

В настоящее время для повышения эффективности локационных систем широкое распространение получила пространственно-временная обработка сигналов. Одним из направлений применения такой обработки являются системы обработки и преобразования акустических сигналов на основе набора (решетки) микрофонов, разнесенных в пространстве и обеспечивающих формирование характеристик направленности (ХН) на основе совместной обработки сигналов на их выходах.

Измерения проводятся двумя обычными электретными микрофонами с ненаправленными диаграммами, расположенными на расстоянии d друг от друга. Источник излучения и положение мобильного робота считаем статичным. Кроме того, при измерении принимаются следующие упрощения: однородная изотропная окружающая среда, источник и приемники сигналов располагаются в одной плоскости, не учитываются статистические характеристики звукового сигнала (речь, полигармонические сигналы, музыкальные инструменты и т.п.), источник сигнала может срабатывать в произвольный момент времени.

В общем случае значение r_{12} функции взаимной корреляции функций $x_1(t)$ и $x_2(t)$, представленных дискретными наборами данных на N точках, определяется по выражению:

$$r_{12}(k) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} x_1(n)x_2(n)$$

где $x_1(n)$ и $x_2(n)$ дискретные значения соответствующих функций в n -ой точке, k – один из M возможных наборов данных.

Каждый из двух микрофонов принимает звуковой сигнала от одного источника с одинаковым спектром. В этом случае при корреляционном анализе вычисляется коэффициент автокорреляции как скалярное произведение сигнала $x(n)$ с собственной копией, скользящей по аргументу.

Для измерения угла положения источника звука необходимо измерять время задержки $\tau = j\Delta t$, пропорциональное числу отсчетов j , если Δt – период дискретизации. При временной задержке, равной нулю, коэффициент корреляции равен:

$$r_{11}(0) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} x_1(n)x_2(n)$$

При достаточно большом массиве выборок сигналов вычисления коэффициента по относительно простому алгоритму в реальном масштабе времени в бортовой системе управления реализовать достаточно сложно. Расчет коэффициентов корреляции можно ускорить, используя рекурсивный алгоритм, в котором изменение массива данных для расчета нового значения коэффициента происходит, как и в памяти данных с магазинным принципом хранения/записи, – последняя пара данных в буферной памяти вытесняется парой новых значений. В этом случае число операций умножения/деления/сложения увеличивается только на единицу. Размер буфера данных зависит от производительности управляющего микроконтроллера и объемов его статической оперативной памяти.

В этот же рекурсивный алгоритм включается фильтр скользящего среднего, уменьшающий влияние шумов окружения. Фильтр генерирует последовательность дискретных значений для расчета коэффициентов корреляции и фактически вычисляет текущие средние значения дискретных функций:

$$\bar{x}_1(k) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} x_1(n) \quad \bar{x}_2(k) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} x_2(n)$$

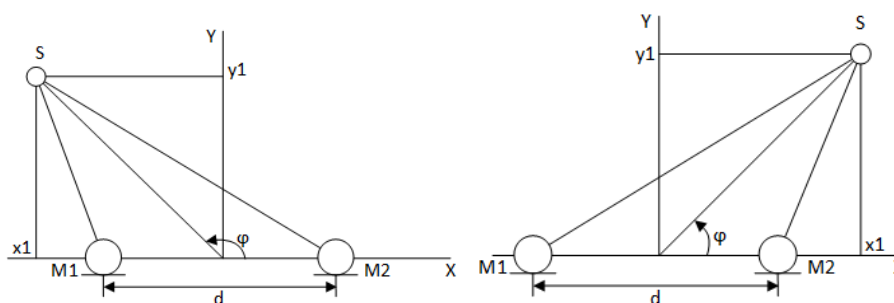


Рис.1.

На рис. 1 приведена структурная схема дальномера, основанного на разностно-временном методе определения координат и угла положения источника звука.

Из геометрической интерпретации схемы пеленгации двумя чувствительными элементами (микрофонами), разнесенными на расстояние (базу) d угол пеленга α равен:

$$\alpha = \pm \arcsin \frac{\tau \cdot c}{d}, \quad (1)$$

где τ - разность времен прихода сигнала к чувствительным элементам; c - скорость звука.

Положение источника в двумерном пространстве находится по максимальному значению автокорреляционной функции, когда разность углов прихода плоской звуковой волны на микрофоны M1 и M2 равна нулю.

$$r_d^{cc} = \arg(\max(r_{12}(j)))$$

Дальномер содержит два канала, построенных по аналогичным схемам. Каждый канал содержит блок оцифровки аналогового сигнала от микрофона, фильтр скользящего среднего и блоки задержки. Для выравнивания сигналов в одном блоке задержки выполняется сдвиг выборки входного сигнала влево на одну позицию, а во втором – сдвиг вправо. При j -точечном смещении расчеты проводятся по формулам:

$$r(j) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} x_1(n)x_2(n+j)$$

$$r(-j) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} x_1(n)x_2(n-j)$$

Разное направление изменения смещения функций вызвано тем, что к моменту начала измерения источник звука может занимать различное положение по отношению к паре разнесенных микрофонов (рис. 1), поэтому для микрофона М1 расстояние может быть меньшим или большим по отношению к М2. Расчеты коэффициентов корреляции производятся в отдельных блоках с учетом разного направления изменения сдвига массивов данных. В блоке анализа результатов вычисления выделяется сходящийся процесс, по данным которого определяются координаты источника звука.

Для прогнозирования движения робота должно строиться трехмерное панорамное поле обзора. В системе технического звука поле обзора создается по показаниям четырех пар микрофонов, размещенных под 90^0 по отношению друг к другу по боковым сторонам робота. Перемещение вдоль вертикальной оси обеспечивается линейным двигателем. Принципиальная схема устройства приведена на рис. 2.

При экспериментальном исследовании дальногомера использовалась одна пара микрофонов закрепленных на подвижной квадратной рамке.

Более точным способом измерения угла наклона дает обобщенный метод взаимной корреляции (GCC – Generalized Cross Correlation). Этот метод отличается от простого метода взаимной корреляции СС необходимостью преобразования Фурье и т.д.

