

МОДЕЛИ АНАЛИЗА ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СТРУКТУР (МОДИФИЦИРОВАННЫЙ АЛГОРИТМ ДЕЙКСТРЫ)



Kharkov National University of Radioelectronics, Ukraine
hahanov@kture.kharkov.ua

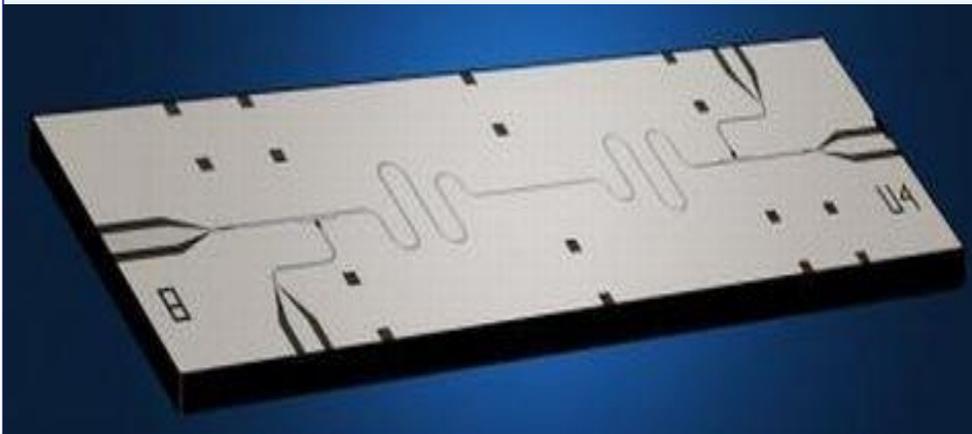


Белоус Василий, Скоробогатый Михаил
Научное руководство: д.т.н., проф. Хаханов В.И.,
д.т.н., проф. Чумаченко С.В.



СОДЕРЖАНИЕ

- 1) Тенденции развития кибернетического мира планеты
- 2) Актуальность разработки новых вычислительных структур и топологий
- 3) Модификация алгоритма Дейкстры для решения топологических задач
- 4) Оценка эффективности графовых структур
- 5) Программно-аппаратная имплементация алгоритма в решение топологических задач проекта Green Wave Traffic
- 6) Рыночная привлекательность и направления будущих исследований

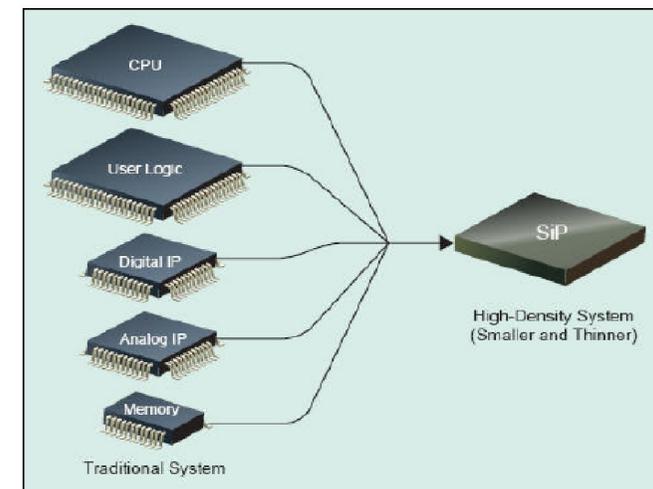


Trends of IT-industry

- 1) **A number of specialized digital systems-on-chips (SoC, SiP) = 2012 year – 9 billion gadgets, 2016 year - 50 billion ones.**
- 2) **Chip integration – 1 billion gates, 10 000 vies, 7 layers in SiP. Wafer thickness – 5 (25) micrometers. Chip technology – 20 nm.**
- 3) **21 century is time of Mobile devices, Cloud Service and Cloud-based technologies of SoC Design.**
- 4) **Development steps of cyberspace intelligence : 1) Mouse brain – 2012. 2) Human brain – 2020. Humanity brain – 2050. Self-improving computer (SIC) – 2025.**
- 5) **3D multitransistor for technology 14 nm is continued validity of Moore's Law.**
- 6) **«Manual design» of system-on-chip – Y-technology is the next design step.**

Challenges:

- 1) **How to fill cyberspace (silicon chip) by services for education, life, business, travel.**
- 2) **Restructuring the Internet or creating infrastructure of the cyberspace. Creating a high-speed engines for searching, pattern recognition and decision-making.**
- 3) **To create Traffic Intellectual Infrastructure «Green Wave Traffic on Cloud»**
- 4) **On-line tax-free learning on Clouds is the future of World The best Universities.**



Google Microsystem for the Internet



AM I SMART YET? According to Google, Glass will let you access information "so fast that you feel as though it."

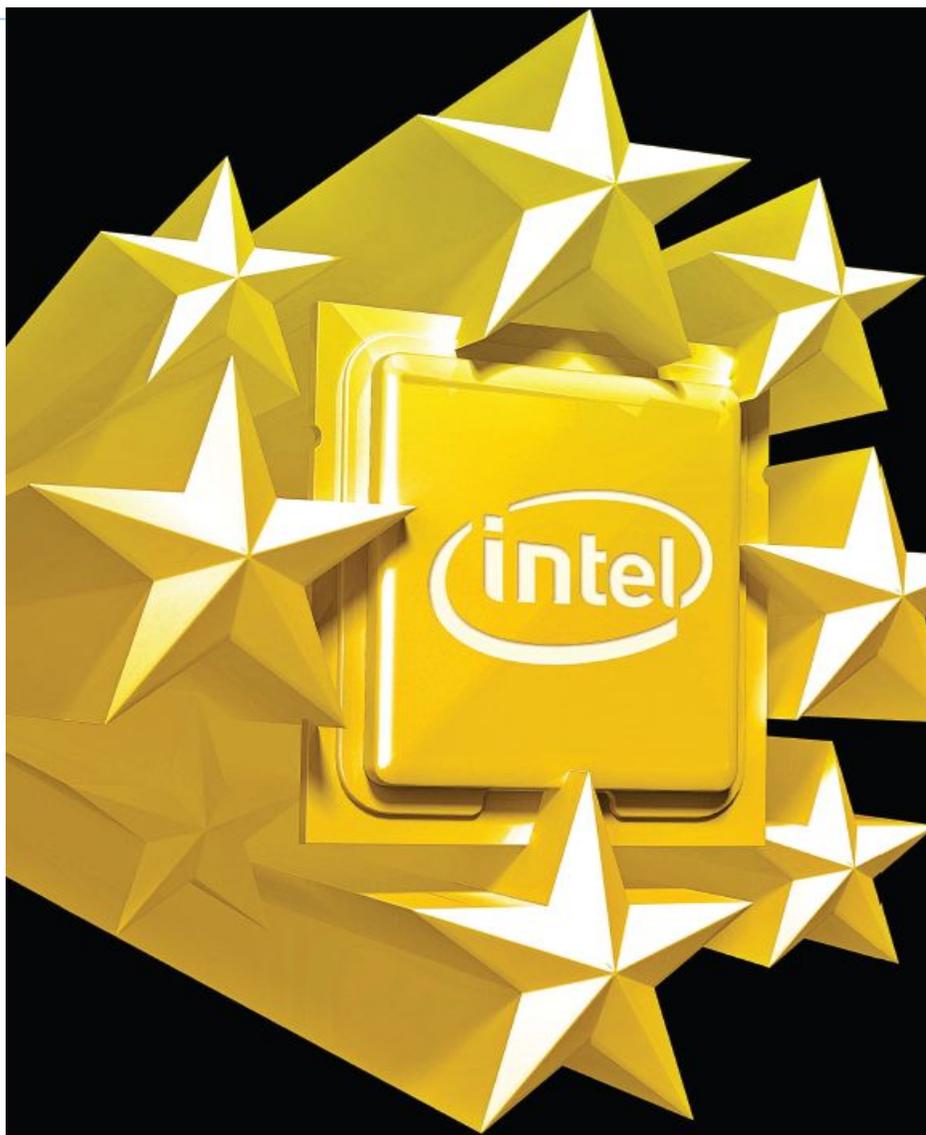
- Google Glass, a head-mounted, Internet-enabled display that—if you buy the
- hype—will revolutionize computing and totally rock your world:
- microprocessor,
- a memory
- chip, a battery, a speaker, two microphones,
- a video camera, a Wi-Fi antenna,
- Bluetooth, an accelerometer, a gyroscope,
- and a compass. The micro-display is
- positioned over one eye.

OLED TV Arrives 2013



- New displays will be big, bright, fast, and thin—but not cheap.
- OLED TV will be just 4 millimeters thick and weigh 7.5 kilograms. A comparable 55-inch LCD TV from LG is nearly 4 centimeters thick and weighs about 22 kg.
- Today's high-definition TV contains a grid of 1920 by 1080 pixels; broadcasters and manufacturers, however, are already talking about ultrahigh definition, or 4K resolution TVs, which typically boast 3840 by 2160 pixels.

Intel Inside...Your Smartphone



- PC sales are down, mobile sales are booming, and this year Intel will introduce a line of Atom chips, code-named Silver-mont, that analysts say will at last be truly optimized for low-power operation. Intel itself is saying very little.
- A smart-phone contains much more than a microprocessor: It contains a variety of Accelerators for graphics, video, audio, wireless, GPS — all of which are complicated pieces of hardware.
- Intel says it plans to move all of its chips — for PCs, servers, tablets, and phones — to a 14-nm manufacturing process.
- Over the past few years, Intel has spent more than US \$1 billion buying and Licensing intellectual property for wireless circuits, image processing systems, and other parts for smart-phones and begun collaborating with Microsoft and Google to create chips that work well with their mobile operating systems.
- The main mobile processors use a design called system-on-a-chip (SoC), which pairs a central processor with specialized circuits for communications, graphics, navigation, and other tasks. SoCs save energy because they use dedicated systems that are packed closely together.

Trends of IT-Cloud Services



- Cloud Server with >30% CAGR, will be 15% of the total server market by 2015
 - LSI breaks million IOPS performance barrier in Sep 2011 – Enterprise Storage
 - KB □ MB □ GB □ TB □ PB (Peta byte) 10^{15} □ EB (Exabyte) □ ZB (Zettabyte) 10^{21} □ YB (Yottabyte) 10^{24}
- Source: Yervant Zorian lecture. EWDTS 12

Характеристика работы

Актуальность. Создание эффективных вычислительных структур связано не только с повышением быстродействия примитивов, но и с топологией связей между ними, которая способна существенно повысить быстродействие параллельной обработки данных за счет дополнительных соединений, которые достаточно дорого стоят.

Цель исследования – разработка критериев оценивания эффективности вычислительных структур на основе использования графовой модели межсоединений функциональных блоков, дающих возможность определять качество топологических архитектур цифровых систем на кристаллах.

Задачи исследования: 1) Анализ методов оценивания вычислительных структур и поиска кратчайших путей между парой вершин. 2) Разработка критериев оценивания эффективности вычислительных структур на основе использования графовой модели функциональных блоков цифровых систем на кристаллах. 3) Модификация алгоритма Дейкстра для определения средней стоимости межсоединений вычислительной архитектуры для пары вершин графа. 4) Верификация критериев при оценивании эффективности различных топологий вычислительных структур.

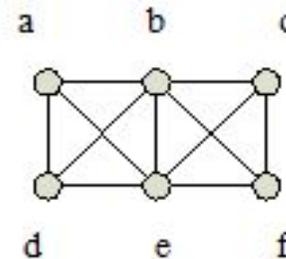
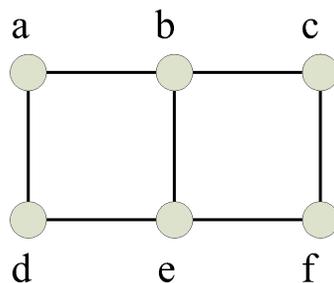
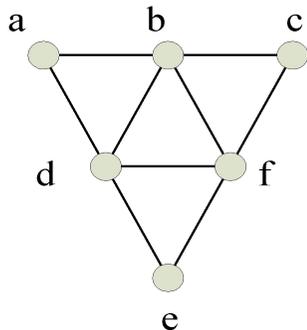
ОЦЕНКА ТОПОЛОГИИ СОЕДИНЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ

- ◆ Расстояние между компонентами цифровой системы есть основной параметр, влияющий на быстродействие выполнения (функциональности или сервиса) транзакций между компонентами или элементами структуры.
- ◆ При рассмотрении двух вариантов реализации мультипроцессорной системы необходимо определить интегральную характеристику в виде суммы всех расстояний между каждой парой компонентов или вершин соответствующего графа.
- ◆ Здесь интерес представляют три варианта фигур: четырехугольник (метрика «Манхэттен»), треугольник и тетраэдр. Последний обладает уникальным свойством – каждая вершина тетраэдра имеет три соседних, в то время как треугольник обладает только двумя смежными вершинами.
- ◆ Критерий связан с упрощением обработки графовой структуры, имеющей E дуг и n вершин. Его особенность заключается в вычислении абсолютного и не приведенного к интервалу значения, формируемого стоимостью соединений E/V , умноженной на качество транзакций между всеми парами вершин:

$$Q_4 = \frac{E}{n} \times \sum_{i=1}^n \min_j(p_{ij})$$

Оценка топологии

- ◆ Рассматриваются три графа, которые имеют 9, 7 и 11 ребер соответственно.



- ◆ Подсчет критерия в соответствии с последней формулой дает следующие результаты :

$$Q_4(G_1) = \frac{E}{n} \times \sum_{i=1}^n \min(p_{ij}) = \frac{9}{6} \times (9 \times 1 + 6 \times 2) = 31,5;$$

$$Q_4(G_2) = \frac{7}{6} \times (7 \times 1 + 6 \times 2 + 2 \times 3) = 29,2;$$

$$Q_4(G_3) = \frac{11}{6} \times (11 \times 1 + 4 \times 2) = 34,8$$

- ◆ Модификация оценки эффективности топологии связана с приведением реальных затрат (число дуг E) к максимально возможному количеству парных соединений в графе $V = \frac{n^2 - n}{2}$, которое обеспечивает качество коммуникационных свойств:

$$Q_4 = \frac{\frac{E}{\frac{n^2 - n}{2}} \times \frac{\frac{n^2 - n}{2}}{\sum_{i=1}^n \min(p_{ij})}}{\sum_{i=1}^n \min(p_{ij})} = \frac{E}{\sum_{i=1}^n \min(p_{ij})} = \frac{E}{V}$$

Плата за качество коммуникаций

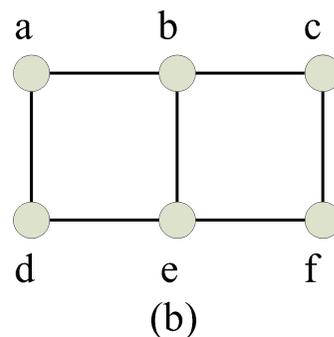
- ◆ Одновременно платой за качество коммуникаций является мощность соединений, приведенная к максимально возможному количеству ребер : $H_5(G_1) = \frac{E}{n^2 - n} = \frac{9}{15} = 0,60$; $H_5(G_2) = \frac{7}{15} = 0,46$; $H_5(G_3) = \frac{11}{15} = 0,73$.
- ◆ Целесообразно иметь две оценки: интегральный критерий качества коммуникаций, который неявно определяет затраты времени на среднюю достижимость между каждой парой вершин графовой структуры; приведенную к максимально возможному числу мощность соединений, которая демонстрирует стоимость качества инфраструктуры системы, имеющей целевую функцию, минимизирующую среднюю достижимость (длину пути или времени) между парой вершин графовой структуры.
 - Мультиплицирование двух критериев не дает нового свойства при оценивании инфраструктуры достижимостей каждой пары вершин.
 - Выводы: 1) Необходимо использовать оба критерия для оценивания структурного проекта. 2) Следует модифицировать алгоритм Дейкстры для вычисления среднего значения достижимостей между парой вершин в графе, что и представлено ниже.

ПРИМЕР ОЦЕНИВАНИЯ ГРАФОВЫХ СТРУКТУР. МОДИФИКАЦИЯ АЛГОРИТМА ДЕЙКСТРЫ

- ◆ Алгоритм Дейкстры находит кратчайшие расстояния из заданной вершины графа до всех остальных его вершин.
- ◆ Он применяется только к графам с ребрами положительного веса. Алгоритм широко используется в программировании и технологиях. Например, в протоколе динамической маршрутизации Open Shortest Path First (OSPF), который основан на технологии отслеживания состояния канала (link-state technology), для устранения кольцевых маршрутов.
- ◆ Задача. Найти кратчайшие пути между всеми парами вершин графа, представленного на рисунке, с единичным весом каждого ребра.

◆ Решение. Матрица смежности графа имеет вид G_2

- ◆ Подзадача 1. Найти кратчайшие расстояния и определить все кратчайшие пути из вершины a к остальным вершинам.



$$G_2 =$$

	a	b	c	d	e	f
a	.	1	.	1	.	.
b	1	.	1	.	1	.
c	.	1	.	.	.	1
d	1	.	.	.	1	.
e	.	1	.	1	.	1
f	.	.	1	.	1	.

МОДИФИКАЦИЯ АЛГОРИТМА ДЕЙКСТРЫ 2

- В процессе реализации алгоритма Дейкстры заполняется таблица, количество строк и столбцов которой определяется мощностью множества вершин графа, т.е. 6x6. В заголовках строк таблицы указываются вершины, до которых предстоит найти кратчайшее расстояние.

Таблица 1

	1	2	3	4	5
	u=a	u=b	u=d	u=c	u=e
	r=0	r=1	r=1	r=2	r=2
b	a, 1				
c	a, ∞	b, 2	b, 2		
d	a, 1	a, 1			
e	a, ∞	b, 2	b, 2	b, 2	
f	a, ∞	a, ∞	a, ∞	c, 3	c, 3

Таблица 2

	1	2	3
	u=a	u=b	u=c
	r=0	r=1	r=2
b	a, 1		
c	a, ∞	b, 2	
d	a, 1		
e	a, ∞	b, 2	
f	a, ∞	a, ∞	c, 3

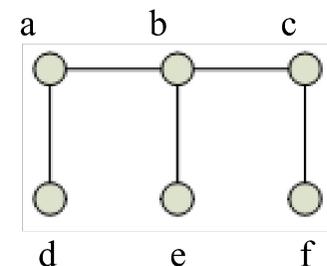
Таблица 3

Цепь	Длина
$a \xrightarrow{1} b$	$r(a,b)=1$
$a \xrightarrow{1} b \xrightarrow{1} c$	$r(a,c)=1+1=2$
$a \xrightarrow{1} d$	$r(a,d)=1$
$a \xrightarrow{1} b \xrightarrow{1} e$	$r(a,e)=1+1=2$
$a \xrightarrow{1} b \xrightarrow{1} c \xrightarrow{1} f$	$r(a,f)=1+1+1=3$

- Таблица 1 содержит информацию о всех кратчайших цепях и их длинах.

В Таблице 2 приведены данные с учетом модификации алгоритма – количество операций уменьшается.

- На рисунке представлено дерево кратчайших цепей



МОДИФИКАЦИЯ АЛГОРИТМА ДЕЙКСТРЫ 3

- ◆ Поскольку все ребра графа имеют вес 1, из таблицы 1 видно, что расстояния могут возрастать только на 1. Поэтому, фактически, как только бесконечная метка изменяется на конечную числовую метку, её дальнейшее изменение становится невозможным.
- ◆ Это означает, что соответствующее кратчайшее расстояние между вершинами уже определено. Следовательно, количество сложений и сравнений в алгоритме Дейкстры может быть сокращено (Таблица 5).
- ◆ Подзадача 2. Определить расстояния от вершины b до остальных:

Таблица 4

	1	2	3	4	5
	$u=b$ $r=0$	$u=a$ $r=1$	$u=c$ $r=1$	$u=e$ $r=1$	$u=d$ $r=2$
a	$b,1$				
c	$b,1$	$b,1$			
d	b,∞	$a,2$	$a,2$	$a,2$	
e	$b,1$	$b,1$	$b,1$		
f	b,∞	b,∞	$c,2$	$c,2$	$c,2$

Таблица 5

	1	2	3
	$u=b$ $r=0$	$u=a$ $r=1$	$u=c$ $r=1$
a	$b,1$		
c	$b,1$		
d	b,∞	$a,2$	
e	$b,1$		
f	b,∞	b,∞	$c,2$

МОДИФИКАЦИЯ АЛГОРИТМА ДЕЙКСТРЫ 4

- ◆ Таблица 5 показывает результаты, полученные применением модифицированного алгоритма.
- ◆ Данные для всех кратчайших цепей представлены в Таблице 6, граф – дерево кратчайших цепей из вершины b – будет таким же, как и раньше для вершины a.
- ◆ Следует заметить, что кратчайшие цепи из вершин b, d, f и дерева кратчайших путей будут идентичными.
- ◆ Матрица кратчайших цепей между парами вершин имеет вид

	a	b	c	d	e	f
a	.	1	2	1	2	3
b	1	.	1	2	1	2
Dist ₂ = c	2	1	.	3	2	1
d	1	2	3	.	1	2
e	2	1	2	1	.	1
f	3	2	1	2	1	.

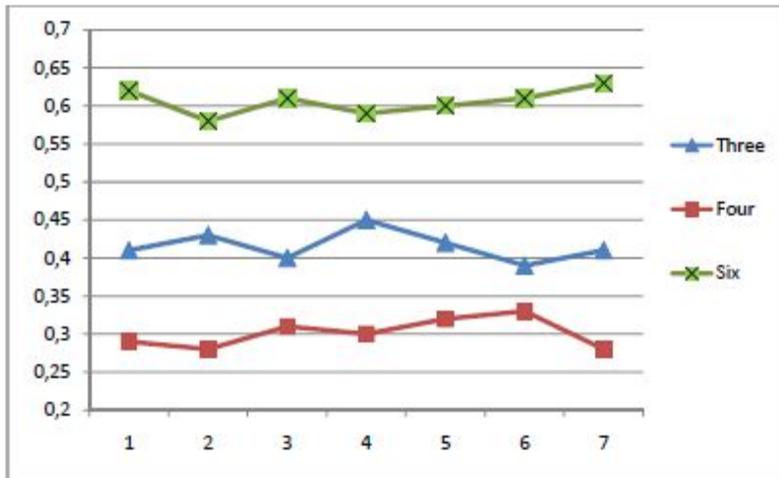
Таблица 6

Цепь	Длина
$b \xrightarrow{1} a$	$r(b, a) = 1$
$b \xrightarrow{1} c$	$r(b, c) = 1$
$b \xrightarrow{1} a \xrightarrow{1} d$	$r(b, d) = 1 + 1 = 2$
$b \xrightarrow{1} e$	$r(b, e) = 1$
$b \xrightarrow{1} c \xrightarrow{1} f$	$r(b, f) = 1 + 1 = 2$

МОДИФИКАЦИЯ АЛГОРИТМА ДЕЙКСТРЫ 5

- ◆ В традиционном алгоритме Дейкстры учитывается такой шаг: если полученное значение длины меньше значения метки соседа, то метка соседа заменяется полученным значением длины.
- ◆ Для графов с ребрами единичной длины (веса) сумма расстояний каждый раз может увеличиваться только на 1. Поэтому в упомянутом пункте только бесконечные метки соседа могут изменяться на конечные числовые метки, которые впоследствии не изменяются, т.е. уменьшаться уже не могут. Соответствующие расстояния являются числами натурального ряда. По этой причине сравнение целесообразно проводить только в целях определения конечных числовых меток для тех вершин, которые таковых пока не имеют, т.е. их временные метки равны бесконечности. Если не существует ребра, соединяющего постоянно помеченную вершину с вершиной, имеющей бесконечную метку, то в качестве очередного пункта выбирается постоянно помеченная вершина с минимальной меткой в текущем столбце (как и раньше), что позволяет реализовать попытку найти минимальный маршрут через другую вершину. При этом сложение и сравнение меток с уже имеющимися в столбце конечными метками не проводится, что сокращает время поиска.

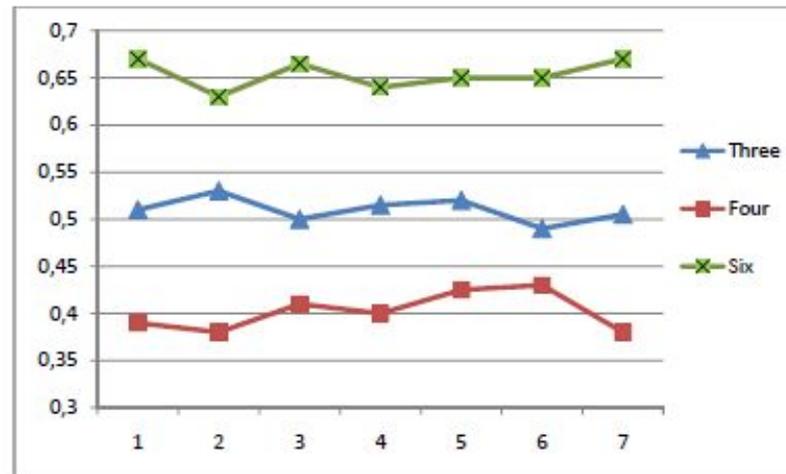
Графики эффективности затрат



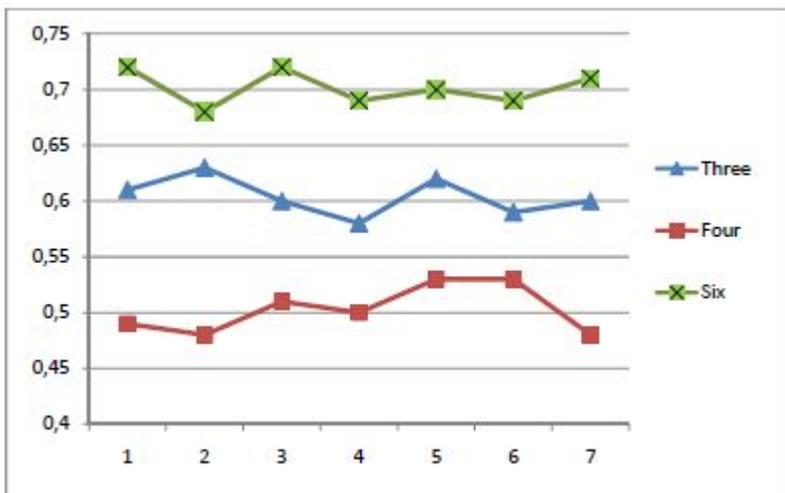
Графики эффективности трех видов соединений (7 проектов)

Q	1	2	3	4	5	6	7
3	0,41	0,43	0,40	0,45	0,42	0,39	0,41
4	0,29	0,28	0,31	0,30	0,32	0,33	0,28
6	0,62	0,58	0,61	0,59	0,60	0,61	0,63

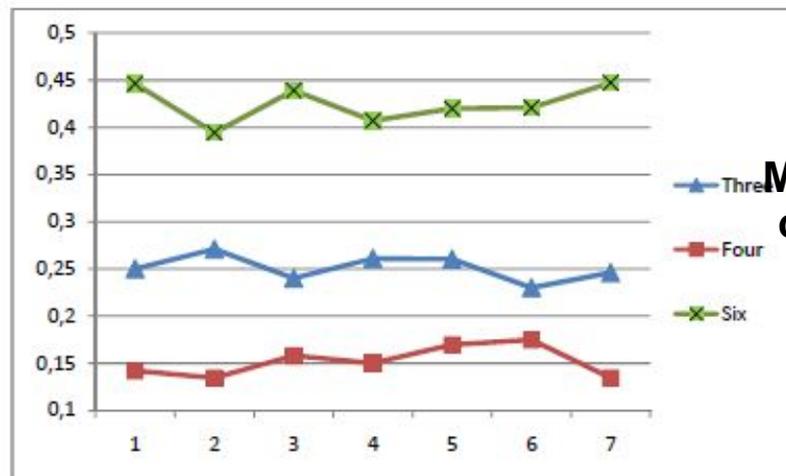
H	1	2	3	4	5	6	7
3	0,61	0,63	0,60	0,58	0,62	0,59	0,60
4	0,49	0,48	0,51	0,50	0,53	0,53	0,48
6	0,72	0,68	0,72	0,69	0,70	0,69	0,71



Графики среднего значения (затраты, эффективность)



Графики затрат трех видов соединений (7 проектов)



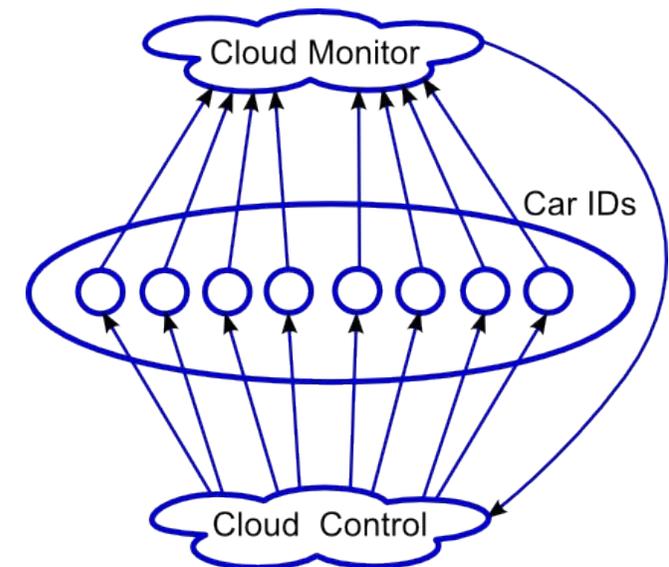
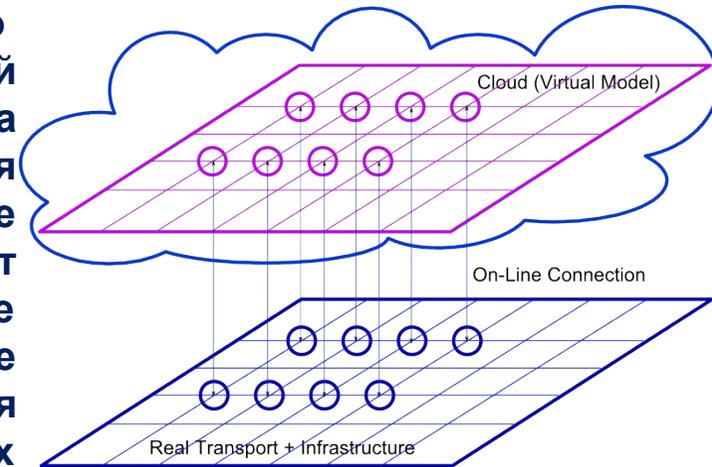
Мультипликативная оценка трех видов соединений

Заключение

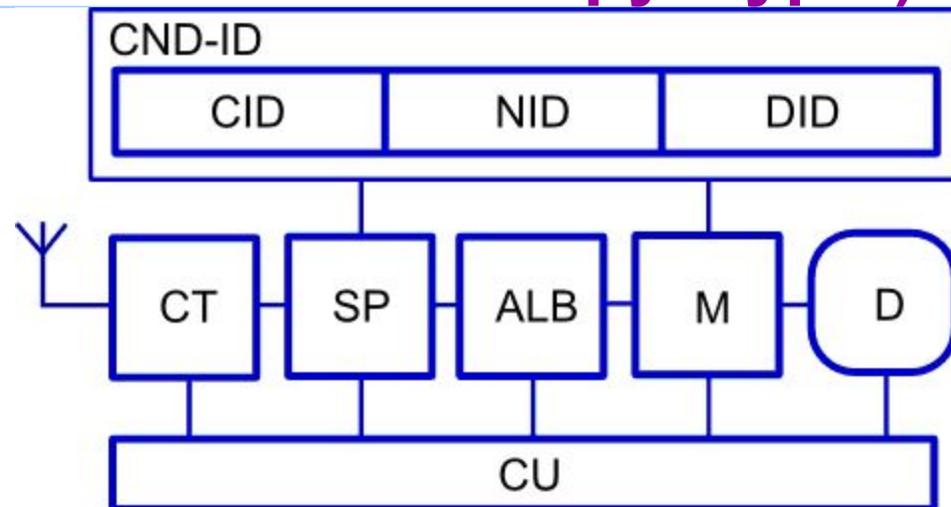
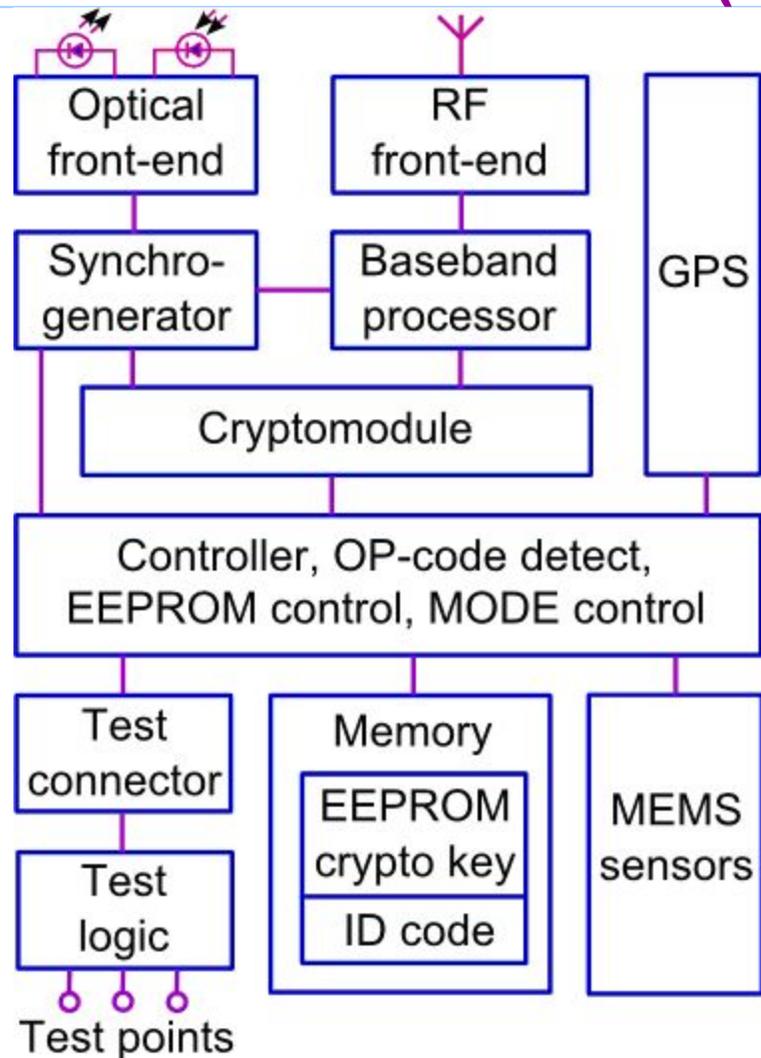
- ◆ **Научная новизна.** Приведены критерии оценивания качества топологических соединений компонентов цифровой системы, которые ориентированы на оценивание проектов с позиции оперативной и стратегической минимизации маршрутов соединений двух вершин, что дает возможность модифицировать структуры путем введения дополнительных затрат на отдельные соединения в соответствующем графе в целях повышения быстродействия всей системы.
- ◆ Приведена модификация алгоритма Дейкстры для неориентированных взвешенных графов с единичной длиной ребра, что позволяет сократить количество сложений и сравнений за счет исключения из этого процесса уже найденных на предыдущем этапе конечных числовых меток, которые в дальнейшем не могут уменьшаться, а остаются константами, но предполагают возможность преобразования только бесконечных меток соседа в конечные числовые метки. Модифицированный алгоритм Дейкстра для поиска кратчайших путей между вершинами графовой модели функциональных блоков дает возможность на 15% повысить качество архитектурных решений
- ◆ **Практическая значимость.** Рыночная привлекательность анализа эффективности топологии соединения компонентов в структурах актуальна не только для цифровых систем, сетей, телекоммуникаций, но для инфраструктуры городов в условиях существования транспортных заторов.

Перспективы исследований

- Цель** – повышение качества и безопасности дорожного движения за счет создания интеллектуальной инфраструктуры дорожных сообщений, включающей облака мониторинга трафика и квазиоптимального управления движением в реальном масштабе времени на основе применения RFID-паспортов транспортных средств, что дает возможность минимизировать временные и материальные затраты при организации дорожного движения, а также создавать инновационные научно-технические решения социальных, гуманитарных, экономических и экологических проблем мирового сообщества.
- Сущность исследования** – создание интеллектуальной инфраструктуры дорожного движения (ИИДД) – облачного сервиса мониторинга инфраструктуры и управления дорожным движением в реальном масштабе времени «Зеленая волна» на основе создания облачной виртуальной инфраструктуры дорожного движения (рис. 2), интегрированной с уличными дорожными контроллерами, средствами радиочастотной идентификации автомобилей в целях повышения качества и безопасности передвижения транспортных средств, минимизации временных и материальных затрат при исполнении заданных маршрутов.



Программно-аппаратная имплементация в проект Green Wave Traffic (вычислительные структуры)



- Структура блока CAR-ID содержит модули: Optical front-end – оптический интерфейс; RF front-end – радиочастотный интерфейс; Synchrogenerator – генератор частот; Baseband processor – обработки сигналов после демодулирования; GPS – модуль позиционирования; Cryptomodule – модуль криптозащиты; Controller, OP-code detect, EEPROM control, Mode control – система управления блоком; Test connector – переключатель тестирования модулей; Test logic (Test points) – модуль управления тестированием и программированием; Memory (EEPROM crypto key, ID code) – модуль памяти для хранения данных и служебной информации; MEMS sensors – модуль сенсорных датчиков.

Программно-аппаратная имплементация в проект Green Wave Traffic (топология инфраструктуры)

При наличии в стране 10 миллионов автомобилей и стоимости одной метки RFID, равной 100 долларов, затраты на оснащение всего транспортного парка равны 1 миллиарду долларов. Затраты на создание масштабируемого прототипа ИИДД – 10 миллионов долларов плюс накладные расходы по технической поддержке и эксплуатации инфраструктуры – 10 миллионов долларов в год. Годовая стоимость продажи облачного сервиса – не более 100 долларов для каждого автомобиля. Это составляет почти 2 миллиарда долларов прибыли после трех лет эксплуатации облака. Срок окупаемости ИИДД – 1,5 года.

