

ТОПОЛОГИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ «СПЛЮЩЕННЫХ» СЕТЕЙ. ДВУШАГОВЫЕ СЕТИ

Каравай М. Ф.¹, Подлазов В. С.²
(ФГБУН Институт проблем управления
им. В.А. Трапезникова РАН, Москва)

Рассматриваются различные 2-шаговые «сплющенные» системные сети, имеющие более высокие характеристики чем сеть «сплющенная бабочка» (Flattened Butterfly).

Ключевые слова: системные сети, сплющенные сети, полные графы, квазиполные графы и орграфы, обобщенные сети Клоза, сложность и энергопотребление, число абонентов, диаметр, коммутационные свойства.

1. Введение.

Сеть *Flattened Butterfly* с n шагами (FBn) [9] считается перспективной системной сетью [6] для создания сетей связи в суперкомпьютерах на базе многопортовых коммутаторов-маршрутизаторов. Эта сеть получается «сплющиванием» n -каскадной k -ичной бабочки в плоскую сеть, при котором все коммутаторы с одинаковыми номерами в разных каскадах бабочки объединяются в один составной коммутатор, а симплексные каналы между каскадами бабочки объединяются в

¹ Михаил Федорович Каравай, доктор технических наук, доцент (Москва, ул. Профсоюзная, д.65, тел. (495) 334-90-00, mkaravay@ipu.ru).

² Виктор Сергеевич Подлазов, доктор технических наук, доцент (Москва, ул. Профсоюзная, д.65, тел. (495) 334-78-31, podlazov@ipu.ru).

дуплексные каналы между разными составными коммутаторами.

Общее число абонентов (процессоров), объединяемых FBn , составляет $N=k^n$, а ее диаметр (число составных коммутаторов на пути между двумя абонентами) – $D=n$. Сеть FBn состоит из $M=N/k=k^{n-1}$ составных коммутаторов, каждый из которых состоит из n коммутаторов $k \times k$ и имеет $m=n(k-1)+1$ дуплексных портов. Из них k портов используются для подсоединения k абонентов и $(n-1)(k-1)$ порт – для связи дуплексными каналами с другими составными коммутаторами сети. Число сетевых дуплексных каналов в FBn составляет величину $R=(n-1)(k-1)M$.

Принято считать, что сложность s и энергопотребление w полного коммутатора пропорциональны квадрату числа портов, поэтому они для составного коммутатора составляют величины $s=bnk^2$ и $w=cnk^2$ соответственно, где b и c коэффициенты пропорциональности. Тогда сложность S сети FBn задается как $S=bnk^2M=bnk^{n+1}=bnN^{(n+1)/n}$. Аналогично, для энергопотребления – $W=cnN^{(n+1)/n}$.

Обратим внимание на то, что сеть $FB2$ имеет топологию полного графа (рис. 1). В ней S и W задаются как $S=b2k^2M=2bk^3$ и $W=2ck^3$, т.е. величинами пропорциональными кубу числа портов отдельного коммутатора. Поэтому уменьшение числа портов коммутаторов при модификации сети $FB2$ (даже при некотором увеличении их числа) может понизить ее сложность и энергопотребление.

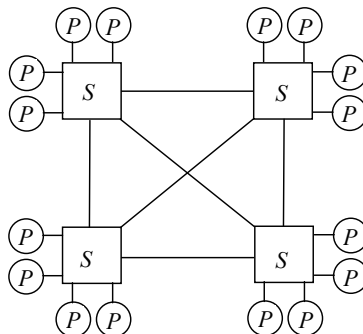


Рис.1. Исходная сеть $FB2$ при $k=4$ ($N=16$ и $m=7$).

В результате мы приходим к следующей постановке задачи для сети *FB2*, как сети с наименьшим диаметром. Практически не изменяя число абонентов сети *N* и диаметр *D* необходимо уменьшить сложность *S* и энергопотребление *W* сети за счет изменения ее топологии, при котором имеет место уменьшение числа портов составных коммутаторов. При сохранении размеров составных коммутаторов такая модификация сети *FB2* должна приводить к увеличению числа абонентов *N* при сохранении диаметра *D*.

Возможность такой постановки задачи открывает разработка [1, 2] сетей с прямыми каналами, имеющих топологию квазиполных графов и орграфов, которые позволяют эффективно заменять в топологии сети полный граф с числом узлов $M=k$ на квазиполный граф с числом узлов $M^*=k^*(k-1)/\sigma+1$ (где σ – число независимых прямых каналов между любыми двумя узлами) или на квазиполный орграф с $M^*=(k^*)^2$ (только с одним прямым каналом $\sigma=1$). В случае $N \approx N^*$, где $N=kM$ и $N^*=k^*M^*$, это приводит к уменьшению степени узлов от k до $k^* \approx (\sigma k)^{2/3}$. При схемной реализации степень узла задает число его портов.

Обоснованность такой постановки подтверждается тем, что сеть с топологией квазиполного графа или орграфа является неблокируемой при самомаршрутизации пакетов каждым источником. Это означает, что она логически эквивалентна сети с топологией полного графа. При схемной реализации увеличение задержки передачи пакета по такой сети будет составлять малую часть его длительности на произвольных перестановках пакетов и на случайном равномерном трафике между абонентами [3]. Последний вид трафика и имеет место между составными коммутаторами в *FB2*.

Дело в том, что сеть *FBn* наследует коммутационные свойства сети *n*-каскадная *k*-ичная бабочка. Сеть *FBn* имеет только один путь между любыми двумя абонентами, и она не является ни неблокируемой ни даже перестраиваемой. Как следствие она имеет большое число конфликтов на произвольном трафике, приводящее к значительному увеличению задержек передачи. Для преодоления этого

недостатка приходится использовать специальные алгоритмы маршрутизации, которые и приводят к равномерной рандомизации трафика между коммутаторами. Эти алгоритмы снижают пропускную способность сети до двух раз или аналогично повышают ее эффективный диаметр (реальные задержки передачи) [9].

2. Квазиполные графы и орграфы

Квазиполный граф (quasy full graph) $QFG(M^*, k^*, \sigma^*)$ – это однородный двудольный граф, каждую долю которого составляют M^* узлов степени k^* . Значение k^* выбирается минимальным, при котором любые два узла в одной доле связаны $\sigma^* \leq k^*$ прямыми путями длины 2 через разные узлы в другой доле. Если такой граф существует, то его параметры связаны соотношением $M^* = k^*(k^* - 1)/\sigma^* + 1$. На рис. 2 представлена сеть с топологией квазиполного графа $QFG(7, 4, 2)$, т.е. с двумя путями между узлами одной доли.

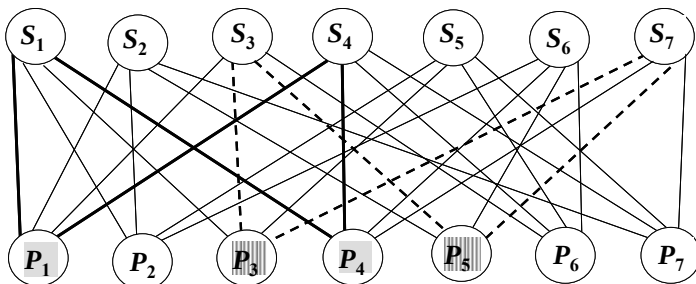


Рис. 2. Сеть с топологией квазиполного графа $QFG(7, 4, 2)$.

Квазиполные графы изоморфны симметричным блок-схемам, исследуемым в комбинаторике [4, 5].

При схемной реализации $QFG(M^*, k^*, \sigma^*)$ узлы одной доли (первичные узлы) – это абоненты с k^* дуплексными портами, а узлы другой доли (вторичные узлы) – это полные коммутаторы $k^* \times k^*$ с k^* дуплексными портами. Таблицей инцидентности квазиполного графа является симметричная блок-схема $B(M^*, k^*, \sigma^*)$, которая представлена в табл. 1 для графа $QFG(7, 4, 2)$.

Эта таблица задает схему межсоединений узлов разных долей в сети. Первая колонка в ней задает коммутаторы, а строки – подсоединенных к ним абонентов, задаваемых номерами в ячейках.

Таблица 1. Схема межсоединений в $QFG(7,4,2)$

Блоки 4×4	$B(7, 4, 2)$ $QFG(7, 4, 2)$			
1	1	2	3	4
2	1	2	5	7
3	1	3	5	6
4	1	4	6	7
5	2	3	6	7
6	2	4	5	6
7	3	4	5	7

Квазиполный граф существует не при любых k^* и σ^* [1, 2], а в тех случаях когда он существует построение его (построение инцидентной блок-схемы) это сложная комбинаторная задача [4, 5].

Нахождение прямого пути между любыми двумя абонентами сводится к нахождению номеров выходных портов абонентов и коммутаторов, однозначно задающих этот путь. А прокладка прямого канала – это просто передача короткого пакета-зонда по выбранному пути с подтверждением его приема.

Основные коммутационные свойства сети с топологией квазиполного графа состоят в следующем [1, 2]. Во-первых, это сеть с прямыми каналами. Во-вторых, эти каналы находятся и строятся путем самомаршрутизации каждым абонентом независимо от других абонентов. В-третьих, эта сеть является неблокируемой, т.е. обеспечивает бесконфликтную реализацию любой перестановки пакетов данных между абонентами и в этом равносильна сети с топологией полного графа. В-четвертых, эта сеть является (σ^*-1) -отказоустойчивой по каналам, т.е. отказ (σ^*-1) -го канала у любых абонентов

сохраняет первые три свойства. Более того, они сохраняются и при отказе любых (σ^*-1) -го коммутаторов.

Квазиполный оргграф определяется только при $\sigma^*=1$ и для направленных дуг. Квазиполный оргграф $QFDG(M^*,k^*)$ – это однородный двудольный граф, каждую долю которого составляют M^* узлов степени k^* . Значение k^* выбирается минимальным, при котором любые два узла в одной доле связаны прямыми путями длины 2 через разные узлы в другой доле.

Такой оргграф всегда существует, и его параметры связаны соотношением $M^*=(k^*)^2$. На рис. 3 и 4 примеры разных $QFDG(9, 3)$, в которых схемы межсоединений задаются табл. 2 и 3.

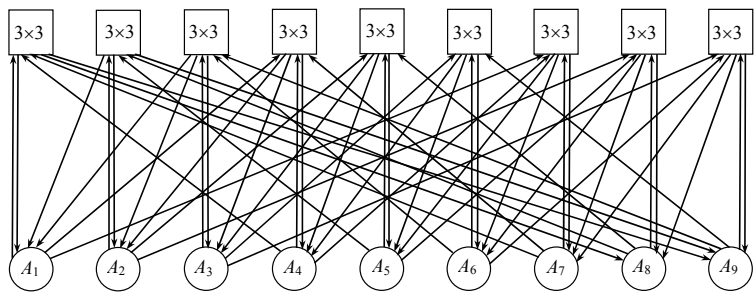


Рис. 3. Квазиполный оргграф $QFDG(9, 3)$, полученный из 2-мерного 3-ичного мультикольца [1].

Таблица 2. Схема межсоединений в оргграфе по рис. 3.

Коммутаторы 3×3	Дуги от абонентов			Дуги к абонентам		
1	1	9	8	1	4	7
2	2	1	9	2	5	8
3	3	2	1	3	6	9
4	4	3	2	4	7	1
5	5	4	3	5	8	2
6	6	5	4	6	9	3
7	7	6	5	7	1	4
8	8	7	6	8	2	5
9	9	8	7	9	3	6

В общем случае при произвольном k^* на пересечении i -ой строки ($1 \leq i \leq M^*$) и j -го столбца ($1 \leq j \leq k^*$) в левой части таблицы содержится номер $(i-j) \bmod (M^*+1)$, а в правой – номер $[i+(j-1)k^*] \bmod (M^*+1)$.

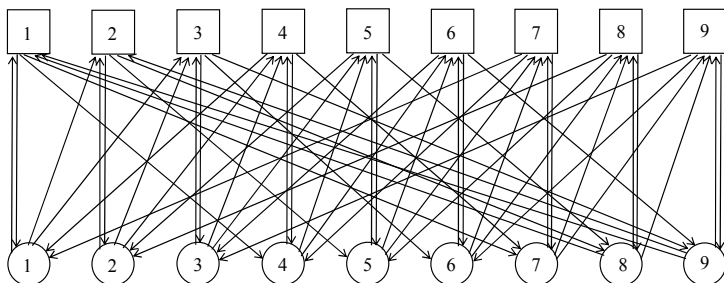


Рис. 4. Квазиполный орграф $QFDG(9, 3)$, полученный из 2-мерного 3-ичного обобщенного гиперкуба [1].

При произвольном k^* на пересечении i -й строки ($1 \leq i \leq M^*$) и j -го столбца ($1 \leq j \leq k^*$) в левой части таблицы содержится номер $\lfloor i/k^* \rfloor k^* + j$, а в правой – номер $(i) \bmod (k^*+1) + (j-1)k^*$.

Таблица 3. Схема межсоединений в орграфе по рис. 4.

Коммутаторы 3×3	Дуги от абонентов			Дуги к абонентам		
1	1	2	3	1	4	7
2	1	2	3	2	5	8
3	1	2	3	3	6	9
4	4	5	6	1	4	7
5	4	5	6	2	5	8
6	4	5	6	3	6	9
7	7	8	9	1	4	7
8	7	8	9	2	5	8
9	7	8	9	3	6	9

Заметим специально, что при схемной реализации квазиполного орграфа встречные пути между каждой парой абонентов на участке абонент-коммутатор задаются парой

встречных симплексных каналов, которые могут быть подсоединены к разным коммутаторам и могут не образовывать дуплексных каналов. Поэтому далее в работе связи между абонентами и коммутаторами для квазиполного графа подсчитываются в числе дуплексных каналов, а для квазиполного орграфа – в числе пар встречных симплексных каналов.

3. Расширение сети *FB2*

Сначала рассмотрим вариант изменения топологии для сети *FB2*, сложность и энергопотребление которой составляет величины $S=2bN^{3/2}$ и $W=2cN^{3/2}$. Для этого расширим *FB2*, заменив в ней полный граф на квазиполный граф или орграф, в котором первичные узлы являются составными коммутаторами (рис. 5). Такую сеть будем называть расширенной сплюсненной бабочкой *EFB2*.

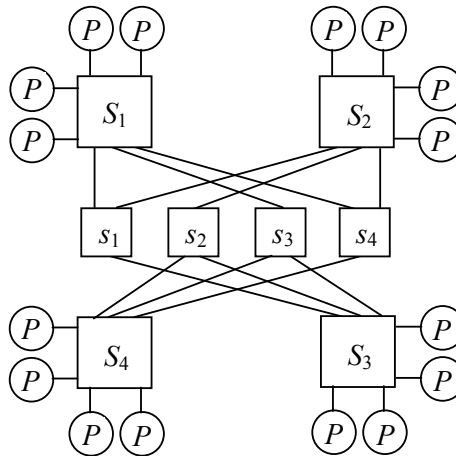


Рис. 5. Сеть *EFB2* при $k^*=4$ ($M^*=16$ и $m^*=7$).

S_i и s_i – это составные и сетевые коммутаторы соответственно. Связи между s_i задает $QFG(4, 3, 2)$.

В *EFB2* к каждому составному коммутатору с $m^*=2k^*-1$ дуплексными портами добавляется сетевой коммутатор с k^*-1 портами. Каналы между составными и сетевыми

коммутаторами прокладываются согласно схемам межсоединений в квазиполных графе или орграфе. На рис. 5 используется квазиполный граф, который обеспечивает два прямых пути между любыми двумя первичными коммутаторами.

Любые два составных коммутатора в *EFB2* связаны через один сетевой коммутатор, поэтому формально диаметр *EFB2* задается как $D^* = 1,5D$. Однако, передачи пакетов через сетевые коммутаторы осуществляются по прямым каналам без их буферизации и задержки в сетях *FB2* и *EFB2* различаются только на очень малую часть длительности пакетов, т.е. с практической точки зрения можно считать, что $D^* \approx D$.

При использовании топологии квазиполного орграфа сеть *EFB2* будет содержать $M^* = (k^* - 1)^2$ составных и $M^* = (k^* - 1)^2$ сетевых коммутаторов, и объединять $N^* = k^* M^* = k^* (k^* - 1)^2$ абонентов и использовать $R^* = M^* (k - 1)$ дуплексных каналов.

Сложность каждой спарки составного и сетевого коммутаторов составляет величину $s^* = 2b(k^*)^2 + b(k^* - 1)^2 \approx 3b(k^*)^2$, а сложность всей сети – величину $S^* = M^* s^* \approx 3b(N^*)^{4/3}$. По постановке задачи $N \approx N^*$, поэтому имеет место оценка $S/S^* \approx 2(N)^{1/6}/3$. При $N^* = 10^3 \approx N = 1024 = K$ имеет место оценка $S/S^* \approx 2,1$, а при $N = 32K$ и $N^* = 33K$ – оценка $S/S^* \approx 3,8$. Аналогично для энергопотребления.

В сети *EFB2* с топологией квазиполного орграфа для $N^* = 1100$ имеем $k^* = 11$ и $W^* = c10^2(2 \cdot 11^2 + 10^2)$. В сети *FB2* для $N = 1024$ имеем $k = 32$ и $W = 2c32^3$. Поэтому при $N^* \approx N$ имеем $W/W^* \approx 1,92$.

Вариант сети *FB2* при $N \approx 32K$ в настоящее время технически нереализуем, т.к. требует составных коммутаторов с 363 портами, тогда как самый большой однокристалльный коммутатор *YARC* [10] имеет только 64 дуплексных портов. В этом случае придется использовать сеть *FBn* с $n > 2$.

Сравним характеристики сетей *EFB2* и *FB3* при $N^* = 33K$ и $N = 32K$. Для *EFB2* имеем: $k^* = 33$, $M^* = (k^* - 1)^2 = K$, $R^* = (k^* - 1)^3 = 32K$ и $W^* = cK(2 \cdot 33^2 + 32^2)$. Для *FB3* имеем $k = 32$, $M = k^2 = K$, $R = 2M(k - 1) = 62K$ и $W = 3cK32^2$. Теперь $W/W^* \approx 0,96$ при $R/R^* = 1,94$ и $D/D^* \approx 1,5$, т.е. здесь выравнивание энергопотребления

сопровождается увеличением числа каналов и задержек передачи.

В случае использования топологии квазиполного графа появляется возможность иметь несколько прямых каналов через разные сетевые коммутаторы. В частности, для *EFB2* при $\sigma=2$ можно выбрать $k^*=13$ и получить $N^*=1027$ и $W^*=c12^2(2\cdot13^2+12^2)$, т.е. иметь $W/W^* \approx 0,94$ при $N=1024$. При $\sigma=2$ также можно реализовать вариант с $k^*=32$ и $N^*=16401$. Правда, требующиеся для этого *QFG(79, 13, 2)* и *QFG(513, 32, 2)* еще необходимо построить [4, 5].

4. Сплющивание обобщенных сетей

Обобщенными мы называем сложенные многокаскадные сети, в которых межкаскадные соединения имеют топологию квазиполного графа или орграфа [7]. В частности, 2-шаговая обобщенная сеть получается из квазиполного графа или орграфа по рис. 2–4 заменой каждого абонента на дуплексный (двунаправленный) коммутатор $k^* \times k^*$ (коммутатор ввода-вывода – коммутатор ВВ), каждого узла другой доли – на коммутатор $k^* \times k^*$ (коммутатор хребта), а ребер – на дуплексные каналы для графа или пары симплексных каналов для орграфа. Такая сеть объединяет $N^*=k^*[k^*(k^*-1)/\sigma^*+1]$ абонентов, если она получена из квазиполного графа, и $N^*=(k^*)^3$ абонентов, если она получена из квазиполного орграфа.

При сплющивании 2-шаговой обобщенной сети одноименные коммутаторы ВВ и хребта объединяются в один составной коммутатор с $m^*=2k^*-1$ дуплексными портами. Такая сплюснутая сеть состоит из $M^*=N^*/k^*$ составных коммутаторов, любые два из которых связаны $2(k^*-1)$ парами симплексных каналов, использует $R^*=2M^*(k^*-1)$ таких пар каналов и имеет диаметр $D^*=2$. Обозначим сплюснутую 2-шаговую обобщенную сеть как *FG2*.

При использовании топологии квазиполного орграфа сложность сети *FG2* задается выражением $S^*=3b(k^*)^4=3b(N^*)^{4/3}$. Такая *FG2*, как *FB2* и *EFB2*, имеет только один путь между любыми двумя абонентами и не является ни перестраиваемой ни неблокируемой. Поэтому в ней необходимо использовать такие

же алгоритмы маршрутизации как и в $FB2$. Отношение сложностей $FB2$ и $FG2$ при $N \approx N^*$ задается выражением $S/S^* = 2bN^{1/6}/3$, т.е. таким же соотношением как и для $FB2$ и $EFB2$ в предыдущем параграфе. Число сетевых портов составного коммутатора в $FB2$ задается величиной $r=k-1=N^{1/2}-1$, а в $FG2$ – величиной $r^*=2(k^*-1)=2(N^{1/3}-1)$.

Энергопотребление сетей $FB2$ с $N=1024$ и $FG2$ $N^*=1000$ при $N \approx N^*$ определяется при $k=32$ и $k^*=10$ и задается соотношением $W/W^* \approx 2,1$. В $FB2$ используется $R=k(k-1)=992$ дуплексных каналов (1984 симплексных каналов), а в $FG2$ используется $R^*=2(k^*)^2(k^*-1)=1800$ пар симплексных каналов. При этом каждый составной коммутатор в $FB2$ имеет $r=31$ сетевых портов, а в $FG2$ – только $r^*=20$ сетевых портов.

В случае использования топологии квазиполного графа в сети появляется возможность иметь несколько прямых каналов через разные вторичные коммутаторы. В частности, для $FB2$ с $N=1024$ в $FG2$ с $\sigma^*=2$ можно выбрать $k^*=13$ и получить $M^*=79$, $N^*=1027$ и $W^*=c3M^*13^2$. Поэтому $W/W^* \approx 1,64$ и $R^*=2M^*(k^*-1)=1896$ пар симплексных каналов, т.е. $R^* \approx 1,91R$. Здесь опять в $FB2$ $r=31$, а в $FG2$ только $r^*=24$.

Для топологии квазиполного графа отдельным случаем является вариант с $\sigma^*=k^*/2$, при котором обобщенная сеть может стать 2-каскадной сложенной неблокируемой сетью [8]. Для этого достаточно использовать дуплексные коммутаторы $ВВ$ $(k^*/2) \times k^*$ с $1,5k^*$ дуплексными портами и хребтовые коммутаторы $k^* \times k^*$ с k^* дуплексными портами. Сложность и тех и других задается как $b(k^*)^2$. Число таких коммутаторов задается как $M^*=2k^*-1$.

Сплющивание такой неблокируемой сети порождает неблокируемую сеть $FN2$, объединяющую $N^*=M^*k^*/2=k^*(k^*-1/2)$ абонентов, состоящую из M^* составных коммутаторов с $m^*=2,5k^*-1$ дуплексными портами каждый при сложности $s=2b(k^*)^2$. Она имеет почти одинаковое с $FB2$ энергопотребление и одинаковый диаметр. Каждый составной коммутатор в $FN2$ имеет в два раза большее число портов, чем в $FB2$. Сеть $FN2$ не требует использования специальных алгоритмов маршрутизации [8] и не испытывает сокращения

пропускной способности и увеличения задержек передачи на произвольном равномерном трафике как *FB2*.

5. Заключение.

Рассмотрена модификация топологии сети *FB2*, имеющей наименьший диаметр, осуществляемая практически без изменения числа абонентов (процессоров), диаметра сети и числа используемых каналов, которая обеспечивает более чем двукратное снижение энергопотребления сети за счет использования более мелких коммутаторов. Кроме того, эта модификация позволяет значительно увеличить число абонентов без увеличения диаметра сети при использовании коммутаторов исходного размера.

Модификация сети *FB2* в расширенную сеть *EFB2* состоит в замене топологии полного графа на топологию квазиполного графа или орграфа, осуществляемая за счет введения промежуточного слоя малых коммутаторов.

Предложена новая сплюснутая сеть *FG2*, полученная из 2-каскадной обобщенной сети, которая имеет такой же диаметр как *FB2*, сложность и энергопотребление как *EFB2*, меньшее число портов в каждом составном коммутаторе по сравнению с *FB2*. Она также позволяет значительно увеличить число абонентов сети без увеличения ее диаметра при использовании таких же коммутаторов как в сети *FB2*.

Рассмотрен отдельный вариант сети *FG2*, полученный сплюсыванием нового вида неблокируемой сети – сеть *FN2*. Она имеет одинаковые с *FB2* число узлов, энергопотребление, диаметр и вдвое меньшие задержки передачи, но использует вдвое большее число сетевых портов в составных коммутаторах.

Дальнейшее повышение характеристик сплюснутых обобщенных сетей может быть достигнуто при построении их многошаговых вариантов, т.е. сетей *FGn* и *FNn* с $n > 2$. Но это тема отдельной работы.

Литература

1. КАРАВАЙ М.Ф., ПОДЛАЗОВ В.С. *Метод инвариантного расширения системных сетей многопроцессорных*

- вычислительных систем. Идеальная системная сеть. // *АиТ*. 2010. № 10. С. 166–176.
2. КАРАВАЙ М.Ф., ПОДЛАЗОВ В.С. *Распределенный полный коммутатор как «идеальная» системная сеть для многопроцессорных вычислительных систем Управление большими системами: сборник трудов (электронный журнал)*. М.: Учреждение Российской академии наук ИПУ им. В.А.Трапезникова РАН. 2011. вып. 34. С. 92–116. URL: <http://ubs.mtas.ru/upload/library/UBS3405.pdf>.
3. КАРАВАЙ М.Ф., ПОДЛАЗОВ В.С. *Расширенный обобщенный гиперкуб как отказоустойчивая системная сеть для многопроцессорных систем // Управление большими системами: сборник трудов (электронный журнал)*. М.: Учреждение Российской академии наук ИПУ им. В.А.Трапезникова РАН. 2013. вып. 45. С. 344–371. URL: <http://ubs.mtas.ru/upload/library/UBS4515.pdf>.
4. КАРАВАЙ М.Ф., ПАРХОМЕНКО П.П., ПОДЛАЗОВ В.С. *Комбинаторные методы построения двудольных однородных минимальных квазиполных графов (симметричных блок-схем) // АиТ*. 2009. № 2. С. 153–170.
5. КАРАВАЙ М.Ф., ПОДЛАЗОВ В.С. *Расширенные блок-схемы для идеальных системных сетей // Проблемы управления*. 2012. № 4. С. 45–51.
6. КОРЖ А.А. *Инновационная платформа A-Class для создания мультипетафлопсных систем // Международная суперкомпьютерная конференция «Научный сервис в сети Интернет: многообразие суперкомпьютерных миров»*. Новороссийск. 2014. Пленарный доклад. Устное сообщение.
7. ПОДЛАЗОВ В.С., СОКОЛОВ В.В. *Обобщенные сети Клоза // АиТ*. 2009. № 10. С. 158–170.
8. ПОДЛАЗОВ В.С. *Новый вид неблокируемой сети // АиТ*. 2014. № 10. С. 139–152.
9. KIM J., DALLY W. J. AND ABTS D. *Flattened Butterfly: A Cost-Efficiently Topology for High-Radix Networks // URL: http://www.cs.berkeley.edu/~kubitron/courses/cs258-S08/handouts/papers/ISCA_FBFly.pdf*.
10. SCOTT S., ABTS D., KIM J. AND DALLY W. *The Black Widow High-radix Clos Network // Proc. 33rd Intern. Symp. Comp.*

Arch. (ISCA'2006). 2006. URL: <http://cva.stanford.edu/people/jjk12/isca06.pdf>.

TOPOLOGICAL CAPABILITIES OF FLATTENED NETWORKS

Mikhail Karavay, Institute of Control Sciences of RAS, Moscow, Doctor of Science, assistant professor (mkaravay@ipu.ru, Moscow, Profsoyuznaya st., 65, (495)334-90-00).

Viktor Podlazov, Institute of Control Sciences of RAS, Moscow, Doctor of Science, assistant professor (podlazov@ipu.ru, Moscow, Profsoyuznaya st., 65, (495)334-78-31).

Abstract: A few 2-step flattened system-area networks with more better features comparing to Flattened Butterfly network are considered.

Keywords: system-area networks, flattened networks, full graphs, quasy full graphs and digraphs, generalized Clos networks, complexity and power consumption, number of abonets (processors), diameter, switching features.