

АНАЛИЗ МЕТОДА ОТКАЗОУСТОЙЧИВОЙ ИНТЕГРАЦИИ АБСТРАКТНЫХ ОЦЕНОК ДАТЧИКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДЕКОМПОЗИЦИИ С НЕСКОЛЬКИМИ РЕШЕНИЯМИ

С. В. Иваница, Д. Д. Иванников
Донецкий национальный технический университет
E-mail: neonomontig@gmail.com

Аннотация

В данной статье рассмотрен метод применения идеи мультирешения к задаче отказоустойчивого интегрирования абстрактных оценок датчиков, когда число датчиков очень мало, а большое количество неисправностей датчиков незначительно. Приведен в пример оптимальный алгоритм $O(N \log N)$, где N - общее количество датчиков, которые эффективно реализует эту идею.

Введение

Проблема распределенной обработки датчиков в контексте распределенных сенсорных сетей включает в себя проблему отказоустойчивой интеграции информации от нескольких датчиков.

Методы интеграции отказоустойчивых датчиков должны быть надежными в том смысле, что даже если некоторые из датчиков неисправны, интегрированный выходной сигнал все равно должен быть надежным. В этой статье рассмотрен метод интеграции датчиков с использованием способов декомпозиции, с несколькими разрешениями. Декомпозиция с несколькими разрешениями - это изображение декомпозиция в частотных каналах с постоянной полосой пропускания в логарифмическом масштабе. Преобразования с несколькими разрешениями были в центре внимания обширных исследований после работы Розенфельда и Терстона [1] по обнаружению многомасштабных краев. Детали изображения характеризуют различные типы физических объектов в разных масштабах. В то время как при грубом разрешении можно различить грубые формы крупных объектов на изображении, точные контуры, текстуры и мелкие детали можно различить при последовательно более высоких разрешениях. Мультиразрешение представления предлагают простую иерархическую структуру для интерпретации информации об изображении. Аппроксимация сигнала f с разрешением r определяется как оценка, полученная путем равномерной выборки f , r раз на единицу длины. Танимото и Павлидис [2] разработали эффективные алгоритмы для вычисления аппроксимации функции при различных разрешениях. В этой статье обозначен метод применения идеи мультирешения к проблеме отказоустойчивой интеграции

абстрактной оценки датчиков, когда в огромном количестве датчиков большинство датчиков отключаются вручную. Идея, по сути, состоит в построении простой функции из выходных данных датчиков в кластере и разрешении этой функции в различных последовательно более мелких масштабах, чтобы изолировать область, над которой расположены правильные датчики. Приведен оптимальный алгоритм, который эффективно реализует эту идею.

Суть метода

Распределенная сенсорная сеть состоит из пространственно-распределенных датчиков, которые обнаруживают и количественно оценивают определенное явление по его изменяющимся параметрам. Показания датчиков отправляются через регулярные промежутки времени в блоки обработки, которые объединяют эти показания и выдают выходные данные, природа которых во многом совпадает с входными данными датчиков. Выходные данные процессоров, представляющих кластеры датчиков, позже интегрируются, чтобы получить полную картину пространственно-распределенного явления. Однако, прежде чем интеграция будет выполнена на уровне процессора необходимо иметь надежные оценки для каждого процессора. Каждый датчик в кластере измеряет один и тот же параметр. Возможно, что некоторые из этих датчиков неисправны. Следовательно, желательно использовать эту избыточность показаний в кластере для получения правильной оценки считываемых параметров. Короче говоря, требуется отказоустойчивый метод интеграции датчиков для получения правильной оценки.

Манулло [3] рассмотрел проблему отказоустойчивого интегрирования абстрактных

интервальных оценок и обобщил его оценки для многомерных датчиков [4].

Чтобы получить метод отказоустойчивой интеграции датчиков для динамических приложений реального времени, была проанализирована функция перекрытия, которая введена в [5], используя методы декомпозиции с несколькими разрешениями. Этот подход будет описан в общих чертах для абстрактных интервальных оценок для большей ясности. Тем не менее, предлагаемая методология легко и плодотворно обобщается на выходные данные датчиков более высокой размерности.

Стоит выделить некоторые определения и обозначения из статьи [5], которые здесь уместны:

Определение 1: Абстрактный датчик - это датчик, который считывает физический параметр и выдает абстрактную интервальную оценку I , который является ограниченным и связанным подмножеством вещественной прямой R .
Определение 2: Правильный датчик - это абстрактный датчик, в котором оценка интервала содержит фактическое значение измеряемого параметра. Если оценка интервала не содержит фактического значения измеряемого параметра, это называется неисправным датчиком.

Определение 3: Пусть датчики $S_1, \dots, S_n$, поступают в процессор P . Пусть абстрактная интервальная оценка $Siberia; (I_j S_n)$, замкнутый интервал $[u_i, b_i]$ с конечными точками u_i и b_i .
Определите

Характеристическая функция x_j j -го датчика S_j , $1 \leq j \leq n$ следующим образом:

$$x_i(x) = \begin{cases} 1 & \forall x \in I_j \\ 0 & \forall x \notin I_j \end{cases} \quad \forall 1 \leq j \leq n.$$

Определение 4: Пусть $O(x) = \sum_{j=1}^n x_j(x)$ «функция перекрытия» n абстрактных датчиков. Для каждого $x \in R$, $O(x)$ задает количество интервалов датчиков, в которых находится x , или количество интервалов, перекрывающихся в точке x .
Определение 5: Датчик является явно неисправным, если это неисправный датчик и если он перекрывается с правильным датчиком.

А некоторые замечания по ручным ошибкам и предыдущей работе. Если один из n датчиков неисправен, то, принимая $(n-f)$ пересечений оценок интервалов n датчиков, с уверенностью можно сказать, что правильное значение параметра находится в одном из этих $(n-f)$ пересечений.

Когда количество датчиков велико и количество неисправностей не может быть строго ограничено, пересечения $(n-j)$ могут иметь тенденцию быть сильно разбросаны по реальной линии, что дает плохие оценки выходных данных. Чтобы улучшить оценку выходных

данных в этих случаях, необходимо иметь возможность дополнительно оценить $(n-j)$ пересечений, чтобы выбрать "наилучшее возможное" пересечение, которое содержит правильное значение с высокой надежностью.

В рассматриваемом методе количество датчиков очень велико, что большинство неисправностей являются ручными, и то есть нет никаких ограничений на количество ошибок. Фактически, количеству неисправностей разрешено меняться в зависимости от выборки показаний датчиков.

Поскольку датчики отбираются синхронно через различные промежутки времени, упорядочив датчики, помечая их, динамически осуществляется поддержка их функции перекрытия $O(x)$ и анализ ее в различных масштабах, для получения последовательно меньших областей, которые содержат правильное значение наблюдаемого параметра.

В предыдущей работе [5] производилась оценка каждого $(n-f)$ пересечения, путем суммирования популяций всех интервалов, участвующие в этом $(n-f)$ пересечении и использующие это в качестве меры этого $(n-f)$ пересечения.

Популярность каждой интервальной оценки - это количество перекрывающихся с ней интервалов. Обоснование этой оценки основано на наблюдении, что явно неисправные датчики будут находиться близко к правильному значению, тем самым перекрываясь с правильными датчиками пересечения $(i-f)$, способствуя его надежности.

С другой стороны, дикие ошибки были бы некоррелированы с каким-либо значением на реальной линии распределяются случайным образом по реальной линии и вносят свой вклад в "шум", а также образуют меньшие, менее заметные кластеры.

Вычисление достоверности пересечений $(n-f)$ является трудоемким с точки зрения вычислений и ограничивает приложения в реальном времени.

Однако закономерность рассеивания явно ошибочных интервалов можно наблюдать, изучая функцию перекрытия $O(x)$ в разных масштабах. Области, где $O(x)$ максимальны, представляют интерес, поскольку они содержатся в $(n-f)$ пересечениях для каждого f . Следовательно, правильное значение лежит в этих областях с очень высокой вероятностью.

Однако могут быть несколько пространственно-разделенных максимальных пересечений, некоторые из них вызваны пересечениями сильно неисправных датчиков. В этом случае необходимо изучить разбросы гребней, содержащих максимальные пересечения.

Выводы

Большой разброс указывает на сильную кластеризацию датчиков, указывая на ручные неисправности и, следовательно, вероятно, на "правильное" максимальное пересечение. Однако этот анализ одновременного выбора гребней с большими амплитудами и широкими разбросами не может быть выполнен на $O(x)$ непосредственно. $O(x)$ имеет особенности в нескольких масштабах. Следовательно, грубая обработка информации может быть выполнена быстро. Более мелкие детали характеризуются большим количеством выборов, но предварительная информация, полученная из контекста, конструируется и, таким образом, ускоряет вычисления.

При использовании стратегии "от грубого к точному" обрабатывается минимальное количество деталей, необходимых для выполнения задачи распознавания. Начиная с самого грубого разрешения, выбраны те гребни с самыми высокими пиками и выбираем из этих гребней тот, который имеет самый широкий разброс. При следующем самом высоком разрешении этот гребень снова проверяется на наличие в нем гребней с наибольшими амплитудами, и среди этих гребней тот, который

имеет самый широкий разброс, сохраняется для более точного анализа при следующем разрешении.

Литература

1. Fault-Tolerant Integration of Abstract Sensor Estimates Using Multiresolution Decomposition' / L. Prasad, S.S. Iyengar, R. Rao Department of Computer Science Louisiana State University R.L. Kashyap School of Electrical Engineering Purdue University, 1994.
2. Rosenfeld and Thurston. Edge and Curve Detection for Visual Scene Analysis // IEEE Trans. Computing, 1971. - Vol. C-20. - PP. 562-569.
3. Tanimoto and Pavlidis. A Hierarchical Data Structure for Image Processing // Computer Graphics Image Processing, 1975. - Vol. 4. - PP. 104-119.
4. Marzullo, K. Tolerating Failures of Continuous-Valued Sensors // ACM Trans. on Computer Systems, 1990. - Vol. 8, No. 4. - PP. 284-304.
5. Chew, P. Masking Failures of Multidimensional Sensor / P. Chew, K. Marzullo // Proceedings of the 10th Symposium on Distributed Systems, Pisa, Italy, Oct. 1991.

Иваница С.В., Иванников Д.Д. Анализ метода отказоустойчивой интеграции абстрактных оценок датчиков с использованием декомпозиции с несколькими решениями. В данной статье рассмотрен метод применения идеи мультирешения к задаче отказоустойчивого интегрирования абстрактных оценок датчиков, когда число датчиков очень мало, а большое количество неисправностей датчиков незначительно. Приведен в пример оптимальный алгоритм $O(N \log N)$, где N - общее количество датчиков, которые эффективно реализует эту идею.

Ключевые слова: метод, отказоустойчивость, датчик, декомпозиция, алгоритм.

Ivanitsa S.V., Ivannikov D.D. Analysis of the method of fault-tolerant integration of abstract estimates of sensors using decomposition with multiple solutions. This article proposes a method for applying the idea of a multi-solution to the problem of fault-tolerant integration of abstract sensor estimates when the number of sensors is very small and the large number of sensor faults is negligible. We present an optimal $O(N \log N)$ algorithm, where N is the total number of sensors, that effectively implements this idea.

Key words: method, fault tolerance, sensor, decomposition, algorithm.

Статья поступила в редакцию 12.05.2022
Рекомендуется к публикации профессором Аноприенко А.Я.