

Информационные системы и технологии

УДК 621.396.679.4

Кластерная многопользовательская система MIMO на кристалле на основе пирамидальных наносхем

А.В. Борисов, канд. техн. наук, **Д.В. Слюсар**

Национальный технический университет Украины “Киевский политехнический институт”, пр. Победы, 37, Киев-56, 03056, Украина.

Предложена кластерная структура многопользовательской беспроводной сети передачи данных на кристалле (WiNoC, Wireless Network on Chip), состоящая из разночастотных N-элементных кластеров, сформированных одинаковыми уровнями пирамидальных наносхем с вертикально и горизонтально расположенными антенными решетками из вибраторов. Библ. 4, рис. 8.

Ключевые слова: наносхемы, nanoантенные решетки, беспроводные сети на кристалле (WiNoC), технологии MIMO та MultiUser MIMO.

Введение

В последнее время одной из актуальных научных задач является теоретическая проработка вопросов создания беспроводных сетей на чипе (Wireless Network on Chip, WiNoC), функционирующих в диапазонах от десятков ГГц до сотен ТГц [1], [2]. Для обеспечения высокой скорости передачи данных внутри таких WiNoC заслуживает внимания использование методов MIMO (Multiple-Input and Multiple-Output, множественный вход — множественный выход) и MultiUser MIMO (мульти-MIMO), пример использования которых в nano-WiNoC рассмотрен в [3].

Для реализации беспроводных сетей на кристалле (WiNoC) целесообразно применить многослойную топологию наносхем с формированием пирамидальных конструкций наностанций [4]. В свою очередь, это позволяет для передачи данных использовать многопользовательскую технологию MIMO с частотным разделением MIMO-сетей на чипе. В работе для обеспечения передачи данных на разных несущих частотах предложено использование кластерной технологии для формирования разночастотных N-элементных кластеров MIMO с вертикально и горизонтально расположенными антенными решетками из nanoантенн.

Целью статьи является применение кластерной технологии для формирования разночастотных N-элементных кластеров MIMO из одинаковых уровней пирамидальных наносхем с вертикально и горизонтально расположенными антенными решетками из вибраторов, реализующих беспроводную передачу данных в сети на кристалле, при различных вариантах размещения N-элементного кластера наносхем внутри корпуса SoC.

Многопользовательская система MIMO на кристалле

В рамках предлагаемой структуры WiNoC в разных уровнях пирамидальных наносхем может располагаться неодинаковое количество антенн, имеющих в своем составе различное количество элементов для обеспечения передачи данных на разных несущих частотах. Дифференциация по уровням пирамиды структуры решеток позволяет эффективно использовать кластерную технологию формирования многопользовательских систем MIMO (мульти-MIMO), образующих WiNoC. Для иллюстрации этих возможностей обратимся к случаю размещения в уровнях идентичных по форме пирамидальных наносхем различного количества антенн Уда-Яги.

В качестве примера в развитие [4] рассмотрим многопользовательскую систему MIMO (мульти-MIMO) по схеме $N \times L \times T \times R$, где N – количество узлов пирамидальных наносхем, L – количество ярусов, T – количество передающих элементов в антенной решетке отдельно взятой грани пирамиды, R – количество приемных элементов в антенной решетке. На рис. 1 представлена топология WiNoC, в которой $N=4$ и $L=3$, то есть, WiNoC содержит четыре трехъярусных пирамидальных узла ($N=4$). На пьедестале первого уровня в каждой грани четырехгранной пирамиды расположены 4-элементные антенные решетки на основе излучателей Уда-Яги, реализующие с аналогичными по конструк-

ции взаимодействующими узлами чипа каналы передачи по схеме $N \times 4 \times 4$. При этом используется длина волны λ_1 . Во втором ярусе пирамиды, имеющем меньшую полезную площадь, в каждой из граней размещено по две антенны Уда-Яги, обеспечивающих формирование мульти-MIMO сети формата $N \times 2 \times 2$ в ином диапазоне частот, например, большей длины волны λ_2 . На третьем ярусе наносхем расположены печатные антенны, обеспечивающие обмен данными с макроуровнем.

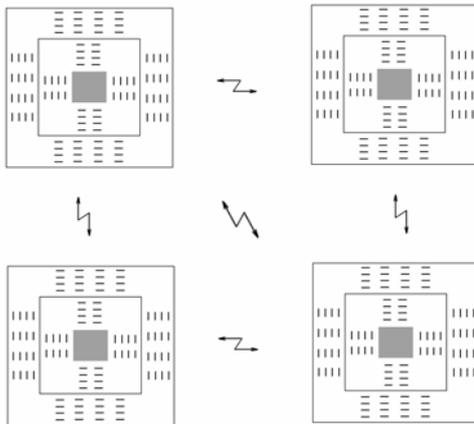


Рис. 1. WiNoC по принципу мульти-MIMO

В общем случае в разных уровнях пирамидальной наносхемы могут использоваться разнотипные антенны (вибраторы, Уда-Яги и т.д.), чередоваться плоские и линейные решетки с разным количеством излучателей при различной длине пьедесталов пирамиды. Это позволяет задействовать разные диапазоны частот в уровнях для реализации частотного разделения каналов и улучшения электромагнитной совместимости наносхем многопользовательской системы MIMO внутри чипа.

Возможен вариант объединения в одной пирамидальной конструкции наносхемы различных вариантов размещения антенн: на вертикальных стенках и пьедесталах (ступах) нескольких уровней пирамиды (рис. 2). При этом вертикальные антенные решетки обеспечивают связь между наносхемами, а горизонтально ориентированные печатные антенны на пьедесталах позволяют реализовать совместную связь с макроуровнем.

Кластер для передачи данных внутри WiNoC может быть сформирован одинаковыми уровнями нескольких пирамидальных наносхем (рис. 2, 3). Это позволит использовать сравнительно низкочастотное излучение внутри кристалла при передаче данных между удаленными периферийными участками чипа.

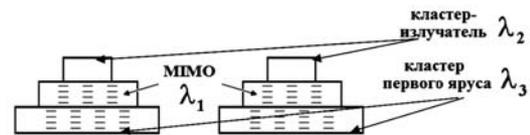


Рис. 2. Формирование разночастотных кластеров MIMO из одинаковых уровней пирамидальных наносхем с вертикально расположенными антенными решетками из вибраторов



Рис. 3. Разделение кластеров MIMO по уровням пирамидальных наносхем с горизонтально расположенными антеннами Уда-Яги

В четырехэлементных кластерах, аналогичных приведенному на рис.1, передача данных может осуществляться как одиночными гранями пирамид, так и парой их соседних граней одновременно (при связи между наносхемами, расположенными на диагоналях кластера). В этом случае одна грань передает, а другая принимает сигналы, либо используется режим одновременного излучения сигналов обеими гранями для повышения пропускной способности канала передачи данных (рис. 4).

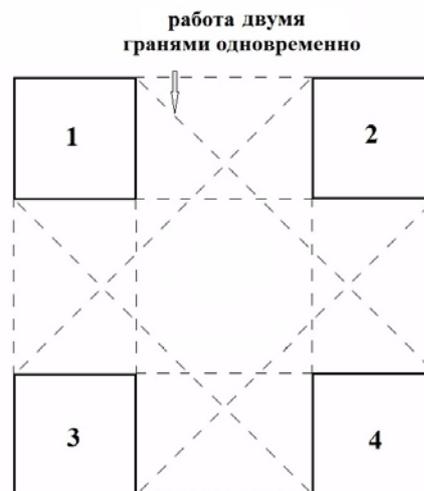


Рис. 4. Секторы передачи данных с использованием двух граней пирамидальных решеток одновременно

Этот же принцип следует использовать и для передачи данных внутри пятиэлементного кластера, центральная схема которого выполняет функции центральной базовой станции WiNoC (рис. 5, 6).

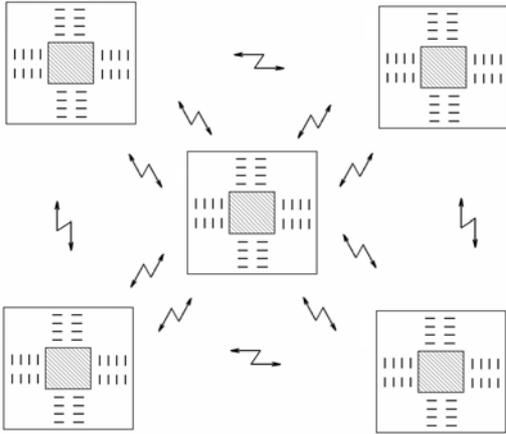


Рис. 5. Пятиэлементный кластер с центральной базовой станцией

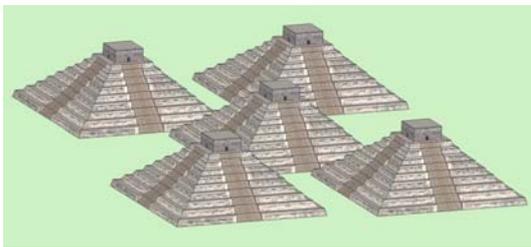


Рис. 6. Пятиэлементный кластер с многоуровневыми наносхемами

При 5-элементной топологии кластера возможен также вариант, когда две грани периферийных пирамид осуществляют передачу сигналов на одну грань в центральной пирамиде (рис. 7).

Схема размещения 5-элементного кластера наносхем внутри корпуса SoC приведена на рис. 8 (цифрами обозначены наносхемы пирамидальной формы). Важно подчеркнуть, что для сокращения количества переотражений электромагнитных волн целесообразно на внутренней поверхности стенок корпуса наносить радиопоглощающие покрытия.

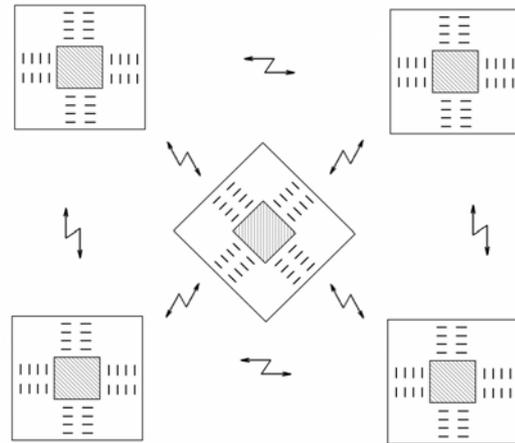


Рис. 7. Связь по принципу “одна грань в центре – две грани на периферии”

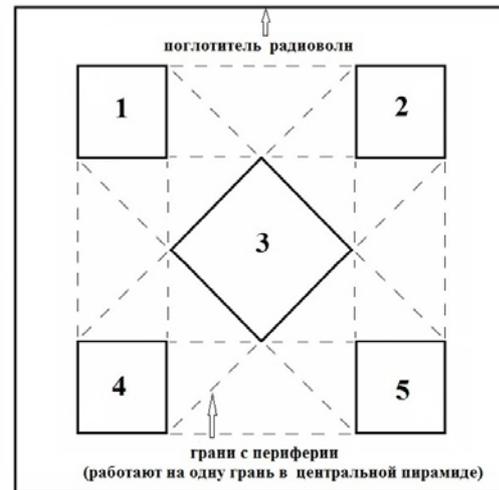


Рис. 8. Схема размещения 5-элементного кластера наносхем внутри корпуса SoC

В общем случае пирамидальные наносхемы внутри WiNoC могут иметь разную высоту уровней и самих пирамид в целом, а также различный наклон граней. Например, в центре кристалла обеспечивается минимальная высота пирамид, на периферии – максимальная. Возможно также противоположное по замыслу решение, когда в центре микросхемы располагается наносхема максимальной высоты, а к периферии идет снижение их уровней. Наносхемы одинаковой (максимальной) “этажности” перемежаются с учетом конфигурации подсетей на кристалле. При этом чередуются однослойные наносхемы с расположенными на них антенна -

ми і пірамідальні башні. Вибір того или иного варианта из перечисленных решений обусловлен стремлением снизить влияние затенения пирамидальных структур друг другом. С этой же целью наклон граней может адаптивно изменяться по высоте нанопирамид и от пирамиды к пирамиде, тем самым в процесс проектирования WiNoC вносится дополнительная степень свободы, обеспечивающая оптимизацию условий распространения радиоволн внутри чипа.

Выводы

Предложенная кластерная многопользовательская система MIMO на кристалле на основе пирамидальных наносхем с вертикально и горизонтально расположенными решетками антен позволяет реализовать высокоскоростную беспроводную сеть на кристалле в терагерцовом диапазоне волн за счет использования пирамидальных антенных конструкций. Оптимизация параметров конструкций наносхем в кластерах, а также их электродинамическое моделирование являются предметом дальнейших исследований.

Литература

1. *Amlan Ganguly, Kevin Chang, Partha Pratim Pande, Benjamin Belzer, Alireza Nojeh.* Performance Evaluation of Wireless Networks on Chip Architectures. // 10th Int'l Symposium on Quality Electronic Design. – 16 – 18 March 2009. – Pp. 350 – 355.
2. *Partha Pratim Pande, Amlan Ganguly, Kevin Chang, Christof Teuscher.* Hybrid Wireless Network on Chip: A New Paradigm in Multi-Core Design. // NoCArc 2009. - December 12, 2009, New York, USA. - <http://www.diiit.unict.it/users/mpalesi/nocarc09/slides/pande.pdf>.
3. *Слюсар В.И., Слюсар Д.В.* Метод мульти-MIMO для беспроводной сети на чипе. // VII міжнародна науково-технічна конференція студентства і молоді „Світ інформації та телекомунікацій – 2010” (15- 16 квітня 2010 р.). – Київ: ДУІКТ. - С. 53 – 54. - http://www.slyusar.kiev.ua/DUIKT_kniga_buklet_4.pdf.
4. *Слюсар В.И., Слюсар Д.В.* Многопользовательская система MIMO на кристалле. // Пятая Международная конференция «Проблемы телекоммуникаций – 2011» (ПТ-11), посвященная Дню науки и Всемирному дню телекоммуникаций, Киев. – 19 - 22 апреля 2011 г. - С. 76.

УДК 621.396.679.4

Кластерна багатокористувальницька система MIMO на кристалі на основі пірамідальних наносхем

О.В. Борисов, канд. техн. наук, **Д.В. Слюсар**

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»,
вул. Політехнічна, 16, корпус № 12, м.Київ, 03056, Україна.

Запропонована кластерна структура багатокористувальницької безпроводної мережі передачі даних на кристалі (WiNoC, Wireless Network on Chip), що складається з різночастотних N-елементних кластерів, утворених однаковими рівнями пірамідальних наносхем з вертикально і горизонтально розташованими антенними решітками з вібраторів. Бібл. 4, рис. 8.

Ключові слова: наносхеми, наноантенні решітки, безпроводні мережі на кристалі (WiNoC), технології MIMO та MultiUser MIMO.

UDC 621.396.679.4

Cluster multiuser MIMO system on chip based on pyramidal nanocircuits

O.V.Borisov, Ph. D., **D.V. Sliusar**

National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute»,
st. Polytechnical, 16, Kiev, 03056, Ukraine.

The cluster multi-user WiNoC consisting of the set of multi-frequency N-element clusters of identical levels of pyramidal nanonodes with vertically and horizontally located antenna arrays of vibrators which stand for realisation of wireless data transmission in the networks on the chip is presented in this paper. Ref. 4, figure 8.

Keywords: *nanocircuits, nanoantenna arrays, Wireless Network on Chip (WiNoC), MIMO technology and MultiUser MIMO.*

References

1. *Amlan Ganguly, Kevin Chang, Partha Pratim Pande, Benjamin Belzer, Alireza Nojeh.* (2009), "Performance Evaluation of Wireless Networks on Chip Architectures". 10th Int'l Symposium on Quality Electronic Design. Pp. 350 – 355.
2. *Partha Pratim Pande, Amlan Ganguly, Kevin Chang, Christof Teuscher.* (2009), "Hybrid Wireless Network on Chip: A New Paradigm in Multi-Core Design". NoCArc. December. New York, USA. <http://www.diit.unict.it/users/mpalesi/nocarc09/slides/pande.pdf>.
3. *Slyusar V.I., Sliusar D.V.* (2010), "Multi-MIMO technology for Wireless Network on Chip". VII International Scientific Conference of students and youth "World of Information and Telecommunications - 2010". April. Kyiv: DUICT. Pp. 53 – 54. - http://www.slyusar.kiev.ua/DUIKT_kniga_buklet4.pdf. (Rus)
4. *Slyusar V.I., Sliusar D.V.* (2011), "Multi-user MIMO system on a chip". The Fifth International Conference "Problems of Telecommunications - 2011" (PT-11). April. Kiev. P. 76. (Rus)

Поступила в редакцию 02 апреля 2013 г.