

1 XX

2 XX

2.1 ドメイン間の光路供給

整数線形計画問題 (Integer Linear Programming, ILP) で使用するパラメータ、式、変数の説明を行う。エラスティック光ネットワークにおけるグラフは D 個のドメインを所有し、その i 番目のドメインが n^i 個の光ノードを、その内 b^i 個の境界ノードを所有している。ドメイン自体も部分グラフ $G^i(V^i, L^i)$ を有しており、 $V^i = \{v_1^i, v_2^i, \dots\}$ はドメイン i の持つ光ノードを表し、 $L^i = \{l_{jk}^{ij}\} (1 \leq i \leq D, 1 \leq j, k \leq n^i)$ はドメイン i の持つノード v_j^i とノード v_k^i との間の光リンクを表す。その光リンクもエラスティック光ネットワークに必要なインデックス数のパラメータを持っており、その値の要素を $F = \{1, 2, \dots, f\}$ としている。また、ドメイン外部にもリンクは存在し $\{l_{km}^{ij}\} (1 \leq i, j \leq D, 1 \leq k \leq b^i, 1 \leq m \leq b^j)$ で表される。全てのリンクは同一のインデックス $|F|$ 個を所有している。

ドメイン間ルーティングの要求に関するパラメータの定義は次の通り。要求の総数は $N = \{1, 2, \dots, n\}$ で表され、その要求それぞれも三つの要素 (s_n, d_n, r_n) からなり、 s_n は発ノード、 d_n は着ノード、 r_n は必要インデックス数を表している。ドメイン内ルーティングの要求に関するパラメータの定義も同様に、要求の総数を $N' = \{1, 2, \dots, n'\}$ とし、その要求それぞれの要素も (s'_n, d'_n, r'_n) からなり、 s_n は発ノード、 d_n は着ノード、 r_n は必要インデックス数を表している。

光パスの供給を行う決定変数の定義は次の通り。変数 $x_{p_{kmf}^{nij}}$ は n 番目の要求がプライマリパスとしてリンク l_{km}^{ij} のインデックス f を先頭として使用しているかどうかを表す二進数変数で、1 の時に使用していることを表し、0 の時に使用していないことを表す。変数 $x_{b_{kmf}^{nij}}$ は n バックアップパスとしてリンク l_{km}^{ij} のインデックス f を先頭として使用しているかどうかを表す二進数変数で、1 の時に使用していることを表し、0 の時に使用していないことを表す。変数 $y_{p_{kmf}^{nij}}$ は n 番目の要求がプライマリパスとしてリンク l_{km}^{ij} のインデックス f を使用しているかどうかを表す二進数変数で、1 の時に使用していることを表し、0

の時に使用していないことを表す。変数 $y_{b_{kmf}^{nij}}$ は n 番目の要求がバックアップパスとしてリンク l_{km}^{ij} のインデックス f を使用しているかどうかを表す二進数変数で、1 の時に使用していることを表し、0 の時に使用していないことを表す。

目的関数

$$\min \sum_{n \in N} \sum_{f \in F} \sum_{l_{km}^{ij} \in E} (y_{p_{kmf}^{nij}} + y_{b_{kmf}^{nij}}) \quad (1)$$

2.1.1 SDS Strategy

XXXXXXXXXX

制約条件

$$\sum_{f \in F} x_{p_{kmf}^{nij}} \leq 1, \quad l_{km}^{ij} \in E \quad (2)$$

$$\sum_{f \in F} x_{b_{kmf}^{nij}} \leq 1, \quad l_{km}^{ij} \in E \quad (3)$$

$$x_{p_{kmf}^{nij}} \leq y_{p_{kmf}^{nij}}, n \in N, l_{km}^{ij} \in E, \\ f \in \{0, \dots, |F| - r_n\}, f' \in \{f, \dots, f + r_n - 1\} \quad (4)$$

$$x_{b_{kmf}^{nij}} \leq y_{b_{kmf}^{nij}}, n \in N, l_{km}^{ij} \in E, \\ f \in \{0, \dots, |F| - r_n\}, f' \in \{f, \dots, f + r_n - 1\} \quad (5)$$

$$x_{p_{kmf}^{nij}} = 0 \quad \forall l_{km}^{ij} \in E, \\ f \in \{|F| - r_n + 1, \dots, |F| - 1\} \quad (6)$$

$$x_{b_{kmf}^{nij}} = 0 \quad \forall l_{km}^{ij} \in E, \\ f \in \{|F| - r_n + 1, \dots, |F| - 1\} \quad (7)$$

$$\sum_{n \in N} (y_{p_{kmf}^{nij}} + y_{b_{kmf}^{nij}}) \leq 1, \quad l_{km}^{ij} \in E, f \in F \quad (8)$$

$$\sum_{f \in F} x_{p_{kmf}^{nij}} = \frac{1}{r_n} \sum_{f \in F} y_{p_{kmf}^{nij}}, \quad n \in N, \quad l_{km}^{ij} \in E \quad (9)$$

$$\sum_{f \in F} x_{b_{kmf}^{nij}} = \frac{1}{r_n} \sum_{f \in F} y_{b_{kmf}^{nij}}, \quad n \in N, \quad l_{km}^{ij} \in E \quad (10)$$

$$\sum_{f \in F} \sum_{(j,m): l_{km}^{ij} \in E} y_{p_{kmf}^{nij}} - \sum_{f \in F} \sum_{(j,m): l_{mk}^{ji} \in E} y_{p_{mkf}^{nji}} = \begin{cases} r_n, & \text{if } v_k^i = s_n \\ -r_n, & \text{if } v_k^i = d_n \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (11)$$

$$\sum_{f \in F} \sum_{(j,m): l_{km}^{ij} \in E} y_{b_{kmf}^{nij}} - \sum_{f \in F} \sum_{(j,m): l_{mk}^{ji} \in E} y_{b_{mkf}^{nji}} = \begin{cases} r_n, & \text{if } v_k^i = s_n \\ -r_n, & \text{if } v_k^i = d_n \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (12)$$

$$\sum_{f \in F} \sum_{n \in N} (y_{p_{kmf}^{nij}} + y_{b_{kmf}^{nij}}) \leq |F| \quad l_{km}^{ij} \in E \quad (13)$$

$$\sum_{f \in F} (x_{p_{kmf}^{nij}} + x_{b_{kmf}^{nij}}) \leq 1 \quad n \in N \quad l_{km}^{ij} \in E \quad (14)$$

$$\sum_{(k,m): l_{km}^{ij} \in E} \sum_{f \in F} x_{p_{kmf}^{nij}} = \sum_{(k,m): l_{km}^{ij} \in E} \sum_{f \in F} x_{b_{kmf}^{nij}} \quad n \in N, \quad i \neq j \quad (15)$$

$$\sum_{l_{km}^{ij} \in E} \sum_{f \in F} x_{p_{kmf}^{nij}} \leq \sum_{l_{km}^{ij} \in E} \sum_{f \in F} x_{b_{kmf}^{nij}} \quad n \in N \quad (16)$$

$$x_{p_{kmf}^{nij}} \in \{0, 1\}, n \in N, l_{km}^{ij} \in E, f \in F \quad (17)$$

$$x_{b_{kmf}^{nij}} \in \{0, 1\}, n \in N, l_{km}^{ij} \in E, f \in F \quad (18)$$

$$y_{p_{kmf}^{nij}} \in \{0, 1\}, n \in N, l_{km}^{ij} \in E, f \in F \quad (19)$$

$$y_{b_{kmf}^{nij}} \in \{0, 1\}, n \in N, l_{km}^{ij} \in E, f \in F \quad (20)$$

2.2 式の説明

式 (2)、式 (3) は各要求のプライマリパス、バックアップパスが各リンクの所有するインデックスから先頭を一つだけ選ぶことを示す制約条件である。式 (4)、式 (5) は各要求のプライマリパス、バックアップパスで使用するインデックスの先頭が決まるとそこから割り当てられるインデックスが決まることを示す制約条件である。式 (6)、式 (7) は各要求のプライマリパス、バックアップパスで使用するインデックスの先頭の入る余地が存在しない部分を示す制約条件である。式 (8) はプライマリパス、バックアップパスで使用するインデックスに重複が存在しないことを示す制約条件である。式 (9)、式 (10) は決定変数である使用インデックスの先頭と使用インデックスとの間の関係式を表している。式 (11)、式 (12) はフロー制約を表し、ノードに流入する要求インデックス量とノードから流出する要求インデックス量の間に差が無いことを示している。

式 (13) はプライマリパス、バックアップパスで使っているインデックスの総数の最大値を表す制約条件である。式 (14) はプライマリパス、バックアップパスとでリンクの重複を制限する制約条件である。式 (15) はプライマリパスとバックアップパスとで通過するドメインの順番が一致することを示す制約条件である。式 (16) はプライマリパスとバックアップパスとでホップ数の少ない方をプライマリパスと定める制約条件式である。式 (17)-(20) は決定変数であるプライマリパス、バックアップパスのインデックスの先頭及び使用インデックスの要素成分を表している。