

Übung Sensornetze – (für 3. Februar 2005)

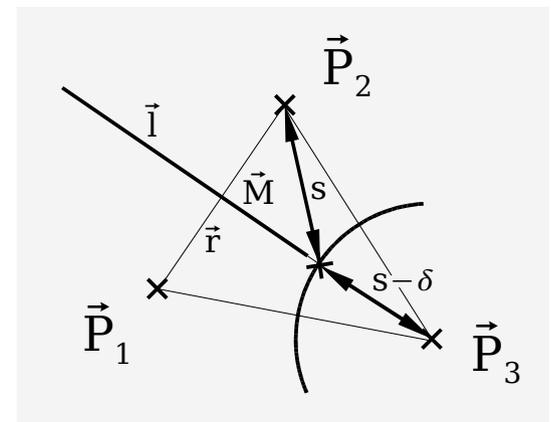
Vorlesung 11: Synchronisation in Sensornetzen

Aufgabe 24: Signallaufzeiten

Drei Sensorknoten detektieren ein akustisches Ereignis zu den Zeitpunkten t_1 , t_2 und t_3 . Die Orte, an denen sich die drei Knoten in der Ebene befinden seien mit P_1 , P_2 und P_3 bezeichnet. Knoten 1 und 2 hören das Ereignis zum gleichen Zeitpunkt. Knoten 3 detektiert es jedoch d Zeiteinheiten früher (bzw. später, für $d < 0$). Wo befindet sich das Schallerzeugende Ereignis bei unterschiedlichen Werten für d ?

Lösung:

Analog zum Vorgehen in der Vorlesung wird zuerst die Mittelsenkrechte zwischen P_1 und P_2 erzeugt. Alle Punkte auf der Mittelsenkrechten haben zu P_1 den gleichen Abstand wie zu P_2 . Daher hören Knoten 1 und 2 das Signal gleichzeitig. Nun muss zusätzlich gegeben sein, dass das Signal bei Knoten 3 d Zeiteinheiten früher gehört wird als bei den anderen Knoten. Da sich der Schall in alle Richtungen gleich schnell ausbreitet, muss das Ereignis zwangsläufig auch d Längeneinheiten näher bei Knoten 3 sein. Dies kann wie folgt formuliert werden:



$$\begin{aligned} \vec{x}_p &= \vec{M} + p \vec{I} & \delta &= d \times 300 \text{ m/s} \\ |\vec{x}_p - P_1|^2 &= |\vec{x}_p - P_2|^2 - \delta^2 \\ \vec{x}_p^2 - 2 \vec{x}_p P_1 + P_1^2 &= \vec{x}_p^2 - 2 \vec{x}_p P_3 + P_3^2 - \delta^2 \\ 2 \vec{x}_p P_3 - 2 \vec{x}_p P_1 &= P_3^2 - P_1^2 - \delta^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2 \vec{x}_p (P_3 - P_1) &= P_3^2 - P_1^2 - \delta^2 \\ 2 (\vec{M} + p \vec{I}) (P_3 - P_1) &= P_3^2 - P_1^2 - \delta^2 \\ p &= \frac{P_3^2 - P_1^2 - \delta^2 - (2 \vec{M} (P_3 - P_1))}{2 \vec{I} (P_3 - P_1)} \end{aligned}$$

Übung Sensornetze – (für 3. Februar 2005)

Vorlesung 11: Synchronisation in Sensornetzen

Aufgabe 25: Fehlerschätzung der Distanzmessung

Knoten die sich außerhalb des Sensornetzes befinden können von den äußersten Knoten auf Grundlage der unterschiedlich langen Signallaufzeiten durch die Bestimmung eines Winkel lokalisiert werden. Dabei wird jedoch ein Fehler gemacht. Wir gehen im folgenden davon aus, dass nur zwei Knoten an der Lokalisierung der Signalquelle beteiligt sind.

- a) Für welche Fälle ist die Abschätzung des Winkels, mittels dessen die Quelle zu finden ist genau und warum? Warum funktioniert die Winkelschätzung nicht grundsätzlich genau?

Lösung:

Bei einem Winkel von 90° liegt die Schallquelle unmittelbar auf der Mittelsenkrechten, da hier beide Knoten zum gleichen Zeitpunkt das Signal empfangen. Da sich der Schall in alle Richtungen gleichzeitig ausbreitet, erreicht er beide Knoten auch auf dem kürzesten Weg. Folglich ist die Gerade von der Quelle zum einen bzw. anderen Knoten gleich lang. Dies gilt nur für alle Punkte der Mittelsenkrechten.

Kommt der Schall mit 0° an (der Winkel ist jew. bezogen auf die Gerade zwischen den Knoten), so hat das Signal zwischen beiden Knoten die maximale Zeit gebraucht, die bei gegebener Ausbreitungsgeschwindigkeit möglich ist.

Für alle anderen Fälle lassen sich immer viele Orte für die Quelle finden für die der Weg zum einen Knoten um eine bestimmte Strecke länger ist als zum anderen Knoten. Der Ort der Quelle ist dadurch nicht eindeutig bestimmt.

Übung Sensornetze – (für 3. Februar 2005)

Vorlesung 11: Synchronisation in Sensornetzen

Aufgabe 25: Fehlerschätzung der Distanzmessung

b) Beide Knoten detektieren das Ereignis mit einem zeitlichen Unterschied von z Zeiteinheiten. Auf welcher Kurve kann sich das Ereignis bei gegebenem z befinden?

Lösung:

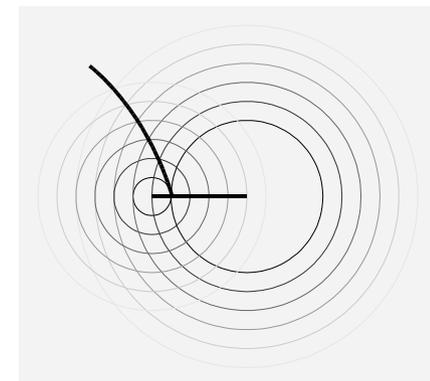
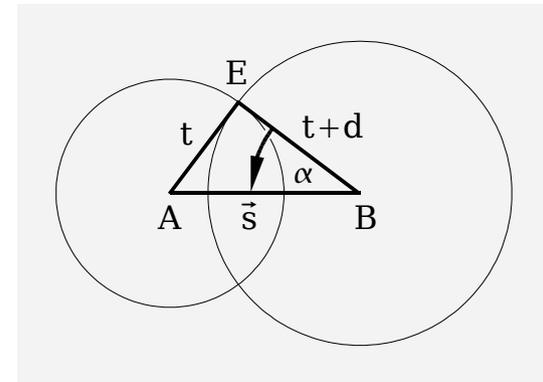
Die zeitliche Differenz z muss umgerechnet werden in d Längeneinheiten. Man kann dann den Abstand t zwischen E und A frei wählen. Alle Kandidaten für E liegen auf dem Kreis um A mit Radius t . Gleichzeitig muß E d Längeneinheiten weiter von B entfernt sein als A . Dies gilt für alle Punkte um B mit einem Radius $t+d$. Nun sind drei Seiten des Dreiecks E, A, B bekannt. Aus dem Cosinus-Satz ergibt sich der Winkel α .

$$\alpha = \arccos\left(\frac{|\vec{s}| + (t+d)^2 - t^2}{2(t+d)|\vec{s}|}\right) = \arccos\left(\frac{|\vec{s}| + d(2t+d)}{2|\vec{s}|(t+d)}\right)$$

Die Gerade s zwischen A und B kann man gerade um $-\alpha$ drehen. Normiert man deren Länge dann auf den Abstand $t+d$ und addiert B , so hat man E erreicht – jedoch in Abhängigkeit des frei gewählten Parameters t .

$$\vec{E} = \vec{B} + \begin{pmatrix} \cos(-\alpha) & -\sin(-\alpha) \\ \sin(-\alpha) & \cos(-\alpha) \end{pmatrix} \frac{t+d}{|\vec{s}|} \vec{s}$$

t ist ein Freiheitsgrad, der bisher nicht eingeschränkt wurde. Daher kann sich E in jedem Ort befinden, der sich durch unterschiedliche Werte für t ergibt. Die Kurve ist mit anderen Worten die Spur der Schnittpunkte der Kreise um A und B mit den Radien t und $t+d$. (Bemerkung: Die Spurpunkte sind an der Geraden AB gespiegelt, da die Kreise zwei Schnittpunkte erzeugen.)



Übung Sensornetze – (für 3. Februar 2005)

Vorlesung 11: Synchronisation in Sensornetzen

Aufgabe 25: Fehlerschätzung der Distanzmessung

Optional: Versuch die Kurve weiter zu vereinfachen. Würde sie am Ende analytisch geschlossen und insbesondere einfach dastehen, so könnte man die Kurve eines zweiten Knotenpaares mit der ersten schneiden und so die Quelle exakt lokalisieren. Im folgenden ist dies leider nicht gelungen (Verbesserungen sind willkommen).

$$E = B + \begin{pmatrix} \cos\left(-\arccos\left(\frac{|\vec{s}| + d(2t+d)}{2|\vec{s}|(t+d)}\right)\right) & -\sin\left(-\arccos\left(\frac{|\vec{s}| + d(2t+d)}{2|\vec{s}|(t+d)}\right)\right) \\ \sin\left(-\arccos\left(\frac{|\vec{s}| + d(2t+d)}{2|\vec{s}|(t+d)}\right)\right) & \cos\left(-\arccos\left(\frac{|\vec{s}| + d(2t+d)}{2|\vec{s}|(t+d)}\right)\right) \end{pmatrix} \frac{t+d}{|\vec{s}|} \vec{s}$$

$$E = B + \begin{pmatrix} -\frac{|\vec{s}| + d(2t+d)}{2|\vec{s}|(t+d)} & -\sin\left(-\arccos\left(\frac{|\vec{s}| + d(2t+d)}{2|\vec{s}|(t+d)}\right)\right) \\ \sin\left(-\arccos\left(\frac{|\vec{s}| + d(2t+d)}{2|\vec{s}|(t+d)}\right)\right) & -\frac{|\vec{s}| + d(2t+d)}{2|\vec{s}|(t+d)} \end{pmatrix} \frac{t+d}{|\vec{s}|} \vec{s}$$

$$E = B + \begin{pmatrix} -\frac{|\vec{s}| + d(2t+d)}{2|\vec{s}|^2} & \frac{t+d}{|\vec{s}|} \sin\left(\arccos\left(\frac{|\vec{s}| + d(2t+d)}{2|\vec{s}|(t+d)}\right)\right) \\ \frac{t+d}{|\vec{s}|} \sin\left(-\arccos\left(\frac{|\vec{s}| + d(2t+d)}{2|\vec{s}|(t+d)}\right)\right) & -\frac{|\vec{s}| + d(2t+d)}{2|\vec{s}|^2} \end{pmatrix} \vec{s}$$

Übung Sensornetze – (für 3. Februar 2005)

Vorlesung 11: Synchronisation in Sensornetzen

Aufgabe 25: Fehlerschätzung der Distanzmessung

$$E = B + \begin{pmatrix} -\frac{|\vec{s}|+d(2t+d)}{2|\vec{s}|^2} & \frac{t+d}{|\vec{s}|} \sin\left(\operatorname{acos}\left(\frac{|\vec{s}|+d(2t+d)}{2|\vec{s}|(t+d)}\right)\right) \\ \frac{t+d}{|\vec{s}|} \sin\left(-\operatorname{acos}\left(\frac{|\vec{s}|+d(2t+d)}{2|\vec{s}|(t+d)}\right)\right) & -\frac{|\vec{s}|+d(2t+d)}{2|\vec{s}|^2} \end{pmatrix} \vec{s}$$

$$E = B + \begin{pmatrix} -\vec{s} \cdot x \frac{|\vec{s}|+d(2t+d)}{2|\vec{s}|^2} + \vec{s} \cdot y \frac{t+d}{|\vec{s}|} \sin\left(\operatorname{acos}\left(\frac{|\vec{s}|+d(2t+d)}{2|\vec{s}|(t+d)}\right)\right) \\ -\vec{s} \cdot x \frac{t+d}{|\vec{s}|} \sin\left(\operatorname{acos}\left(\frac{|\vec{s}|+d(2t+d)}{2|\vec{s}|(t+d)}\right)\right) - \vec{s} \cdot y \frac{|\vec{s}|+d(2t+d)}{2|\vec{s}|^2} \end{pmatrix}$$

... ?

Übung Sensornetze – (für 3. Februar 2005)

Vorlesung 11: Synchronisation in Sensornetzen

Aufgabe 26: Anfragen nach dem Tiny Aggregation Service

Sensoren seien weitläufig über eine bergige Landschaft verstreut. Jeder kann die folgenden skalaren Werte messen:

Licht
Temperatur
Höhe

Nun soll die durchschnittliche Temperatur auf der jeweils gleichen Höhe bestimmt werden, wobei die Höhe nur auf 100 Meter genau festgelegt sein soll.

Beispiel: Höhen zwischen 51 und 149 gehören zur Gruppe 100. Es steht die Funktion `round()` zur Verfügung, mit der arithmetisch auf ganze Zahlen gerundet werden kann.

Interessiert ist man nur an der Temperatur im Schatten, so dass nur Knoten in die Ermittlung einbezogen werden sollen, auf die weniger als 1000 Lux (Licht) einwirken.

Da billige Temperatursensoren verwendet wurden, gehen diese schnell kaputt. Defekte Sensoren melden Temperaturen von unter -200° Celsius. Eine Gruppe die einen defekten Sensor enthält soll zur Sicherheit komplett verworfen werden.

Das Sensornetz soll die geforderten Daten einmal pro Stunde liefern.

Formulieren Sie die SQL-ähnliche Anfrage nach dem TAG-Modell.

Übung Sensornetze – (für 3. Februar 2005)

Vorlesung 11: Synchronisation in Sensornetzen

Lösung Aufgabe 26:

```
SELECT ROUND(Höhe/100), AVG(Temperatur)
```

```
FROM sensors
```

```
WHERE Licht < 1000
```

Hier wird noch jeder Sensor ohne Gruppenzugehörigkeit gefiltert

```
GROUP BY ROUND(Höhe/100)
```

Gruppierung nach „Höhenlinien“

```
HAVING MIN(Temperatur) > -200
```

Die ganze Gruppe wird gefiltert – hier verworfen, wenn ein einzelnes Element vorkommt, das weniger als -200° mißt.

```
EPOCHE DURATION 60m
```

So lange darf eine Anfrage dauern. Ist die Zeit zu kurz, so kann evtl. nicht das gesamte Netz Daten beitragen