

СЛЕЖЕНИЕ ЗА ОБЪЕКТАМИ С ПОМОЩЬЮ СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ

А. А. Цветков

Применение сенсорных сетей в настоящее время становится все более и более привлекательным в связи с глобальной миниатюризацией платформ для сенсорных узлов и их постоянным удешевлением. Важным моментом при исследовании сенсорных сетей является *эффективная совместная обработка сигналов*, для реализации той определенной задачи, для которой развернута каждая конкретная сеть. Под термином эффективность будем понимать задачу минимизации затрат на передачу сообщений между узлами, снижение вычислительных затрат и снижение избыточности используемых данных.

Сенсорные сети могут легко быть развернутыми практически на любой местности, включая удаленные и загрязненные территории, присутствие человека в который является невозможным или весьма ограниченным. Покрытие большой площади множеством дешевых сенсоров позволяет решать многие интересные и важные в настоящий момент задачи. Одной из таких задач является слежение за объектами и целями. Возможность выявлять присутствие одной или нескольких целей, предсказания положения объекта, точное определение местонахождения цели при ограниченных ресурсах памяти, вычисления и энергии – основные задачи, которые стоят перед исследователями сенсорных сетей.

Совместная обработка сигналов и информации в сети - новая область исследования, связанная со слиянием распределенной информации. Важные технические проблемы включают степень совместного использования информации между узлами и как узлы объединяют информацию от других узлов. Существует множество способов организации совместной обработки [1]. Например, на основе оценки скорости и направления движения объекта с активацией сенсоров, лежащих на пути оцененной траектории. Интересной является идея организации слежения при привязке к информации, которую может дать узел при его включении для обработки событий от конкретного объекта, учитывая динамику его движения. Третий способ состоит в минимизации потребления энергии при передаче между узлами, собирающими информацию и узлами-обработчиками, используя метод направленной диффузии.

Для собственных исследований моделировалась сеть из датчиков интенсивности внешнего сигнала. Был разработан специальный алгоритм совместной обработки сигналов, который включает в себя следующие базовые положения:

- в каждом узле должен быть установлен нижний порог на величину интенсивности поступающего сигнала. Только при превышении этого порога сенсор однозначно определяет событие – присутствие объекта интереса

- на этапе инициализации сети происходит локализация узлов в пространстве и автоматическая настройка мощности передатчика сенсорных узлов для обеспечения надежной связи с ближайшими узлами-соседями

- каждый узел, обнаруживший объект, посылает сообщение своим соседям о параметрах принятого сигнала и своем идентификационном номере (или координатах)

- для определения положения объекта с неизвестными координатами (x,y) и исходной мощностью излучения (P) необходимы сведения как минимум от трех узлов

- для исключения множественных подсчетов положения одного и того же объекта в конкретный момент времени алгоритм триангуляции реализует узел, собственное измерение сигнала которого будет больше измерений, пришедших в виде сообщений от других узлов сети

Моделирование сенсорной сети производилось с помощью дискретного модульного симулятора OMNeT++ [2].

В построенной модели сенсорной сети реализовано два основных класса объектов – сенсорный узел (класс Node) и движущаяся цель (класс Target). Архитектура сети строится в большинстве вариантов по принципу mesh (множество датчиков, расположенных в виде матрицы, причем мощности передатчика хватает только на связь с соседними узлами по строкам и столбцам). Предусмотрена также возможность самостоятельного определения мощности передатчика сенсорного узла для моделирования сетей с относительно большим потоком избыточных данных.

В конфигурационном файле есть возможность задавать количество сенсоров, используемых для построения сети, размеры площадки для развертывания сети, мощность передатчика, порог на интенсивность (можно задать свой для каждого узла), частоту выборки информации для обработки (в секундах).

Для объекта задается начальное положение, направление, скорость, ускорение и теоретическая модель движения (напр., линейное, круговое, по закону синуса).

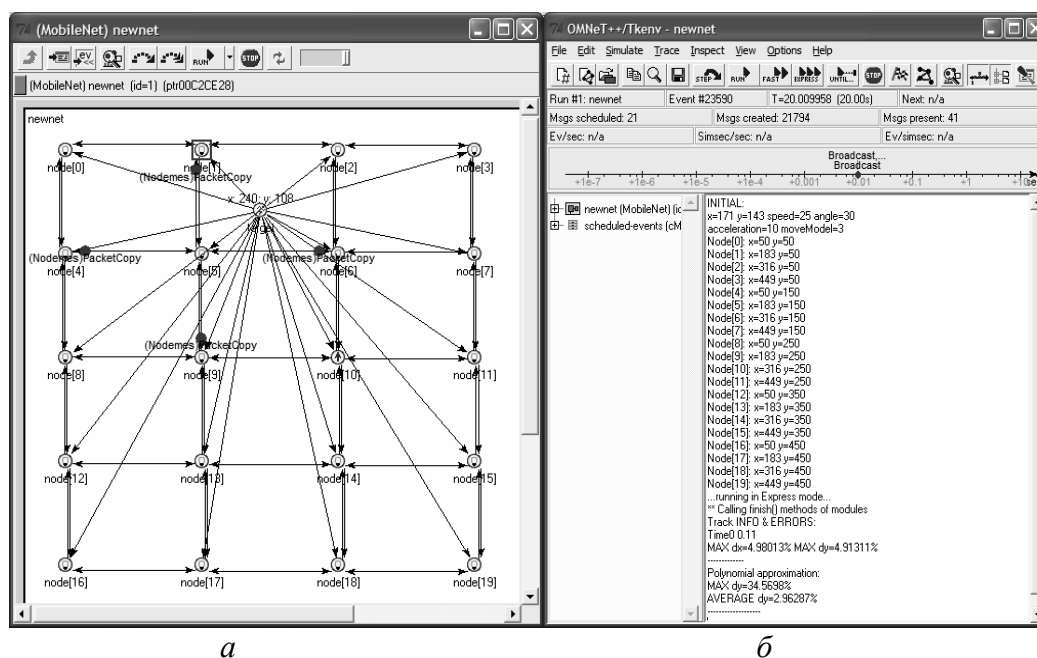


Рис. Окна программы:

а – окно для визуализации работы сети, *б* – основное окно для вывода информации

В процессе движения объекта сеть снимает информацию через интервал времени $updateinterval$. После того как определяется узел лидер происходит определение месторасположения объекта (в условиях наличия шумов) и последующая передача сообщения через сеть сообщения для мастер-узла, обладающего большими вычислительными ресурсами и мощным передатчиком.

На рисунке в виде кружков изображены сенсорные узлы (номер 10 - мастер-узел), объект – в верхней части. В данный момент узел №5 посылает сообщение соседям с данными о своем измерении.

В системе может присутствовать 3 типа сообщений (от сенсора к сенсору, от объекта к сенсору и сообщение для мастер-узла).

Узлы в данной модели работают в условиях 5% шума.

Мастер-узел обладает дополнительной возможностью анализа данных – алгоритмом аппроксимации данных. Реализуется аппроксимация экспериментальных данных, полученных узлами сети, при помощи полиномов третьей степени.

Приведу численные результаты исследования работы сенсорной сети из 20 узлов при движении объекта по кругу и по закону синуса. Данные модели были исследованы при различной частоте выборки информации сенсорной сетью по времени. В таблице приводятся максимальные (max) и средние (avg) относительные значения погрешности аппроксимации при различной частоте выборок. Аппроксимация производилась главным узлом сети, куда поступают сведения от всех узлов-лидеров.

Таблица

Частота выборок по времени	Движение по кругу		Движение по синусоиде	
	Мах ошибка	Avg ошибка	Мах ошибка	Avg ошибка
0.1 с	6.9%	1.3%	19.3%	2.9%
0.3 с	9.9%	1.8%	25.2%	4.9%
0.5 с	23.7%	4.4%	36.6%	12.0%
0.9 с	35.9%	5.2%	59.2%	21.2%
1 с	31.3%	7.1%	57.9%	22.9%

Начальные условия движения объекта интереса: скорость движения составляет 25 м/с, ускорение 10 м/с². Показания снимались сенсорной сетью в течение 20 секунд.

Как видно из таблицы, частота выборки 0.5 с. для случая кругового движения и 0.3 с. для синусоидального движения вполне достаточна для получения траектории высокой точности. Отмечу, что в процессе моделирования вносится 5% шум по интенсивности. Данные об интенсивности являются базовыми в методе триангуляции объекта.

Литература

1. *Liu J., Reich J., Zhao F.* Collaborative In-Network Processing for Target Tracking, EURASIP, 2003
2. Документация и программное обеспечение OMNeT++, распространяющегося по свободной лицензии, доступно на интернет сайте <http://omnetpp.org>