

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НАГРУЗКИ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СЕТИ

В последние годы возможность быстрого развития комплексных телекоммуникационных услуг приобретает на телекоммуникационном рынке все большую значимость. В телефонных сетях эта тенденция проявляется во внедрении различных дополнительных услуг, таких как бесплатный вызов, вызов с повышенной оплатой, вызов по предоплаченной или кредитной карте, телеголосование, виртуальная частная сеть и др. Для оперативного развертывания новых услуг при максимально эффективном использовании существующей инфраструктуры сетей общего пользования была разработана архитектурная концепция интеллектуальной сети (Intelligent Network – IN) [1-3]. Однако внедрение IN порождает определенные трудности: ключевым аспектом в обеспечении качества обслуживания в силу специфики предоставляемых данной сетью услуг является наличие в интеллектуальной сети эффективных механизмов управления нагрузкой.

Существующие методы управления нагрузкой можно подразделить на методы:

– управления трафиком на входе в сеть, к которым относятся механизмы формирования (traffic conditioning), выравнивания (профилирования) (traffic shaping) и ограничения трафика (traffic policing), такие как «дырявое ведро» (Leaky Bucket) и «корзина маркеров» (Token Bucket);

– управления нагрузкой внутри сети (т.е. управление пропускной способностью сети и распределение сетевых ресурсов), к которым относятся механизм окна, а также различные способы формирования очередей, например взвешенная честная очередь – WFQ (Weighted Fair Queue), CBWFQ/CBQ (Class Based WFQ);

– борьбы с перегрузкой, которые можно подразделить на превентивные методы, позволяющие выявить перегрузку еще до ее возникновения и предотвратить ее появление, и методы устранения уже возникшей перегрузки. К данным методам относятся такие механизмы, как явное уведомление о перегрузке, механизм RED (Random Early Detection) и др.

Цель данной работы – решение задачи распределения ресурсов интеллектуальной сети и разработка метода распределения нагрузки между ее узлами. Исходными данными при решении поставленной задачи являются: предполагаемая входящая нагрузка, создаваемая на интеллектуальную сеть со стороны АТС ТФОП, количество и производительность узлов IN, расстояния между АТС и узлами IN. Необходимо определить топологию сети и распределение нагрузки по ее узлам в случае построения централизованной, распределенной и частично распределенной платформы IN.

Для учета специфики архитектуры интеллектуальной сети и возникающих между ее узлами служебных информационных потоков при решении поставленной задачи воспользуемся графом, отображающим интенсивность потоков между различными сетевыми функциями IN (рис. 1).

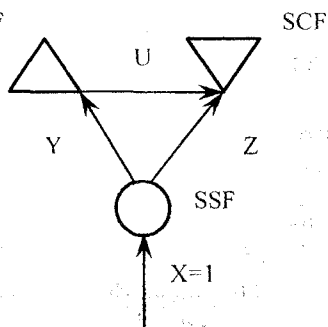


Рис. 1

Заявки на услуги IN от АТС ТФОП поступают на сетевые элементы IN, выполняющие функцию коммутации услуг (SSF), что, в свою очередь, создает нагрузку на узлы, выполняющие функции управления и поддержки данных услуг (SCF/SDF), а также узлы с функцией специализированных ресурсов (SRF). Последние также создают дополнительную нагрузку на узлы с функциями SCF/SDF. Весовые коэффициенты, показывающие среднее число запросов к данным узлам, вызванное поступлением из ТФОП одной заявки на услугу IN $X = 1$, обозначены Y , Z

и U , и зависят от специфики предоставляемой услуги. Чем сложнее логика услуги, тем больше объемы служебной информации, требуемой для обработки запроса на нее и тем выше нагрузка на узлы интеллектуальной сети, т.е. интенсивность поступающих на них запросов. Соотношение

между величинами Y , Z и U также зависит от глобальной логики услуги: так, логика услуг ACC и CCC предполагает несколько обращений к ресурсам SRF для проигрывания пользователям сообщений-подсказок, в то время как услуги VOT и PRM могут не содержать соответствующих компонентов.

Для обозначения интенсивностей информационных потоков между узлами сети введем следующие переменные:

- x_{ij} – интенсивность потока между i -й АТС и j -м узлом IN, выполняющим функцию SSF;
- y_{ij} – интенсивность потока между i -м узлом IN с функцией SSF и j -м узлом IN, выполняющим функцию SRF;
- z_{ij} – интенсивность потока между i -м узлом IN с функцией SSF и j -м узлом IN, выполняющим функцию SCF;
- u_{ij} – интенсивность потока между i -м узлом IN с функцией SRF и j -м узлом IN, выполняющим функцию SCF;
- λ_i – интенсивность поступления на i -ю АТС заявок на услуги IN.

Тогда задачу распределения нагрузки между сетевыми элементами IN можно сформулировать как некую оптимизационную задачу, в которой в качестве целевой может быть взята следующая функция:

$$c = \sum_{i,j} L_{ij} \cdot x_{ij} + \sum_{i,j} L_{ij}^{SSF-SRF} \cdot y_{ij} + \sum_{i,j} L_{ij}^{SSF-SCF} \cdot z_{ij} + \sum_{i,j} L_{ij}^{SRF-SCF} \cdot u_{ij} \rightarrow \min, \quad (1)$$

где L_{ij} – расстояния между i -й АТС и j -м узлом IN, выполняющим функцию SSF; $L_{ij}^{SSF-SRF}$ – расстояния между i -м узлом IN, выполняющим функцию SSF и j -м узлом IN, выполняющим функцию SRF; $L_{ij}^{SSF-SCF}$ – расстояния между i -м узлом IN, выполняющим функцию SSF и j -м узлом IN, выполняющим функцию SCF; $L_{ij}^{SRF-SCF}$ – расстояния между i -м узлом IN, выполняющим функцию SRF и j -м узлом IN, выполняющим функцию SCF.

В качестве ограничений выступают следующие соотношения:

$$x_{ij} \geq 0, \text{ для всех } i, j \quad (2)$$

$$y_{ij} \geq 0, \text{ для всех } i, j \quad (3)$$

$$z_{ij} \geq 0, \text{ для всех } i, j \quad (4)$$

$$u_{ij} \geq 0, \text{ для всех } i, j \quad (5)$$

$$\sum_j x_{ij} = \lambda_i, \text{ для всех } i \quad (6)$$

$$\frac{Y}{U} \sum_j u_{ij} = \sum_k y_{ki}, \text{ для всех } i \quad (7)$$

$$\sum_j y_{ij} = Y \sum_k x_{ki}, \text{ для всех } i \quad (8)$$

$$\sum_j z_{ij} = Z \sum_k x_{ki}, \text{ для всех } i \quad (9)$$

Существует несколько способов построения платформы IN, которые можно классифицировать следующим образом:

1. Полномасштабное классическое решение в виде отдельных архитектурных элементов: SSP, IP, SCP, SDP, SMP, SCEP. Данная распределенная архитектура IN является наиболее гибкой, но и наиболее дорогой.

2. Централизованная IN на базе интегрированных узлов: узла услуг SN или узла коммутации и управления услугами SSCP, которые совмещают в себе все необходимые функции (SSF, SRF, SCF и SDF) на единой платформе и являются независимыми и полностью автономными сетевыми элементами.

3. Промежуточные варианты между распределенной и централизованной архитектурой: часть функций реализуется в отдельных узлах, а часть совмещается в одном интегрированном узле. Наиболее часто совмещаются такие функции, как SSF и SRF, SCF и SDF.

В данной работе рассматриваются три варианта построения IN:

1. IN с распределенной архитектурой на базе узлов SSP, IP и SCP, функция SDF реализована в SCP.

2. IN с централизованной архитектурой, на базе узлов SN (SSCP), в которых интегрированы функции SSF, SRF, SCF и SDF.

3. IN на базе узлов SSP-IP и SCP, в которых интегрированы функции SSF, SRF и SCF, SDF соответственно.

Тогда в качестве дополнительных ограничений в случае распределенной архитектуры могут быть записаны следующие выражения:

$$\sum_i x_{ij} \leq v_{SSPj}, \text{ для всех } j, \quad (10)$$

$$\sum_i y_{ij} \leq v_{IPj}, \text{ для всех } j, \quad (11)$$

$$\sum_i z_{ij} + \sum_i u_{ij} \leq v_{SCPj}, \text{ для всех } j. \quad (12)$$

В случае централизованной архитектуры:

$$\sum_i x_{ij} + \sum_i y_{ij} + \sum_i z_{ij} + \sum_i u_{ij} \leq v_{SN(SSCP)j}, \text{ для всех } j. \quad (13)$$

В случае частично распределенной архитектуры:

$$\sum_i x_{ij} + \sum_i y_{ij} \leq v_{SSP-IPj}, \text{ для всех } j, \quad (14)$$

$$\sum_i z_{ij} + \sum_i u_{ij} \leq v_{SCPj}, \text{ для всех } j. \quad (15)$$

Рассмотрим сеть, в которой нагрузка на платформу IN поступает от пяти АТС ТФОП, а платформа IN содержит по 2 узла, выполняющих функции SSF, SCF/SDF и SRF (рис. 2). Исходные данные для задачи распределения нагрузки в данной сети приведены в табл. 1–2.

Таблица 1

Нагрузка, поступающая от АТС					X	Y	Z	U
λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5				
10	12	8	9	13	1	3.5	6	1.1

Решение поставленной задачи оптимизации проводилось методами линейного программирования в программной среде MatLab. Результаты представлены на рис. 3–5 в виде найденных оптимальных вариантов распределения нагрузки между узлами интеллектуальной сети в случае классической распределенной (рис. 3), централизованной (рис. 4) и частично распределенной (рис. 5) архитектуры.

Как показано на рис. 1, в случае классической распределенной архитектуры запросы на интеллектуальные услуги от 1-й и 2-й АТС ТФОП направляются к первому SSP, от 4-й и 5-й АТС – ко второму SSP, а нагрузка, создаваемая 3-й АТС, делится между первым и вторым SSP в пропорции 5:3. Производительности второго узла IP недостаточно для обслуживания всей нагрузки, поступающей от второго узла SSP, поэтому часть запросов от данного SSP направляется для обслуживания в первый узел IP. Аналогичная ситуация наблюдается для первого узла SCP: нагрузка, поступающая от первого узла IP, делится между первым и вторым SCP, поскольку первый имеет недостаточную производительность.

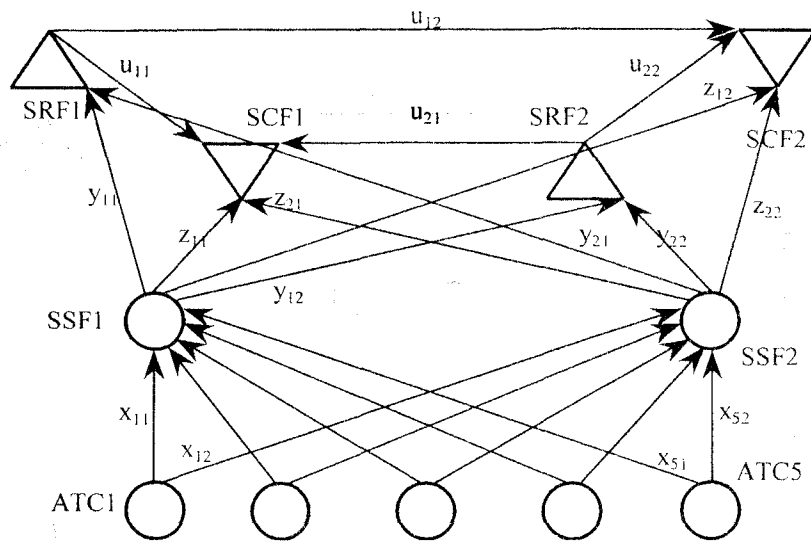


Рис. 2

Таблица 2

Исходные данные		Распределенная архитектура						Частично распределенная архитектура				Централизованная архитектура	
		SSP		IP		SCP		SSP-IP		SCP		SN (SSCP)	
Расстояние до ATC, км	№ ATC (узла IN)	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
	1	9	26	–	–	–	–	9	26	–	–	9	26
	2	11	25	–	–	–	–	11	25	–	–	11	25
	3	19	13	–	–	–	–	19	13	–	–	19	13
	4	17	9	–	–	–	–	17	9	–	–	17	9
5	30	13	–	–	–	–	30	13	–	–	30	13	
Расстояние до IP, км	1	4	14	0	–	6	19	0	17	5	22	0	17
	2	22	6	–	0	17	9	17	0	13	6	17	0
Расстояние до SCP, км	1	5	13	6	17	0	–	5	13	0	–	0	17
	2	22	6	19	9	–	0	22	6	–	0	17	0
Производительность узлов IN, транз./с		27	25	100	82	170	200	134	100	210	160	355	250

На рис. 4 показано, что при частично распределенной архитектуре IN нагрузка от ATC ТФОП распределяется между интегрированными узлами SSP-IP так же, как и при классической архитектуре, за исключением того, что от 3-й ATC ко второму узлу SSP-IP еще меньшая доля вызовов. Интенсивность служебного информационного потока между первым и вторым SSP-IP составляет 0,98 транзакций в секунду и представляет собой поток запросов к ресурсам SRF, интегрированным в первый узел. Вся нагрузка, создаваемая первым и вторым SSP-IP, направляется к соответствующим узлам SCP.

Как показано на рис. 5, в случае централизованной архитектуры интеллектуальная надстройка состоит из двух узлов SN (SSCP), в которых интегрированы все необходимые функции. Первый SN обслуживает все запросы на интеллектуальные услуги, поступающие от 1-й, 2-й и 3-й ATC, и небольшую часть запросов, поступающих от 4-й ATC. Остальные запросы обслуживаются вторым SN. Все служебные информационные потоки локализованы внутри узлов.

Как показано на рис. 5, в случае централизованной архитектуры интеллектуальная надстройка состоит из двух узлов SN (SSCP), в которых интегрированы все необходимые функции. Первый SN обслуживает все запросы на интеллектуальные услуги, поступающие от 1-й, 2-й и 3-й ATC, и небольшую часть запросов, поступающих от 4-й ATC. Остальные запросы обслуживаются вторым SN.

живаются вторым SN. Все служебные информационные потоки локализованы внутри узлов.

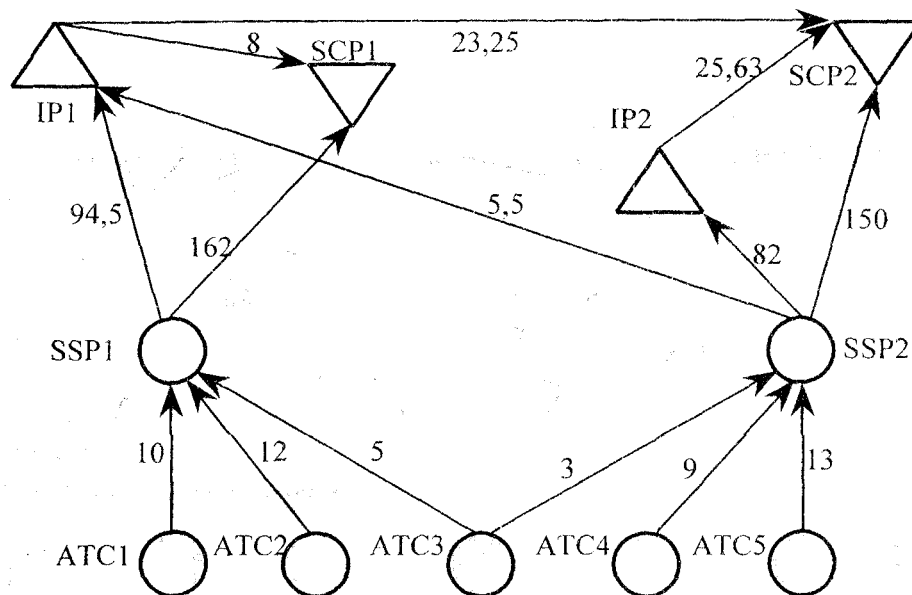


Рис. 3

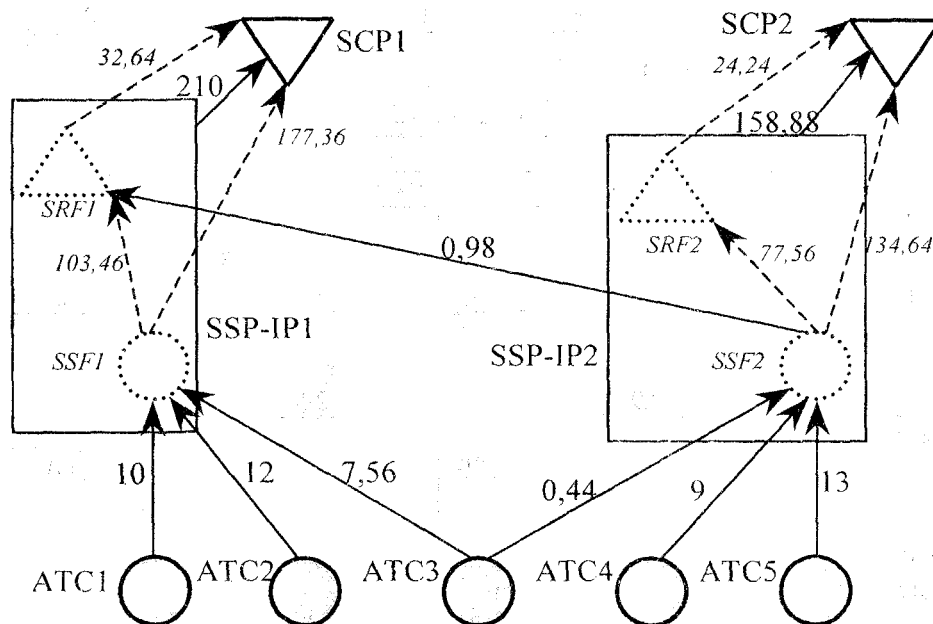


Рис. 4

Таким образом, представленный метод позволяет решить задачу распределения ресурсов интеллектуальной сети и распределения нагрузки между ее узлами. При решении данной задачи учитывается расстояние между узлами: запросы на интеллектуальные услуги и служебные сообщения направляются к ближайшим узлам с учетом их производительностей. Предложенный метод относится к методам управления нагрузкой внутри сети и не содержит механизмов борьбы с перегрузками в случае поступления нагрузки выше допустимого уровня – предполагается, что задача защиты от перегрузок решается методами управления нагрузкой на входе в сеть.

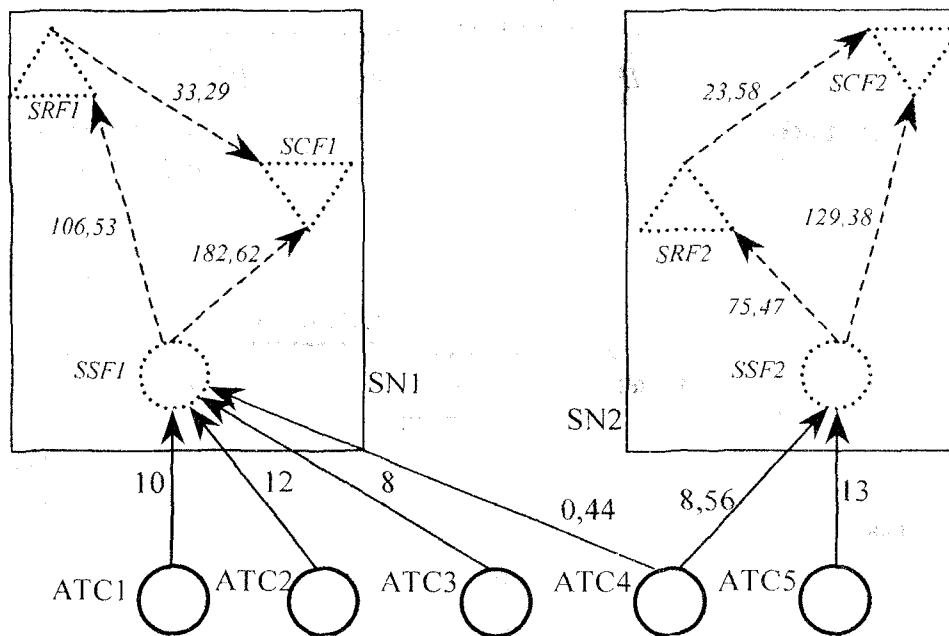


Рис. 5

Список литературы: 1. ITU-T. Recommendations Q.1200 –Q.1218. Helsinki, 1993. 2. Гольдштейн Б.С., Ехриель И.М., Рерле Р.Д. Интеллектуальные сети. М.: Радио и связь, 2000. 500 с. 3. Лихтциндер Б.Я., Кузякин М.А., Росляков А.В., Фомичев С.М. Интеллектуальные сети связи. М.: Эко-Трендз, 2000. 206 с. 4. Wellman M.P. A market oriented programming environment and its application to distributed multicommodity flow problems // Journal of Artificial Intelligence Research. 1993. №1. С. 1–23. 4. Кучерявый А.Е., Миков А.С., Ревелова З.Б., Парамонов А.И. Характеристики нагрузки интеллектуальной сети // Электросвязь. 2000. № 11. С.7-9. 5. Коваленко Т.Н. Расчет нагрузки в интеллектуальной сети // Радиотехника: Всеукр. межвед. науч.-техн. сб. 2001.

Харьковский национальный
университет радиоэлектроники

Поступила в редколлегию 02.12.2005