

СТРУКТУРИЗАЦИЯ В КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЯХ НА МОДЕЛЯХ ВЗВЕШЕННЫХ ОБЫКНОВЕННЫХ ГРАФОВ

Погребной Ан.В.

Научный руководитель: Погребной В.К.
Томский политехнический университет
634050, Россия, г. Томск, пр-т Ленина, 30
E-mail: avpogrebnoy@gmail.com

Распределенные системы управления, выполняющие функции мониторинга, контроля и управления территориально распределенными объектами, проектируются на основе сетевой архитектуры. При этом используются разные сетевые топологии – шина, кольцо, звезда, дерево и другие. Наряду с традиционными проводными сетями стали широко применяться беспроводные сети, в первую очередь для труднодоступных и подвижных объектов [1].

В классе беспроводных сетей всё больший интерес проявляется к сенсорным сетям, построенным на основе большого числа миниатюрных и дешёвых узлов. Каждый узел – это программно-аппаратное устройство, содержащее блок автономного питания, приёмопередатчик, процессор, память, сенсоры (датчики температуры, давления, вибрации, освещённости, местоположения и др.). Некоторые узлы не содержат сенсоры и выполняют функции ретрансляторов или координаторов сети. Территориально узлы располагаются друг от друга на расстояниях до 100 метров и самостоятельно организуются в единую сеть, чаще всего ячеичного типа (подобие рыболовной сети). Узлы в сети выполняют сбор и первичную обработку сенсорных данных и пересылают их по цепочке друг другу, достигая узлов координаторов (шлюзов), которые связаны с сервером. Таким образом, сенсорная сеть позволяет устанавливать более тесное взаимодействие между компьютером и реальным миром.

Среди многих задач, связанных с разработкой таких сетей, всегда присутствуют задачи структуризации, когда множество узлов сети необходимо разбить на подмножества. Узлы каждого подмножества связываются со своим центром. В сенсорных сетях в роли таких центров выступают узлы-координаторы, а для них центрами являются сервера. Задача разбиения множества объектов с заданными координатами размещения на компактные подмножества рассмотрена в [2]. Метод решения данной задачи основан на формировании компактных множеств, с помощью которых выделяются скопления объектов. Объекты скопления составляют подмножества и подключаются к центру.

При таком подходе объекты рассматриваются в качестве вершин топологического графа, в котором все вершины «связаны» между собой. Такая модель в виде полного графа по отношению к сетям является избыточной, т.к. в проводных сетях рёбра соответствуют проводам, а в беспроводных

и сенсорных сетях рёбра соответствуют наличию радиосвязи между соседними узлами сети. Поэтому в задачах структуризации на сетях может быть использована модель взвешенного обыкновенного графа. Вес ребра в данном случае может отражать расстояние между узлами сети, объём передаваемых данных, пропускную способность канала и т.п.

Целью структуризации является разбиение множества узлов в сети на подмножества так, чтобы внутри подмножества узлы взаимодействовали более интенсивно чем между узлами, расположенными в разных подмножествах. Здесь мы имеем дело с известной задачей разрезания графа на минимально связанные подграфы. Широкая известность данной задачи не даёт повода для радости, т.к. хороших методов её решения, особенно для больших размерностей, нет.

Для решения задачи разрезания взвешенного графа в докладе предлагается использовать эффект обособления подмножеств вершин, сформированных на основе компактных подграфов. Данный эффект был обнаружен в работе [3]. В ней предложен алгоритм формирования компактных подграфов и получения на их основе инвариантов.

Модель сети представим графом $G = (E, U)$ с множеством вершин $E = \{e_i\}$, $i = 1, 2, \dots, n$ и множеством рёбер $U = \{u_{ij}\}$. Ребру $u_{ij} = (e_i, e_j)$ ставится в соответствие вес $r_{ij} > 0$. В этом случае граф G может быть представлен матрицей весов рёбер $R = \|\|r_{ij}\|\|$.

Компактность подграфа $G_s = (E_s, U_s)$ графа G будем оценивать величиной K_s равной сумме весов рёбер $u_{ij} \in U_s$. *Связный подграф*

$G_i^g = (E_i^g, U_i^g)$, $E_i^g \subset E$, $e_i \in E_i^g$, $|E_i^g| = g$,

называется компактным, если замена любых вершин из множества $E_i^g \setminus e_i$ на вершины из

множества $E \setminus E_i^g$ не приводит к росту оценки

компактности K_i^g . Таким образом, компактный

подграф G_i^g всегда формируется для заданной вершины e_i и мощности g .

Эффект обособления подмножеств вершин можно наблюдать, если множество компактных подграфов $\{G_i^g\}$, $i = 1, 2, \dots, n$, визуальнo отобразить на множестве вершин графа G . На рис. 1 приведён пример графа G , представленного матрицей

весов R , и показано отображение компактных подграфов G_i^3 на множестве вершин E графа G . Под-

множества вершин E_i^3 подграфов G_i^3 на рисунке 1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1				4	5					
2					1			6		2
3	4					2	2			6
4					7				4	
5	5	1		7			6		3	
6			2					3		5
7			2		6			4		
8		6				3	4		2	
9				4	3			2		3
10		2	6			5				3

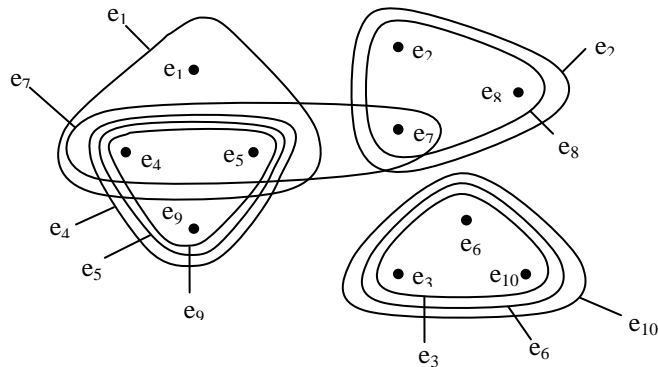


Рис. 1. Пример графа и отображение его компактных подграфов G_i^3

обведены линиями, помеченными вершинами e_i , для которых получены соответствующие компактные подграфы G_i^3 .

На рис. 1 видно, что компактные подграфы образуют три скопления вершин. Для выделения скоплений, которые можно рассматривать как подмножества вершин разбиения, решим задачу покрытия множества вершин E подмножествами E_j^g , $j = 1, 2, \dots, n$. Принадлежность вершин e_i подмножествам E_j^g представим матрицей

$A = \|a_{ij}\|_{n \times n}$. Элемент $a_{ij} = 1$, если вершина $e_i \in E_j^g$, $a_{ij} = 0$, если $e_i \notin E_j^g$. Введём переменную $x_j = 1$, если подмножество E_j^g входит в решение, $x_j = 0$ в противном случае.

Задача покрытия запишется в виде:

$$\sum_{j=1}^n x_j / K_j^g \Rightarrow \min;$$

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j \geq 1, \quad i = 1, 2, \dots, n.$$

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1									
2		1							1	
3			1			1				1
4	1			1	1		1		1	
5	1			1	1		1		1	
6			1			1				1
7		1					1	1		
8		1							1	
9				1	1				1	
10			1			1				1

12 10 13 14 14 13 13 10 14 13

Рис. 2. Пример матрицы A

На рисунке 2 для рассматриваемого примера графа приведена матрица A . В ней заштрихованы столбцы, которые дублируют один из незаштрихованных столбцов и поэтому могут быть исключены из рассмотрения. Внизу матрицы приведены оценки компактности K_i^3 соответствующих подграфов.

Решение задачи покрытия для матрицы A включает 4 первых столбца, которые обособливают 3 скопления вершин. Столбец 7 оказался избыточным, что хорошо видно и из рис. 1. Если состав скопления, полученных после решения задачи покрытия, не удовлетворяет требованиям технического задания на разработку сети, то состав скоплений уточняется путём объединения мелких скоплений и разбиения крупных. При необходимости формируются компактные подграфы для значения $g > 3$ и, решая задачу покрытия, определяется новый состав скоплений.

Связь между значением величины g и степенью проявления эффекта обособления подмножеств разной мощности пока не установлена. Для этого будут проведены дополнительные исследования после программной реализации данного метода структуризации. Здесь важно, чтобы значения g в интервале $g_{\min} \leq g \leq g_{\max}$, на котором потребуется осуществлять поиск скоплений, были существенно меньше допустимой мощности подмножеств разбиения.

Литература

- Олифер В., Олифер Н., Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. – Питер, 2013. – С. 55. – 944 с.
- Погребной Ал. В., Погребной В.К. – Задача разбиения множества объектов территориально распределённой системы на подмножества неравной мощности // Известия Томского политехниче-

ского университета. – 2012. – Т.321. – №5. – С.61-65.

3. Погребной Ан. В., Погребной В.К. - Инвариант графа на основе компактных подграфов и ал-

горитм его вычисления // Известия Томского политехнического университета. – 2013. – Т.322. – №5.–С.200-204.

NEXT GENERATION VIDEO CODECS: HEVC, VP9 and DAALA

M.P. Sharabayko

Scientific advisor: Prof. N.G. Markov

Tomsk Polytechnic University

Lenina Avenue, 30, 634050, Tomsk, Russia

E-mail: sme_box@tpu.ru

Introduction

Nowadays video services (digital television, Internet video etc.) are a common part of our live. According to Cisco [1] mobile video traffic was 51 percent of the entire global Internet traffic by the end of 2012 and it is expected to be 66 percent by 2017.

The demand on video and its quality is very high. Since the appearance of VoIP in 1984 video resolution has increased from QCIF (176×144 pixels) to Full HD (1920×1080). Now it is evolving to 4K (3840×2160) and 8K (7680×4320) UHD. But the higher the resolution and quality is, the higher bitrate it takes.

In this paper a general review of new video compression standards HEVC, VP9 and Daala is held and their compression efficiency is compared.

HEVC

High Efficiency Video Coding is an evolution of current industrial H.264/AVC standard [2]. AVC was adopted in 2003 and determined the development of HD television. HEVC was developed to increase AVC compression efficiency by two times and endorse the development of UHD systems. HEVC is expected to replace AVC in newly developed video systems.

H.265/HEVC [3] is still a block-based DFT codec with the same general design. One of the main improvements is the increase of maximal block (called Largest Coding Unit - LCU) size from 16×16 to 64×64 pixels. It aims to improve the efficiency of block partitioning on high resolution video sequences (bitrate savings are about 16% [4]). Larger blocks provoke the introduction of quad-tree partitioning with adaptive block sub-splitting and adaptive prediction units and transform units partitioning.

Additional 25 intra prediction directions were added to improve intra-frame coding efficiency. Also there came more motion vector prediction candidates and several other modifications to improve inter-frame compression performance.

VP9

Superior video compression efficiency of HEVC is able to provide network usage savings, which should be of a great interest to Google YouTube video service. The development of free-to-use video compression standard with the efficiency comparable to

proprietary HEVC could become financially successful. That came one of the reasons for Google to create VP9 [5] compression standard.

Google VP9 basically shares common features with AVC coding like VP8 did. The main evolutionary change is also the increase of largest block (called 'super block') size up to 64×64 pixels and its adaptive sub-splitting. Motion vector prediction was improved, unlike intra prediction that still has only 10 modes.

Daala

Unlike HEVC and VP9, Daala [6] is being designed to step aside common video compression techniques. Among the key distinctive features there are lapped transforms instead of block-based DFT, lifting pre- and post-filtering instead of deblock filtering, frequency domain intra prediction, Time/Frequency Resolution Switching etc.

The development of Daala codec is still in progress. It is designed patent free and might potentially become the next generation video codec in 5-10 years if the novel techniques would prove to be successful.

Comparison results

For comparison purposes open-source implementations of the reviewed codecs are used. HEVC compression efficiency is measured with HM Test Model. Verification of coding parameters is done with Elecard HEVC Analyzer [7]. For AVC estimation JM reference encoder and Elecard StreamEye [7] are used. Both JM and HM utilize rate-distortion optimization (RDO) techniques to achieve quasi-optimal correlation between compression rate and quality. Both encoder implementations are evaluated in “constant quantizer” mode.

Table 1. Test video sequences

Sequence	Resolution	Frame-rate, Hz
BasketballDrill	832×480	50
Cactus	1920×1080	50
Traffic	2560×1600	30

Estimation of VP9 performance is carried out with the VPX encoder from The WebM Project as it is the only implementation of this standard. CodecVisa VP9 Analyzer [8] is used for verification of compression parameters. VPX encoder is configured with “constrained quality” mode and limited quantization parameter to emulate “constant quantizer” mode.