

# АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ГАРМОНИЧЕСКОГО ИСТОЧНИКА ЗВУКА С ПОМОЩЬЮ DAS В 3-D ПРОСТРАНСТВЕ

Губарева О.Ю., Бурдин В.А., ПГУТИ, г. Самара, ПГУТИ

## Цель

Разработать алгоритм определения местоположения злоумышленника с помощью акустических сенсоров (DAS) в 3-D пространстве.

## Актуальность

Свободные распределенные в пространстве ОВ могут быть успешно использованы в качестве DAS (высокая чувствительность и удовлетворительное разрешение) для определения местоположения источника звука, и, в том числе, злоумышленника.

## Результаты

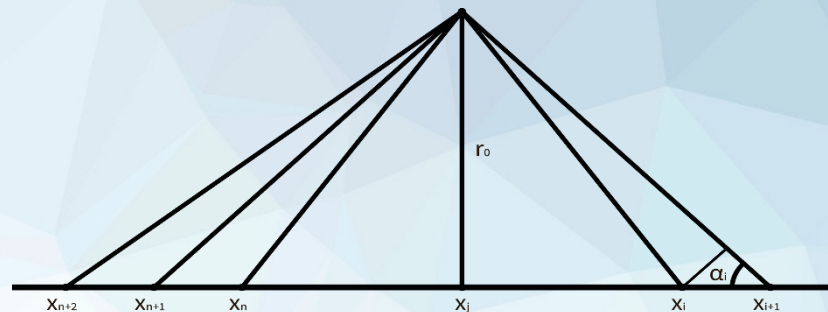


Рисунок 1. Оценка расстояния от ОВ до источника акустического воздействия

$$\alpha_i = \arccos\left(\frac{\varphi_{i+1} - \varphi_i}{k \cdot \Delta x}\right),$$

# АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ГАРМОНИЧЕСКОГО ИСТОЧНИКА ЗВУКА С ПОМОЩЬЮ DAS В 3-D ПРОСТРАНСТВЕ

Губарева О.Ю., Бурдин В.А., ПГУТИ, г. Самара, ПГУТИ

## Результаты

Кратчайшее расстояние до источника звука

$$x_{0i} = \frac{x_i \cdot \operatorname{tg} \alpha_i - x_{i+1} \cdot \operatorname{tg} \alpha_{i+1}}{\operatorname{tg} \alpha_i - \operatorname{tg} \alpha_{i+1}},$$

$$r_{0i} = x_{0i} \cdot \operatorname{tg} \alpha_i,$$

Применяя метод Р. Нигматуллина, сделаем сортировку значений по убыванию с заданным ограничением, и получим  $\langle x_{0i} \rangle \rightarrow \vec{x}_0$ , следовательно  $r_0 \approx y_0$ ,  $\langle y_{0i} \rangle \rightarrow \vec{y}_0$ .

## Результаты

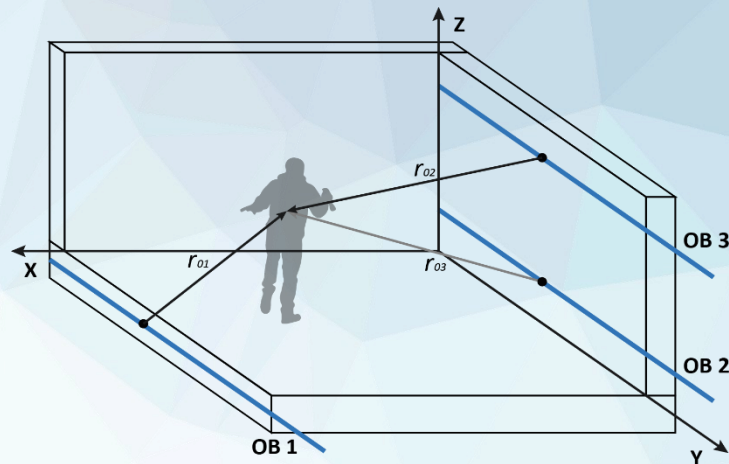


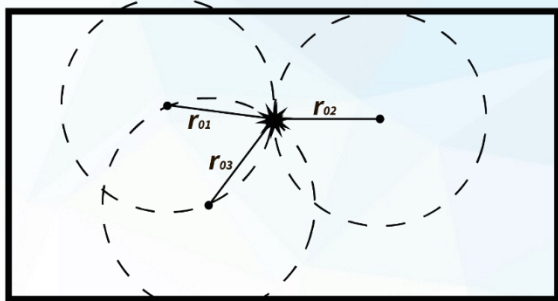
Рисунок 2. Определение местоположения злоумышленника в 3-D пространстве

$$r_0 = \sqrt{z_0^2 + y_0^2}.$$

# АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ГАРМОНИЧЕСКОГО ИСТОЧНИКА ЗВУКА С ПОМОЩЬЮ DAS В 3-D ПРОСТРАНСТВЕ

Губарева О.Ю., Бурдин В.А., ПГУТИ, г. Самара, ПГУТИ

## Результаты



✱ - источник звука

Рисунок 3. Определение координат  
источника звука

Отклик  $i$ -го участка DAS запишется как

$$s_i(t) = \int_{x_{i,0}}^{x_{i,1}} \eta(x) \cdot \varepsilon(x,t) dx,$$

$\varepsilon(x,t)$  – деформация ОВ;  $\eta(x)$  – коэффициент отклика, зависящий от условий прокладки кабеля, конструкции кабеля, положения ОВ в кабеле т.п.

Акустическое поле точечного источника, воздействующее на ОВ кабеля, описывается как

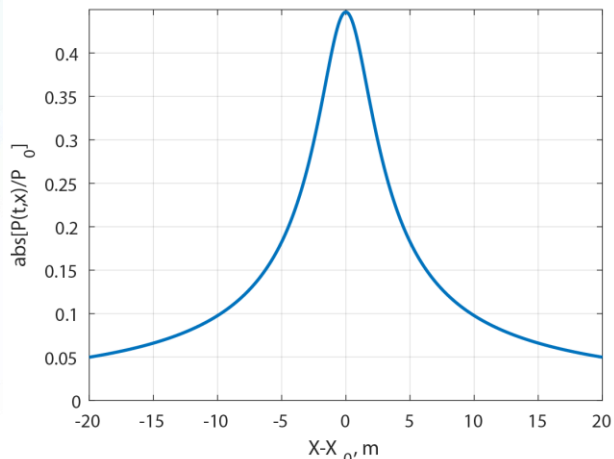
$$P(t,x) = \frac{P_0}{r} \exp[j(\omega t - kr)],$$

$$r = \sqrt{(z - z_0)^2 + (y - y_0)^2 + (x - x_0)^2}.$$

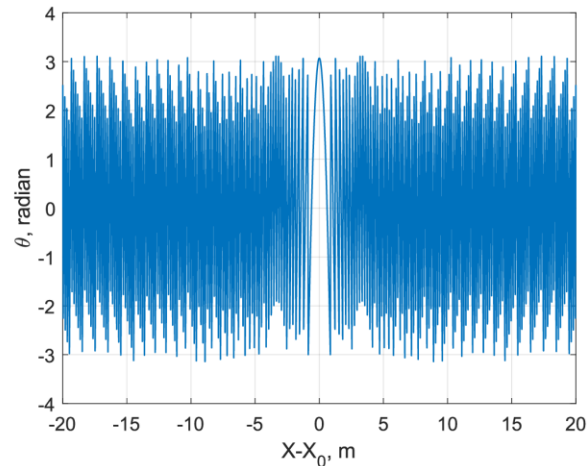
# АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ГАРМОНИЧЕСКОГО ИСТОЧНИКА ЗВУКА С ПОМОЩЬЮ DAS В 3-D ПРОСТРАНСТВЕ

Губарева О.Ю., Бурдин В.А., ПГУТИ, г. Самара, ПГУТИ

## Результаты



(а)



(б)

Рисунок 4. Распределения амплитуды (а) и фазы (б) воздействующего акустического поля вдоль оптического волокна

# АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ГАРМОНИЧЕСКОГО ИСТОЧНИКА ЗВУКА С ПОМОЩЬЮ DAS В 3-D ПРОСТРАНСТВЕ

Губарева О.Ю., Бурдин В.А., ПГУТИ, г. Самара, ПГУТИ

## Результаты

Регистрируемый DAS сигнал с ОБ на элементарном участке кабеля описывается как

$$P_C(t, x_i) = P_0 \cdot \exp(j\omega t) \int_{x_{i,0}}^{x_{i,1}} \frac{\eta(x)}{r} \exp(-jkr) dx.$$

## Выводы

Рассмотренный в работе алгоритм позволяет оценивать расстояние от ОБ до местоположения источника гармонического акустического воздействия (злоумышленника) с погрешностью до 10-15% и менее.

## Контакты

[o.gubareva@psuti.ru](mailto:o.gubareva@psuti.ru)

