

МУРАВЬИНАЯ МАРШРУТИЗАЦИЯ В СЕТЯХ НА КРИСТАЛЛАХ

Ю.В. Ладыженский, В.А. Мирецкая

Донецкий Национальный Технический Университет

В статье рассматривается применение муравьиного алгоритма AntNet для маршрутизации данных в сетях на кристалле. Приводится обобщение алгоритма для использования в однородных сетях на кристалле с любым количеством соединений между маршрутизаторами. Разработаны схемы, реализующие основные функции алгоритма.

Введение. Реализация в сверхбольших интегральных схемах (VLSI) архитектуры межкомпонентного соединения с помощью сетей на кристаллах позволяет создавать гибкие, программируемые и реконфигурируемые сети на процессоре [1]. Основные требования, предъявляемые к таким системам: малое потребление энергии и невысокая стоимость.

В работе [2] представлена схема маршрутизации в сетях на кристаллах, использующая алгоритм AntNet (см. [3]). Применение распределенного муравьиного алгоритма к маршрутизации данных в таких сетях уменьшает количество точек скученности (hot-spot), часто возникающих при так называемом «тяжелом трафике».

Алгоритм, описанный в [2], применим для сетей с однородной структурой маршрутизаторов, в которой каждый маршрутизатор соединен с соседними маршрутизаторами через четыре канала связи.

В статье приводится обобщение алгоритма для использования в сетях с любым количеством соединений между маршрутизаторами. Разработаны схемы, реализующие основные функции алгоритма.

Применение алгоритма antnet к сетям на кристаллах. Алгоритм AntNet [3] позволяет избежать перегрузок и появления точек скученности в сети, что является одной из основных проблем маршрутизации.

Агенты (муравьи), которые участвуют в исследовании сети, используют вероятностные правила выбора маршрутов и вероятностные таблицы маршрутизации [3].

Для упрощения использования вероятностей в аппаратной реализации предложено [2] кодировать значения вероятности целыми

числами в диапазоне $[0, 4]$ (вероятность $p=0.25$ кодируется числом 1, вероятность 0.5 – числом 2 и т.д.), вместо привычного диапазона $[0,1]$. Значение 4 соответствует количеству линий связи исходящих из узлов. Однако в [2] используется только один тип сетей на кристаллах – тип Torus (см. рис 1). В [4] описаны сети, в которых количество направлений, в общем случае не равно 4. Соответственно верхняя граница диапазона вероятностей будет изменяться. Пусть Dir – количество направлений, по которым маршрутизатор может отправлять пакеты другим маршрутизаторам, тогда вероятность $P \in [0..1]$ можно закодировать целыми числами $[0..Dir]$, т.е. код $c \in [0..Dir]$ соответствует вероятности $P=c/Dir$.

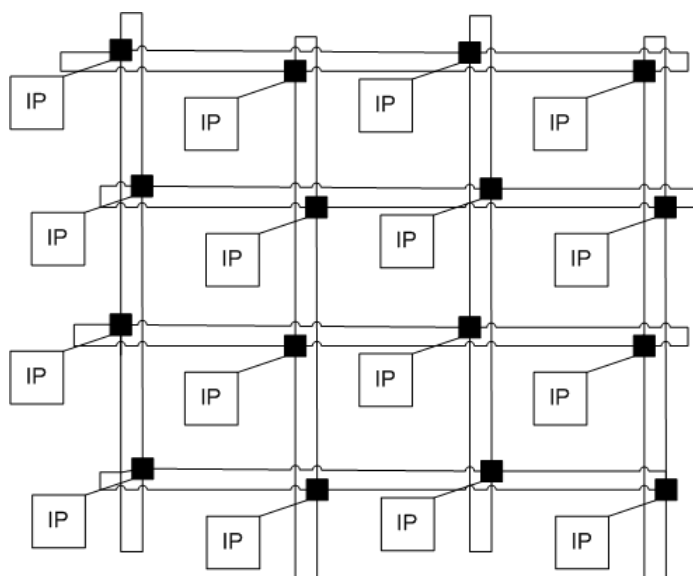


Рис. 1 – Сеть на кристаллах типа Torus

При движении муравья для выбора следующего узла используется формула [3]:

$$P'_{nd} = \frac{P_{nd} + \alpha \cdot l_n}{1 + \alpha(N_k - 1)} \quad (1)$$

где P_{nd} – значение из таблицы маршрутизации, определяющее вероятность достижения из текущего узла k узла d через узел n ; α – весовой коэффициент, $\alpha \in [0.2; 0.5]$; l_n – состояние очереди пакетов между текущим узлом и узлом n ; N_k – количество узлов соседних с k узлом.

Для упрощения аппаратной реализации формулы (1) в сетях на кристаллах в [2] предлагается использовать следующие значения: $\alpha = 1/3$, $N_k = 2$.

Учитывая определенный выше параметр Dir , формулу (1) можно привести к виду:

$$P'_{jd} = \frac{3 \times P_{jd} + L_j}{2 + N_k} = \frac{3 \times P_{jd} + L_j}{2 + Dir} \quad (2)$$

Для обновления таблиц маршрутизации в оригинальном алгоритме AntNet используются формулы [3]:

$$P_{fd'} := P_{fd'} + r \cdot (1 - P_{fd'}) \quad (3)$$

$$P_{nd'} := P_{nd'} - r \cdot P_{nd'}, \quad n \in N_k, n \neq f, \quad (4)$$

где $r \in (0, 1]$ – коэффициент стабилизации, аналог феромонов. В [2] предложено вместо коэффициента стабилизации использовать состояние перегрузки узла – CS (congestion status). Значение CS определяется как сумма четырех Флагов Перегрузки (CF), т.е. CS – целое число, $CS \in [0, 4]$. Каждый из флагов соответствует своему направлению в сети.

Для сетей с количеством направлений отличающихся от 4-х, значение CS будет определяться как $CS = \sum_{i=1}^{Dir} CF_i$. Коэффициент стабилизации $r = (Dir - CS) / Dir$. Таким образом, формулы (3) и (4) могут быть модифицированы:

$$P'_{fd} = P_{fd} + \frac{(Dir - CS) \cdot (Dir - P_{fd})}{Dir} = Dir - CS + CS \cdot P_{fd} \cdot Dir^{-1} \quad (5)$$

$$P'_{nd} = P_{nd} - \frac{(Dir - CS) \cdot P_{nd}}{Dir} = CS \cdot P_{nd} \cdot Dir^{-1}, \text{ для } \forall n \neq f \quad (6)$$

Это преобразование позволяет реализовать совмещенную схему для вычисления значений двух формул. Т.е. блок вычисления P'_{nd} является составной частью блока вычисления P'_{fd} (см. рис. 2).

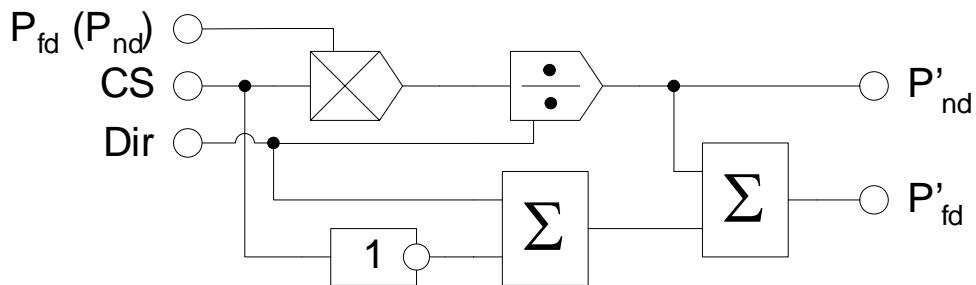


Рис. 2 – Блок обновления ячейки таблицы маршрутизации

В [2] для перехода F-муравья в следующий узел используется концепция «популярного узла», то есть такого узла, в который наиболее часто отправляются пакеты. Количество битов,

необходимых для кодирования адреса узла, зависит от количества узлов в сети.

В [2] в F-муравьях сохраняется путь их движения как список идентификаторов узлов, которые прошел муравей. Поэтому для отправки В-муравья каждый узел должен определять направление перемещения этого муравья по идентификатору узла. Это усложняет схему обработки В-муравьев. Вместо этого предлагается хранить в F-муравье последовательность закодированных направлений перемещений муравья. Направления должны быть закодированы таким образом, чтобы направление с кодом cd было противоположным направлению с кодом \overline{cd} . Например, для сети типа Torus (4 направления, называются Север, Юг, Запад, Восток [1]): Север – 00, Юг – 11, Запад – 01, Восток – 10. Такое решение упрощает схему выбора направления перемещения В-муравьев: для определения направления, необходимо инвертировать значение из маршрута F-муравья. Кроме того, уменьшается длина пакетов-муравьев.

Заключение. Использование сетей на кристаллах позволяет создавать гибкие, программируемые и реконфигурируемые сети на процессоре, к которым могут быть применены те же методы маршрутизации, что и к обычным компьютерным сетям. Алгоритм AntNet хорошо зарекомендовал себя как алгоритм, позволяющий равномерно распределить трафик по сети и, таким образом, избежать перегрузок [5, 6] и возникновения точек скученности данных.

Как показано в [2] использование этого алгоритма для сетей на кристаллах уменьшает среднюю задержку пакетов, и уменьшает вероятность возникновения точек скученности, особенно для модели трафика, приближенной к реальной.

Разработано обобщение алгоритма AntNet для использования в сетях с любым количеством соединений между маршрутизаторами. Разработаны схемы, реализующие основные функции алгоритма.

В будущем планируется провести исследование алгоритма AntNet, который не использует F-муравьев, т.е. функции F-муравьев выполняются В-муравьями. Предполагается, что это позволит снизить загрузку сети пакетами, не несущими полезных данных, передаваемых между ядрами процессора, и не приведет к значительной потере эффективности алгоритма.

Литература

[1] Dally W. J., Towles B. Route packets, not wires: on-chip interconnection Networks in Proc. DAC. - June 2001 - pp. 684-689.

[2] Daneshtalab M., Sobhani A., Mottaghi M. D., Kusha A.A., Navabi Z., Fatemi O. Ant Colony Based Routing Architecture for Minimizing Hot Spots in NOCs // Proceedings of the 19th annual symposium on Integrated circuits and systems design. 2006. P. 56-61

[3] Di Caro G., Dorigo M. AntNet: Distributed Stigmergetic Control for Communications Networks: Journal of Artificial Intelligence Research. 1998. №9. P. 317-365.

[4] V. Hahanov, O. Yegorov, K. Mostova. NoCs Design For Verification: Electronics and Electrical engineering. 2007. No. 3(75). P. 45-48.

[5] Ладыженский Ю.В., Мирецкая В.А. Исследование динамических алгоритмов маршрутизации в компьютерных сетях //Современные проблемы и достижения в области радиотехники, телекоммуникаций и информационных технологий: Тезисы докладов Международной научно-практической конференции, г. Запорожье, 13-15 апреля 2006г. – Запорожье, ЗНТУ, 2006. – С.163-165.

[6] Ладыженский Ю.В., Мирецкая В.А. ИССЛЕДОВАНИЕ МУРАВЬИНЫХ АЛГОРИТМОВ МАРШРУТИЗАЦИИ В КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЯХ // ИНТЕРНЕТ-ОСВІТА-НАУКА-2006, п'ята міжнародна конференція ІОН-2006, 10-14 жовтня, 2006. Збірник матеріалів конференції. Том 2. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця. 2006. С. 375-377.

Работа поступила в редакцию 24.05.07.