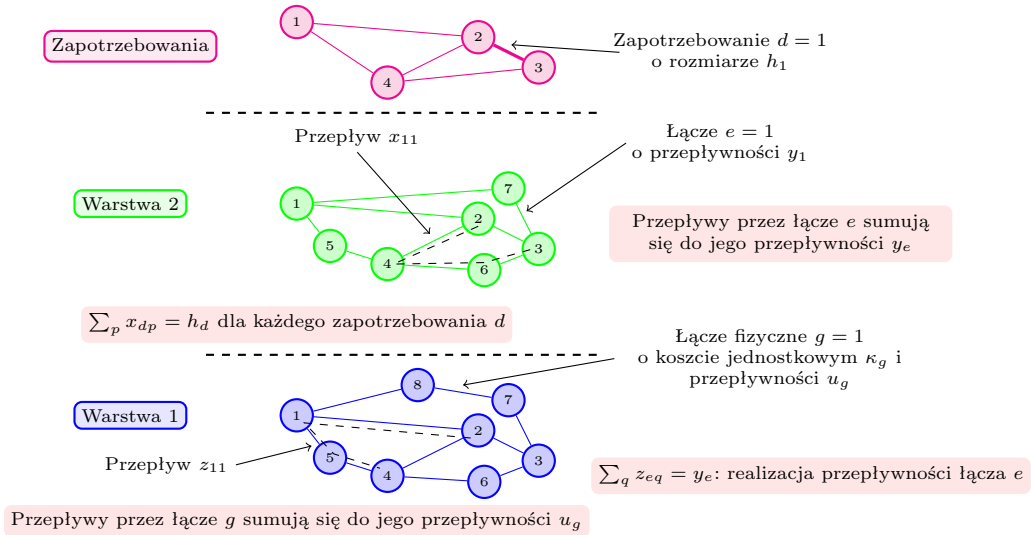
## 1 Zoptymalizowane projektowanie sieci wielowarstwowych

### 1.1 Sieci wielowarstwowe

1. Pojęcie sieci wielowarstwowej (transportowej).
2. Zestawy protokołów w wielowarstwowych sieciach rozległych.
3. Modele współpracy między warstwami w sieci wielowarstwowej: nakładkowy (*overlay*), partnerski (*peer*), hybrydowy (*augmented*).

### 1.2 Projektowanie sieci wielowarstwowych

1. Problem alokacji zasobów i wymiarowania sieci w obu warstwach (*Two-Layer Design Problem*, TLDP; rys. 1):
  - Indeksy:
    - ★  $d = 1, 2, \dots, D$  zapotrzebowania;
    - ★  $e = 1, 2, \dots, E$  łącza (tunele, wirtualne połączenia itp.) w warstwie wyższej (drugiej, „logicznej”, „wirtualnej” np. IP/MPLS czy VPN);
    - ★  $p = 1, 2, \dots, P_d$  ścieżki dopuszczalne przepływów potencjalnie realizujących zapotrzebowanie  $d$  (każda ścieżka jest podzbiorem łączy warstwy wyższej);
    - ★  $g = 1, 2, \dots, G$  łącza w warstwie niższej (pierwszej, „fizycznej” np. optycznej);
    - ★  $q = 1, 2, \dots, Q_e$  ścieżki dopuszczalne przepływów w warstwie niższej potencjalnie realizujących łącze  $e$  w warstwie wyższej (każda ścieżka jest podzbiorem łączy warstwy niższej).
  - Stałe:
    - ★  $h_d$  rozmiar zapotrzebowania  $d$ ;
    - ★  $\kappa_g$  koszt jednostkowy instalacji przepływności na łączu  $g$  w warstwie niższej;
    - ★  $\delta_{edp} = 1$  jeśli łącze  $e$  w warstwie wyższej należy do ścieżki  $p$ , która może realizować przepływ dla zapotrzebowania  $d$ ; w przeciwnym przypadku: 0;



Rysunek 1: Model służący do projektowania sieci wielowarstwowej.

- \*  $\gamma_{geq} = 1$  jeśli łącze  $g$  w warstwie niższej należy do ścieżki  $q$ , która może realizować przepływy tworzące łącze  $e$  w warstwie wyższej; w przeciwnym przypadku: 0.

- Zmienne:

- \*  $x_{dp}$  rozmiar przepływu w warstwie wyższej realizującego zapotrzebowanie  $d$  na ścieżce  $p$ ;
- \*  $z_{eq}$  rozmiar przepływu w warstwie niższej, który realizuje łącze wirtualne  $e$  na ścieżce  $q$ ;
- \*  $y_e$  przepływność łącza wirtualnego  $e$ ;
- \*  $u_g$  przepływność fizyczna łącza  $g$ .

- Funkcja celu:  $\min. \mathbf{F}(\mathbf{u}) = \sum_g \kappa_g u_g$ .

- Ograniczenia:

- \*  $\sum_p x_{dp} = h_d \quad d = 1, 2, \dots, D;$
- \*  $\sum_d \sum_p \delta_{edp} x_{dp} = y_e \quad e = 1, 2, \dots, E;$
- \*  $\sum_q z_{eq} = y_e \quad e = 1, 2, \dots, E;$
- \*  $\sum_e \sum_q \gamma_{geq} z_{eq} \leq u_g \quad g = 1, 2, \dots, G;$
- \* wszystkie zmienne ciągłe i nieujemne.

2. Rozwiązanie problemu TLDP (dekompozycja warstw oraz ścieżek):

- Krok 1: obliczyć długość  $\xi_e$  najkrótszej ścieżki (w warstwie niższej) realizującej łącze  $e$  ze względu na koszty w warstwie niższej  $\kappa_g$ ; niech  $Q_e$  będzie taką ścieżką.
- Krok 2: obliczyć długość  $\lambda_d$  najkrótszej ścieżki (w warstwie wyższej) realizującej zapotrzebowanie  $d$  ze względu na koszty w warstwie wyższej  $\xi_e$ ; niech  $P_d$  będzie taką ścieżką.

- Krok 3: dla każdego zapotrzebowania  $d$  przydzielić cały jego rozmiar  $h_d$  na ścieżkę  $P_d$ . Dla każdego łącza wirtualnego  $e$  obliczyć wynikową przepływność  $y_e$ .
  - Krok 4: dla każdego łącza wirtualnego  $e$  przydzielić całą jego przepływność  $y_e$  na ścieżkę  $Q_e$ . Dla każdego łącza fizycznego  $g$  obliczyć wynikową przepływność  $u_g$ .
3. Problem alokacji zasobów w obu warstwach przy zainstalowanych przepływnościach w warstwie fizycznej (*Two-Layer Allocation Problem*, TLAP), tj. warstwa fizyczna już jest zwymiarowana (*capacitated*):
- Indeksy, zmienne i funkcja celu: (*jak poprzednio*).
  - Stałe:
    - \*  $h_d$  (*jak poprzednio*);
    - \*  $\delta_{edp}$  (*jak poprzednio*);
    - \*  $\gamma_{geq}$  (*jak poprzednio*);
    - \*  $c_g$  przepływność zainstalowana na łączu  $g$  w warstwie fizycznej.
  - Ograniczenia:
    - \*  $\sum_p x_{dp} = h_d \quad d = 1, 2, \dots, D;$
    - \*  $\sum_d \sum_p \delta_{edp} x_{dp} = y_e \quad e = 1, 2, \dots, E;$
    - \*  $\sum_q z_{eq} = y_e \quad e = 1, 2, \dots, E;$
    - \*  $\sum_e \sum_q \gamma_{geq} z_{eq} \leq c_g \quad g = 1, 2, \dots, G;$
    - \* wszystkie zmienne ciągłe i nieujemne.

## 1.3 Lektury

### 1.3.1 Materiał wykładu

Zagadnienia omówione w ramach tego wykładu są w dużym stopniu opisane w następującej książce:

- Michał Pióro and Deepankar Medhi. *Routing, Flow and Capacity Design in Communication and Computer Networks*. Morgan Kaufmann Publishers—Elsevier, San Francisco, CA, 2004: chapter 12.1.1-12.1.3, 12.2.

### 1.3.2 Bibliografia uzupełniająca

- A. Jajszczyk. Optical Networks—the Electro-optic Reality. *Optical Switching and Networking*, 1(1):3–18, January 2005: architektura *IP-over-optical*.
- Mario Pickavet, Piet Demeester, Didier Colle, Dimitri Staessens, Bart Puype, Leen Depré, and Ilse Lievens. Recovery in Multilayer Optical Networks. *Journal of Lightwave Technology*, 24(1):122–134, January 2006: niezawodność sieci wielowarstwowych.