

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ИНТЕРВАЛЬНОГО ГОЛОСОВАНИЯ ДЛЯ СИНХРОНИЗАЦИИ РЕЖИМОВ СНА И БОДРСТВОВАНИЯ УЗЛОВ БЕСПРОВОДНОЙ СЕНСОРНОЙ СЕТИ

Худоногова Л.И.

Научный руководитель: Муравьев С.В., профессор, д.т.н.
Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30, 634050
E-mail: likhud@tpu.ru

INTERVAL VOTING TECHNIQUE FOR ACTIVE AND DORMANT STATE SYNCHRONIZATION OF THE NODES IN WSN

Khudonogova L.I.

Scientific Supervisor: Prof., Dr. Muravyov S.V.
Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050
E-mail: likhud@tpu.ru

Energy conservation is one of the main issues of WSN research. To save energy and prolong sensor nodes lives, nodes operate in a duty-cycling work mode. Synchronous duty-cycling protocols require time synchronization in order to enable nodes to simultaneously sleep and wake up. In this paper, a method for nodes synchronization based on interval voting is proposed. The method allows to obtain consensus relation in a form of interval by means of sensor data fusion technique and apply it for nodes synchronization, thus solving a problem of choosing reference time node.

Введение

Одним из инструментов для решения проблемы согласования неточных, неполных или противоречивых данных, полученных от разных источников, является голосование [1]. В данной статье под проблемой голосования понимается нахождение ранжирования консенсуса для m ранжирований (избирателей) n кандидатов (альтернатив) из множества $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$, причем каждое ранжирование $\lambda = \{a_1 \succ a_2 \succ \dots \sim a_s \dots \sim a_n\}$ может включать \succ , строгое отношение предпочтения π , и \sim , отношение эквивалентности ν , такие что $\lambda = \pi \cup \nu$. Под консенсусом понимается такое ранжирование, которое по возможности равноудалено от всех m исходных ранжирований. Одним из широко используемых принципов нахождения отношения консенсуса является счет Борда. Суть принципа Борда состоит в следующем: каждый участник расставляет альтернативы в порядке предпочтения, формируя ранжирование; альтернативам в каждом ранжировании присваиваются ранги, т.е. последней альтернативе в ранжировании присваивается ранг равный нулю, а первой – ранг $(n - 1)$ при общем числе альтернатив n . Ранги, приписываемые каждой альтернативе, суммируются, и ее место в итоговом ранжировании определяется полученной суммой [2].

Правила и порядок, по которым определяется результат голосования, называются *алгоритмом голосования*. От выбора алгоритма голосования напрямую зависят энергетические затраты, скорость и надежность процесса голосования. В статье предлагается использовать алгоритмы голосования при агрегировании данных в распределенных измерительных информационных системах для решения проблемы энергосбережения.

Интервальное голосование

Одной из перспективных разновидностей алгоритмов голосования является *интервальное голосование*. Каждый участник голосования представляет свое мнение в виде не отдельно взятого значения, а интервала значений на вещественной оси, и все значения из этого интервала (альтернативы) являются одинаково подходящими с точки зрения участника. Данный тип алгоритма обладает важными преимуществами в контексте его применения в распределенных системах по сравнению с алгоритмами, в которых мнения представляют собой одно конкретное значение. Использование интервалов позволяет участнику

не ограничиваться одним значением, если несколько альтернатив представляются ему одинаково предпочтительными. Кроме того, при интервальном подходе посредством процесса агрегирования границы результирующего интервала часто могут быть найдены с большей точностью [3].

В большинстве работ [1, 3, 4], посвященных интервальному голосованию, интервал описывается своими верхней и нижней границами, т.е. наименьшим и наибольшим значением из ряда альтернатив. В данной статье рассматривается принципиально новый подход, предлагающий описывать интервал на основе ранжирования альтернатив, которое может включать строгое отношение предпочтения и отношение эквивалентности.

Пусть имеется m участников голосования, и каждый участник предлагает некоторый интервал, который по его мнению содержит наиболее предпочтительные значения. Все множество полученных интервалов обозначим за $I = \{i_1, i_2, \dots, i_m\}$. Каждый интервал располагается на числовой прямой конечной длины (рис.1). Разделим прямую на n отрезков равной длины, присвоив верхней границе каждого отрезка значение из множества альтернатив $A = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$. Теперь сформируем множество отношений предпочтения $\Lambda = \{\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m\}$, где каждое из m ранжирований $\lambda = \{a_1 > a_2 > \dots \sim a_s \sim \dots \sim a_n\}$ характеризуется строгим отношением предпочтения или отношением эквивалентности между альтернативами a . Если значение a попадает в интервал i , оно находится в отношении строгого предпочтения к альтернативам, остающимся за пределами интервала, и ставится на первое место в ранжировании для соответствующего участника.

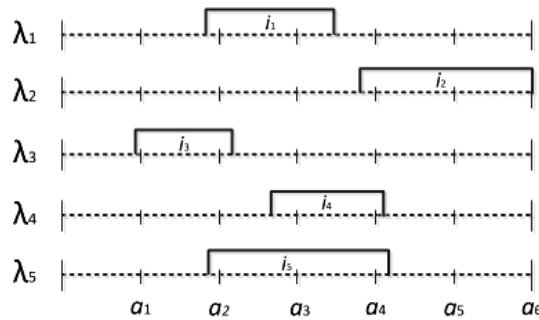


Рис. 1. Интервальное голосование с числом участников $m = 5$ и числом отрезков $n = 6$

Пусть число участников голосования $m = 5$, а число отрезков $n = 6$ (Рис.1). Тогда для каждого интервала, приведенного на рис.1, получим следующие ранжирования:

$\lambda_1: a_2 \sim a_3 > a_1 \sim a_4 \sim a_5 \sim a_6$; $\lambda_2: a_4 \sim a_5 \sim a_6 > a_1 \sim a_2 \sim a_3$; $\lambda_3: a_1 \sim a_2 > a_3 \sim a_4 \sim a_5 \sim a_6$; $\lambda_4: a_3 \sim a_4 > a_1 \sim a_2 \sim a_5 \sim a_6$; $\lambda_5: a_2 \sim a_3 \sim a_4 > a_1 \sim a_5 \sim a_6$.

Применяя счет Борда, получаем суммарные ранги, представленные в таблице 1.

Таблица 1

Суммарные ранги альтернатив

Альтернатива	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6
Суммарный ранг	1	3	3	3	1	1

Отношение консенсуса имеет вид:

$$\beta: a_2 \sim a_3 \sim a_4 > a_1 \sim a_5 \sim a_6.$$

Таким образом, результатом голосования является интервал, содержащий альтернативы $\{a_2, a_3, a_4\}$.

Применение интервального голосования для синхронизации работы узлов беспроводной сенсорной сети

Одной из важнейших задач, стоящих перед разработчиками беспроводных сенсорных сетей (БСС), является сохранение энергии при взаимодействии узлов сети. Поскольку узлы БСС имеют автономное питание, и замена источника питания обычно затруднительна, запас их энергии, и следовательно, время

жизни, ограничены. Для снижения энергопотребления БСС было предложено задействовать *циклический режим работы*, при котором радиомодуль узла находится то в активном, то в спящем режиме [5]. Циклический режим работы был реализован в ряде протоколов MAC-уровня, которые могут быть разделены на два типа: синхронные и асинхронные. В синхронных протоколах узлы «засыпают» и «просыпаются» одновременно. Основной проблемой таких протоколов является необходимость во временной синхронизации узлов, которая обычно сопряжена с большими затратами на коммуникацию и сложными вычислениями. Большинство предложенных алгоритмов используют синхронизацию, основанную на точечных временных оценках, однако такой подход требует дополнительной информации о качестве оценки. Кроме того, из-за дрейфа показаний локального времени на узлах использование точечных оценок часто оказывается неэффективным. Еще одна проблема состоит в том, что не всегда понятно, время какого узла использовать за опорное.

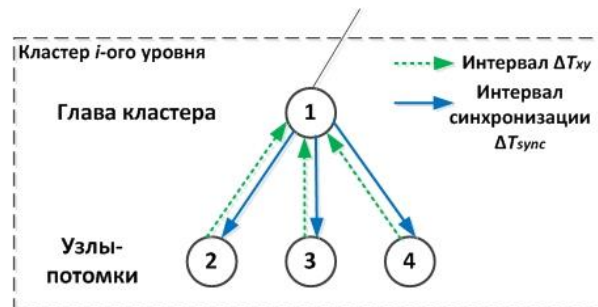


Рис.2. Схема временной синхронизации узлов в *i*-ом кластере

Интервальный подход, основанный на агрегировании временных интервалов, полученных от узлов, позволяет найти гарантированные временные границы и решает вопрос о том, какое время считать опорным. Пусть БСС имеет древовидную кластерную топологию. Для упрощенного представления будем рассматривать временную синхронизацию узлов в одном кластере (рис. 2). Узлы 2, 3 и 4 фиксируют интервал между двумя событиями x и y : $\Delta T_{xy} = t_y - t_x$, где t_x и t_y – время происхождения событий x и y соответственно. Все узлы кластера отправляют полученные интервалы узлу 1. Узел 1 запускает алгоритм агрегирования и находит отношение консенсуса, которое будет представлять собой точно выраженный оптимальный временной интервал ΔT_{sync} , который передается узлам 2, 3 и 4 для временной синхронизации в кластере.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Muravyov S., Tao S., Chan M.C., Tarakanov E. Consensus rankings in prioritized converge-cast scheme for wireless sensor network // *Ad Hoc Networks*, vol. 24. – 2015. – P. 160–171.
2. Parhami B. Voting: A Paradigm for Adjudication and Data Fusion in Dependable Systems // *Dependable Computing Systems: Paradigms, Performance Issues, & Applications*. – Wiley – 2005. – P. 87-114.
3. Parhami B. Distributed Interval Voting with Node Failures of Various Types // *Proceedings of the 21st International Parallel and Distributed Processing Symposium*. – March 2007. – Long Beach, USA. – P. 1–7.
4. Berg D.E., Norine S., Su F.E., Thomas R., Wollan P. Voting in Agreeable Societies // *The American Mathematical Monthly* 117, vol.1. – 2010. – P. 27-39.
5. Ye W., Heidemann J., Estrin D. An energy-efficient MAC protocol for wireless sensor networks // *Proceedings of IEEE Infocom*. – 2002. – P. 1567–1576.