

Зайченко О.Ю., д.т.н., проф., Мохаммадреза Моссавари

ОПТИМИЗАЦИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ С ТЕХНОЛОГИЕЙ MPLS ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ ЖИВУЧЕСТИ

Введение

В последние годы в связи с резким увеличением объемов передаваемой информации в компьютерных сетях, необходимостью передачи аудио и видеoinформации, а также мультимедийной информации, возникла потребность в разработке новой коммуникационной технологии, способной обеспечить передачу разных видов информации (аудио, видео и данных) с заданным качеством обслуживания на высоких и сверхвысоких скоростях. Такой технологией стала технология коммутации меток MPLS (Multiprotocol Label Switching).

Эта технология предоставляет единый транспортный механизм для сетей, которые используют протоколы TCP/IP, Frame Relay, X.25, ATM и обеспечивает заданное качество обслуживания.

Она базируется на введении потоков различных классов обслуживания (CoS), установлении приоритетов в обслуживании различных классов и обеспечении требуемого качества обслуживания (Quality of Service – QoS) для соответствующих классов [1].

Важной задачей, возникающей при проектировании сетей MPLS, является задача анализа и оптимизации показателей живучести. В работе [2] были предложены показатели живучести для сетей с технологией MPLS и предложен алгоритм их анализа. Цель настоящей работы – обобщение полученных результатов и решение на этой основе задачи оптимизации сетей по показателям живучести.

1. Постановка и модель задачи оптимизации живучести.

Пусть имеется сеть MPLS, описывается орграфом $G = (X, E)$, где $X = \{x_j\}$ - множество узлов сети, $E = \{r, s\}$ - множество каналов связи (КС); $\{M_{ij}\}$ - пропускные способности КС. Допустим, что в сети передается K классов потоков ($K=1, \dots, \bar{K}$) (CoS) в соответствии с матрицами требований $H(k) = \|h_{ij}(k)\|$, $i, j = \overline{1, N}$ (Мбит/с).

Для каждого класса k введен показатель качества (QoS) в виде заданной величины средней задержки $T_{зад}$.

Следуя работе [3] под живучестью сети MPLS будем понимать её способность сохранять своё функционирование и обеспечивать выполнение основных функций (в уменьшенном объеме) при заданных показателях качества обслуживания. В работе [2] для анализа показателей живучести сетей MPLS был введен следующий комплексный показатель.

$$P\{N \sum^{\phi} (1) \geq r\% N \sum^{\circ} (1)\}, P\{N \sum^{\phi} (2) \geq r\% N \sum^{\circ} (2)\}, \dots, P\{N \sum^{\phi} (k) \geq r\% N \sum^{\circ} (k)\}, \quad (1)$$

где $N \sum^{\circ} (k)$ -величина потока k -го класса в безотказовом состоянии сети.

$N \sum^{\phi} (k)$ -фактическая величина потока класса k в случае действия отказов, $r=(50 \div 100)\%$, $k=\overline{1, \bar{K}}$.

Поскольку при отказе определенного КС или УС заранее неизвестно, какова будет величина максимального потока каждого класса при отказах, введена гипотеза о том, что общая структура потока при отказах сохраняется, т.е. должно сохраняться примерное соотношение по величинам потоков различных классов при отказах,

$$N \sum^{\phi} (1) : N \sum^{\phi} (i) : N \sum^{\phi} (K) = N \sum^{\circ} (1) : N \sum^{\circ} (i) : N \sum^{\circ} (K). \quad (2)$$

Пусть рассматривается сеть MPLS $G = (X, E)$, состоящая из элементов (каналов и узлов), подверженных воздействию агрессивной внешней среды, в результате которого они выходят из строя. Предполагается, что задана модель поражающего действия внешней среды, в виде распределения вероятностей выхода из строя КС-ротки, rs -и УС-ротки, $(r,s) \in GE, i=\overline{1, n}$.

Используя модель активной внешней среды, можно определить вероятность каждого состояния $P\{Z_0\}$. Например, если Z_i - это выход из строя КС (r_i, s_i) , то $P(Z_i) = P_{открj;s_j} \prod K_{r_i, s_i}$, $(r, s) \neq (r_i, s_i)$, где $K_{r,s}$ - вероятность исправного состояния КС $(r, s) \neq (r_i, s_i)$, $P_{откр, (r_i, s_i)}$ - вероятность вывода из строя КС (r_i, s_i) .

В работе [2] был предложен алгоритм оценки показателей живучести сети MPLS, суть которого состоит в следующем.

2. Алгоритм оптимизации сети MPLS по показателям живучести

Пусть исходя из функционального назначения сети установлены следующие значения показателей живучести: для потока k -го класса $P_0^{(k)}$ зад, $P_1^{(k)}$ зад, ..., $P_5^{(k)}$ зад. Требуется определить такую структуру сети, для которой для всех классов K будут обеспечиваться следующие ограничения по уровню живучести:

$$P\{N \sum_{k=1}^{\phi} (k) \geq r\% N \sum_{k=1}^{\phi} (k)\} \geq P_{k, \text{зад}}, r=(50 \div 100)\%, k=1, \bar{K} \quad (3)$$

Достижение требуемого уровня живучести будем обеспечивать путем введения соответствующего резервирования наиболее ответственных элементов сети (КС и УС).

Для оценки эффективности резервирования каналов и узлов используем следующий показатель

$$a) \text{ для каналов } \alpha_{r_i, s_i} = -\Delta P(z_i) / c_{r_i, s_i} \quad (4)$$

где z_i -состояние выхода из строя КС (r_i, s_i) ;

$\Delta P(z_i)$ -изменение вероятности состояния z_i в случае резервирования C_{r_i, s_i} - стоимость такого резервирования

Величина $\Delta P(z_i)$ оценивается по следующей формуле:

$$\begin{aligned} \Delta P(z_i) &= P_{рез}(z_i) - P(z_i) = (P_{откр, r_i, s_i} \prod_{(r, s) \neq (r_i, s_i)} K_{r, s} - P_{откр, r_i, s_i} \prod_{(r, s) \neq (r_i, s_i)} K_{r, s} = \\ &= -(1 - P_{откр, r_i, s_i}) P_{откр, r_i, s_i} \prod_{(r, s) \neq (r_i, s_i)} K_{r, s} = -(1 - P_{откр, r_i, s_i}) P(z_i) \quad (5) \end{aligned}$$

Аналогичные соотношения используем и для оценки резервирования УС. Показатель α_{r_i, s_i} и используется для выбора первоочередных элементов (КС и УС) для резервирования. Алгоритм оптимизации сети MPLS по показателям живучести состоит из однотипных итераций, на каждой из которых резервируется очередной элемент. Приведем его описание.

1-я итерация

1. Для всех КС и УС вычисляем показатель α_{r_i, s_i} по формуле (4)

2. Выбираем КС (r^*, s^*) такой что $\alpha_{r^*, s^*} = \max_{(r_i, s_i)} \alpha_{r_i, s_i}$

3. Резервируем КС (r^*, s^*) и пересчитываем показатели живучести по всем классам после резервирования

$$P^H\{N \sum_{k=1}^{\phi} (k) \geq r\% N \sum_{k=1}^{\phi} (k)\} = P\{N \sum_{k=1}^{\phi} (k) \geq r\% N \sum_{k=1}^{\phi} (k)\} + |\Delta P(Z_i^*)|, \quad (6)$$

где $\Delta P(Z_i^*)$ -изменение вероятности состояния Z_i после резервирования КС (r^*, s^*) .

Проверка условий (ограничений по живучести)

$$P^H\{N \sum_{k=1}^{\phi} (k) \geq r\% N \sum_{k=1}^{\phi} (k)\} \geq P_{r, \text{зад}}^{(k)}, r=(50 \div 100)\%, k=1, \bar{K} \quad (7)$$

Если ограничения (7) выполняются для всех r и всех классов K , то конец, иначе переходим ко 2-ой итерации. Указанные итерации повторяем до тех пор, пока условие (7) не будет выполняться для всех k и r .

Заключение

1. В статье рассмотрена задача оптимизации сети MPLS по показателям живучести.

Предложен алгоритм оптимизации сети MPLS по ограничениям на ПЖ.

Список литературы

1. Гольштейн А.Б., Гольштейн Б.С. Технология и протоколы MPLS // СПб.БХВ-Санкт-Петербург, 2005.-304с.

2. Зайченко Ю.П., Мохаммадреза Моссавари. Анализ показателей живучести компьютерной сети с технологией MPLS // Вісник національного технічного університету "КПІ". Інформатика, управління та обчислювальна техніка. 43, 2005, с. 73-80.