Подерский И.С., Кравец О.Я.

ЗАДАЧА БАЛАНСИРОВКИ ТРАФИКА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕСПЕРЕБОЙНОЙ РАБОТЫ СЕТИ

Одна из проблем, возникающая в работе сети с коммутацией пакетов – перегрузка её отдельных участков, которая в свою очередь может парализовать работу всей сети. Повышения надежности можно достичь, равномерно распределив нагрузку на каналы и узлы сети. В том случае, когда нагрузка распределена равномерно на все узлы и каналы, будет достигнут максимальный резерв производительности.

Каждый канал в сети характеризуется своей пропускной способностью q_{ij}. Тогда загрузка определяется как $r_{ij} = \frac{l_{ij}}{mq_{ij}}$, где l_{ij} - поток по соответствующей дуге, а $\frac{1}{m}$ - средняя длина пакета. Если в сети M каналов, то средняя загрузка сети, имеет вид: $r_{cp} = \frac{1}{M}\sum_{i=1}^{M}\frac{l_{ij}}{mq_{ij}}$.

Для обеспечения равномерной загрузки каналов нужно минимизировать дисперсию загрузки каждого канала относительно средней загрузки. То есть:

$$\sum_{i=1}^{N}\sum_{j\in\Gamma^{+}(x_i)}\left(\frac{1}{m}\frac{l_{ij}}{q_{ij}} - r_{cp}\right)^2 \rightarrow \min$$

здесь N - количество узлов в сети, $\Gamma^{+}(x_i)$ - множество входящих в x_i дуг ($\Gamma^{-}(x_i)$ - множество исходящих из x_i дуг).

Для обеспечения равномерной загрузки узлов достаточно представить каждый узел x_{ij} в виде пары узлов x_{ij}^{+} и x_{ij}^{-}. Узлу x_{ij}^{+} будут инцидентны все входящие дуги узла x_{ij}, а узлу x_{ij}^{-} - все исходящие. Дуге соединяющей узлы x_{ij}^{+} и x_{ij}^{-} нужно назначить пропускную способность, соответствующую производительности узла x_{ij}^{-}. Теперь задача обеспечения равномерной загрузки узлов сведена к обеспечению равномерной загрузки каналов.

При балансировке трафика по каналам необходимо соблюсти требования сохранения потоков в сети и ограничение трафика пропускной способностью канала. Условие ограничения трафика пропускной способностью описывается неравенствами вида:

$$\forall i, j = 1..N, \quad l_{ij} \le q_{ij}$$

Обозначим через K_i и L_i - соответственно, трафик, порожденный i-м узлом и трафик, предназначенный i-му узлу. Тогда условие сохранения потока будет иметь вид:

$$\forall i = 1..N, \sum_{j \in \Gamma^{+}(x_i)} l_{ij} = K_i - L_i + \sum_{j \in \Gamma^{-}(x_i)} l_{ij},$$

$$\forall i = 1..N, \sum_{j \in \Gamma^{-}(x_i)} l_{ij} \ge K_i$$

$$\forall i = 1..N, \sum_{j \in \Gamma^{-}(x_i)} l_{ij} \ge K_i$$

Если взять поток по несуществующим каналам равным нулю

$$\forall i = 1..N, \forall j \notin \Gamma^{+/-}(x_{i,j}) = 0,$$

то задача принимает вид системы:

$$\sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{N}\left(\frac{1}{m}\frac{l_{ij}}{q_{ij}} - r_{cp}\right)^2 \to \min \qquad (1)$$

$$\forall i = 1..N, \quad \sum_{j \in \Gamma^{+}(x_i)} l_{ij} = K_i - L_i + \sum_{j \in \Gamma^{-}(x_i)} l_{ij},$$

$$\forall i = 1..N, \quad \sum_{j \in \Gamma^{-}(x_i)} l_{ij} \ge K_i \qquad (2)$$

$$\forall i = 1..N, \quad \sum_{j \in \Gamma^{-}(x_i)} l_{ij} \ge K_i$$

$$\forall i, j = 1..N, \quad l_{ij} \le q_{ij}. \qquad (3)$$

Решив эту систему, мы получим значения потоков по каждому из каналов (l_{ij}), которые обеспечат равномерную загрузку сети и позволят использовать весь резерв производительности.