

Ultraplatjoslas (UWB) tehnoloģiju un tās balstītu sistēmu izstrāde pilsētas drošības monitoringam

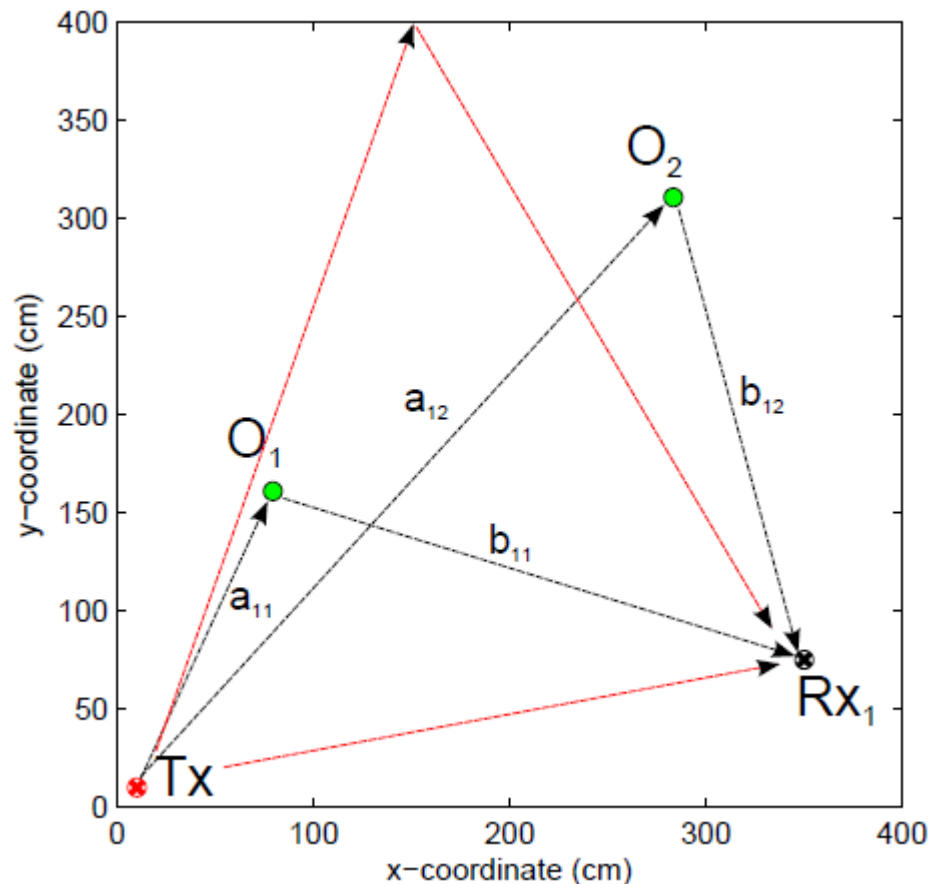
VPP SOPHIS GUDPILS
UWB sensoru (radaru) grupa



Rolands Šāvelis
Pētnieks
Elektronikas un datorzinātņu institūts

Simulācijas modeļa izveide objektu lokalizācijai no UWB signāliem

- 1. Uzdevums:** noteikt objektu pozīcijas telpā, zinot raidošās (Tx) un uztverošo (Rx) antenu novietojumu telpā un uztvērēju saņemtos signālus



Tx – raidītājs

Rx₁ – pirmais uztvērējs

O₁ – pirmais objekts

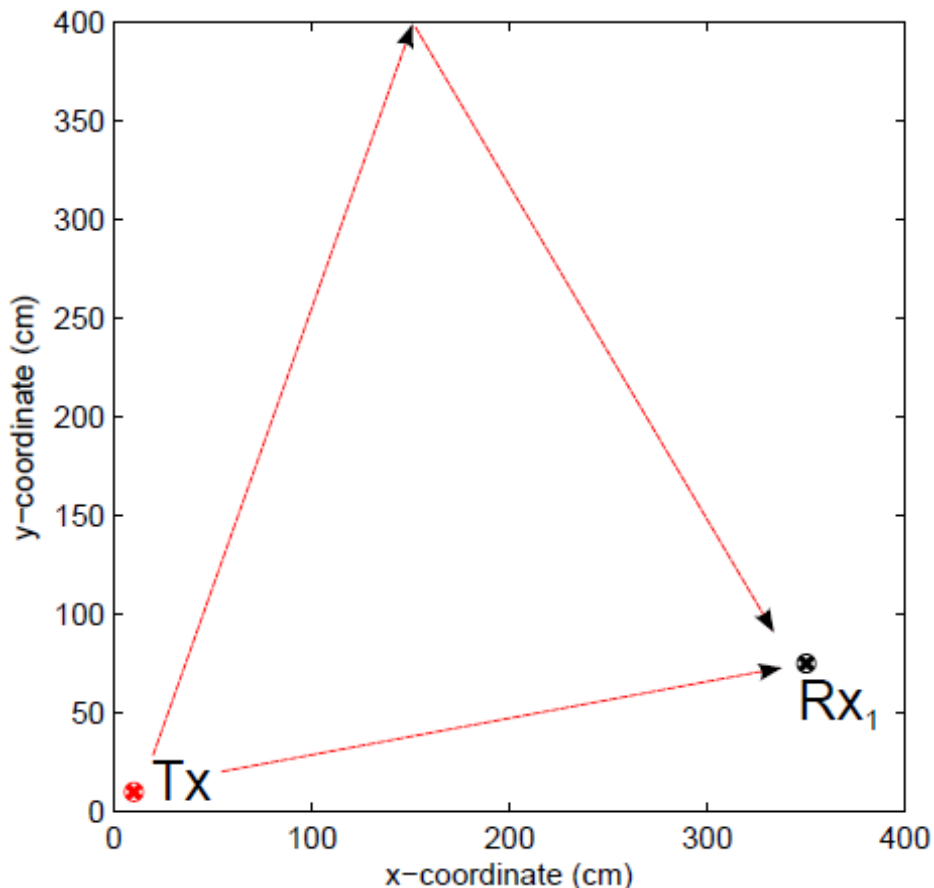
O₂ – otrais objekts

Rx₁ uztvertais signāls:

$$s_{R_1}(t) = \sum_{m=1}^M A_{nm} g(t - t_{nm}) + u(t)$$

Simulācijas modeļa izveide objektu lokalizācijai no UWB signāliem

- Uzdevums:** noteikt objektu pozīcijas telpā, zinot raidošās (Tx) un uztverošo (Rx) antenu novietojumu telpā un uztvērēju saņemtos signālus



Tx – raidītājs

Rx₁ – pirmais uztvērējs

O₁ – pirmais objekts

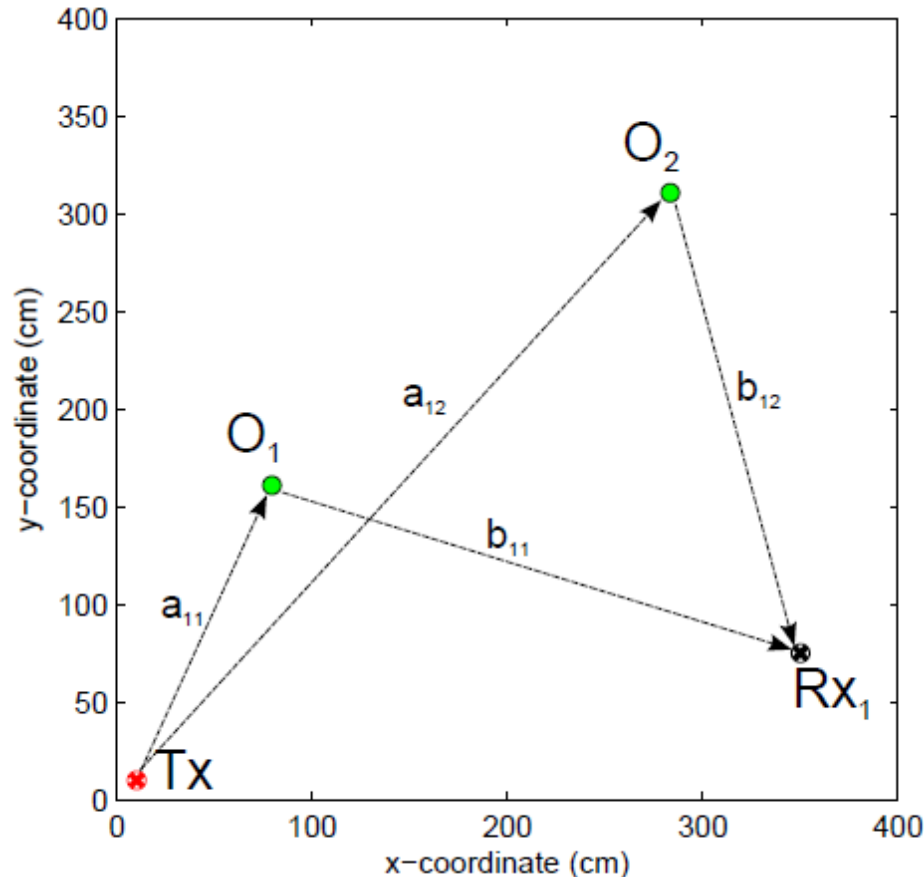
O₂ – otrais objekts

Rx₁ uztvertais signāls:

$$s_{R_1}(t) = u(t)$$

Simulācijas modeļa izveide objektu lokalizācijai no UWB signāliem

- Uzdevums:** noteikt objektu pozīcijas telpā, zinot raidošās (Tx) un uztverošo (Rx) antenu novietojumu telpā un uztvērēju saņemtos signālus



Tx – raidītājs

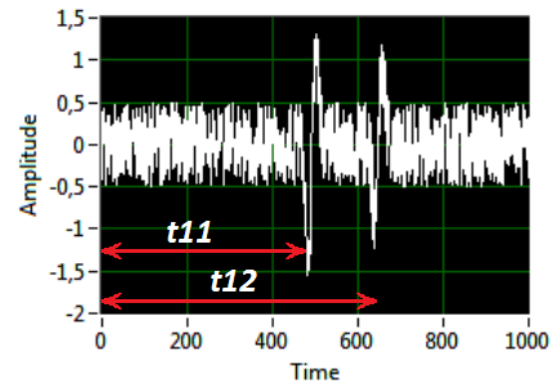
Rx₁ – pirmais uztvērējs

O₁ – pirmais objekts

O₂ – otrais objekts

Rx₁ uztvertais signāls:

$$s_{R_1}(t) = \sum_{m=1}^M A_{nm} g(t - t_{nm})$$



$$t_{11} = (a_{11} + b_{11}) / c = L_{11} / c$$

$$t_{12} = (a_{12} + b_{12}) / c = L_{12} / c$$

Objektu atrašana 2D plaknē

1. Zinot Tx un Rx koordinātas un nomērīto summāro attālumu L no Tx līdz objektam un no objekta līdz Rx, var iegūt elipsi aprakstošo izteiksmi

$$\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \beta & -\sin \beta \\ \sin \beta & \cos \beta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \hat{x} \\ \hat{y} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} x_0 \\ y_0 \end{pmatrix},$$

kur β ir rotācijas leņķis, kas atkarīgas no Tx un Rx koordinātām

$$\hat{x} = 0.5L \cos(v)$$

$$v = -\pi \dots \pi$$

$$\hat{y} = 0.5\sqrt{L^2 - l^2} \sin(v)$$

l – attālums starp antenām

(x_0, y_0) – antenu savienošās līnijas viduspunkts

Tx – raidītājs

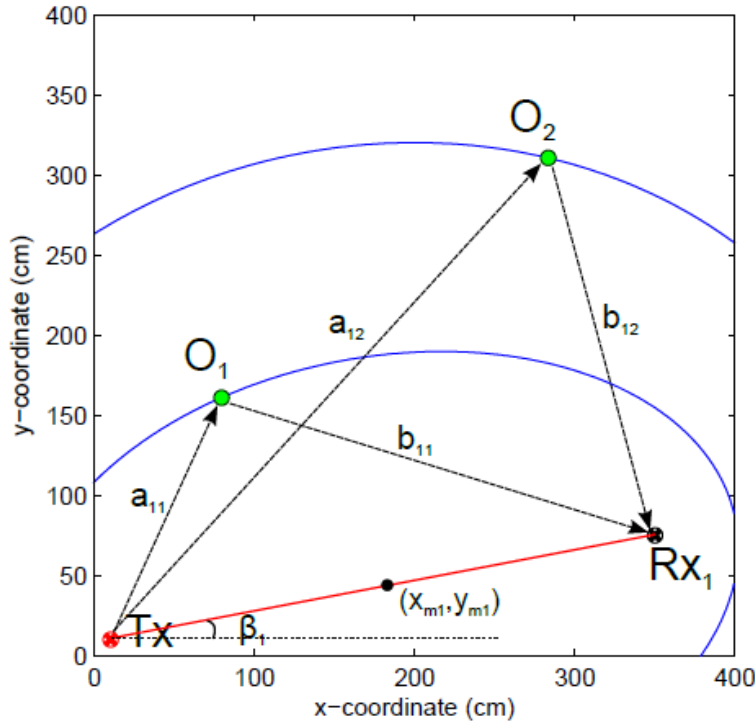
Rx₁ – pirmais uztvērējs

O₁ – pirmais objekts

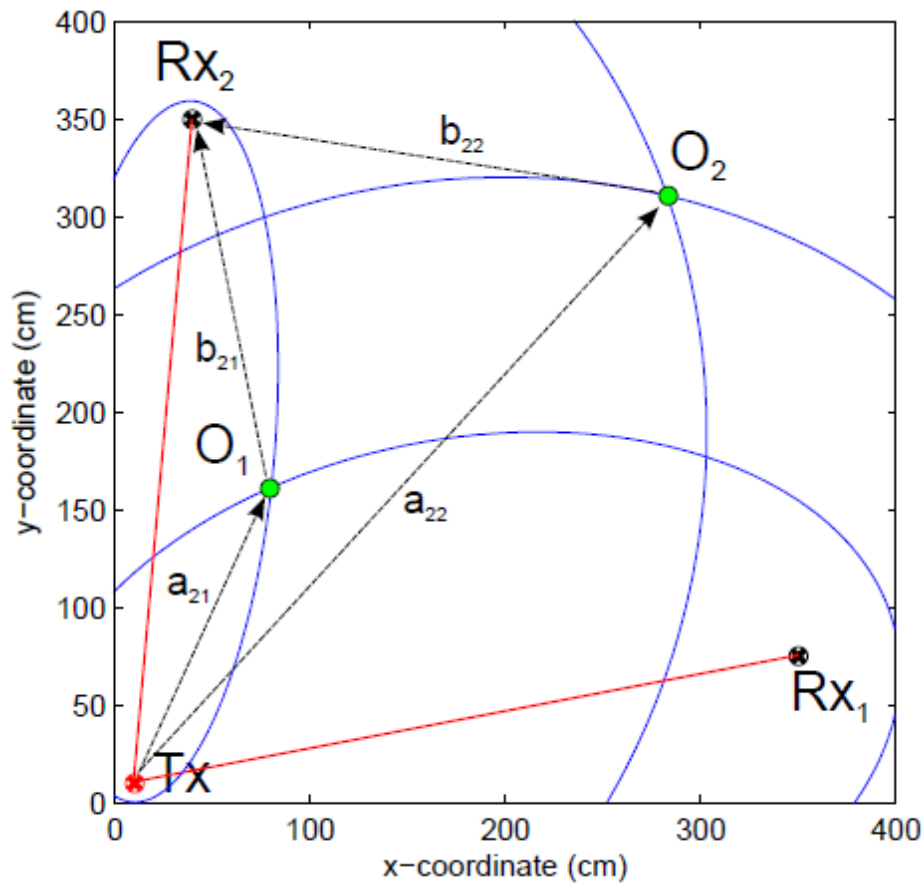
O₂ – otrais objekts

$$L_{11} = a_{11} + b_{11}$$

$$L_{12} = a_{12} + b_{12}$$



Objektu atrašana 2D plaknē



Tx – raidītājs

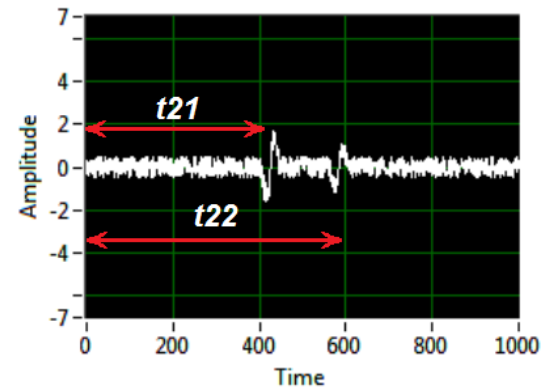
Rx₁ – pirmais uztvērējs

Rx₂ – otrais uztvērējs

O₁ – pirmais objekts

O₂ – otrais objekts

Rx₂ uztvertais signāls:

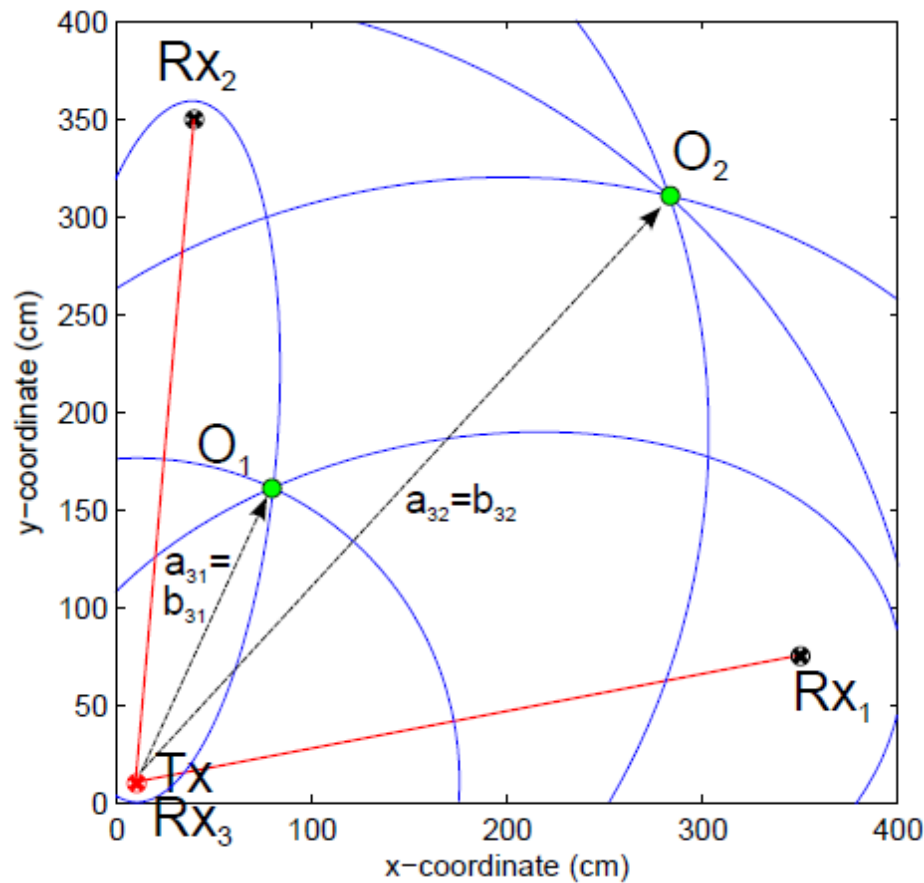


Impulsu pienākšanas laiki:

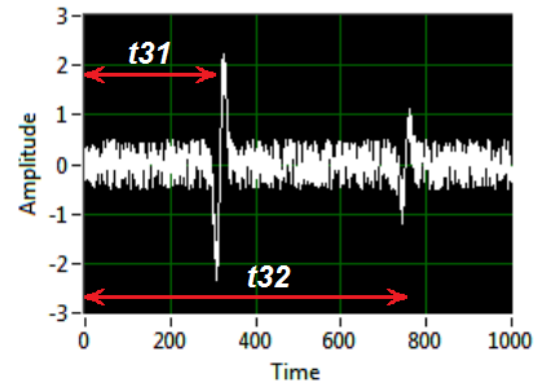
$$t_{21} = (a_{21} + b_{21}) / c = L_{21} / c$$

$$t_{22} = (a_{22} + b_{22}) / c = L_{22} / c$$

Objektu atrašana 2D plaknē



Tx – raidītājs
 Rx₁ – pirmais uztvērējs
 Rx₂ – otrais uztvērējs
 Rx₃ – trešais uztvērējs
 O₁ – pirmais objekts
 O₂ – otrais objekts
 Rx₃ uztvertais signāls:



Impulsu pienākšanas laiki:

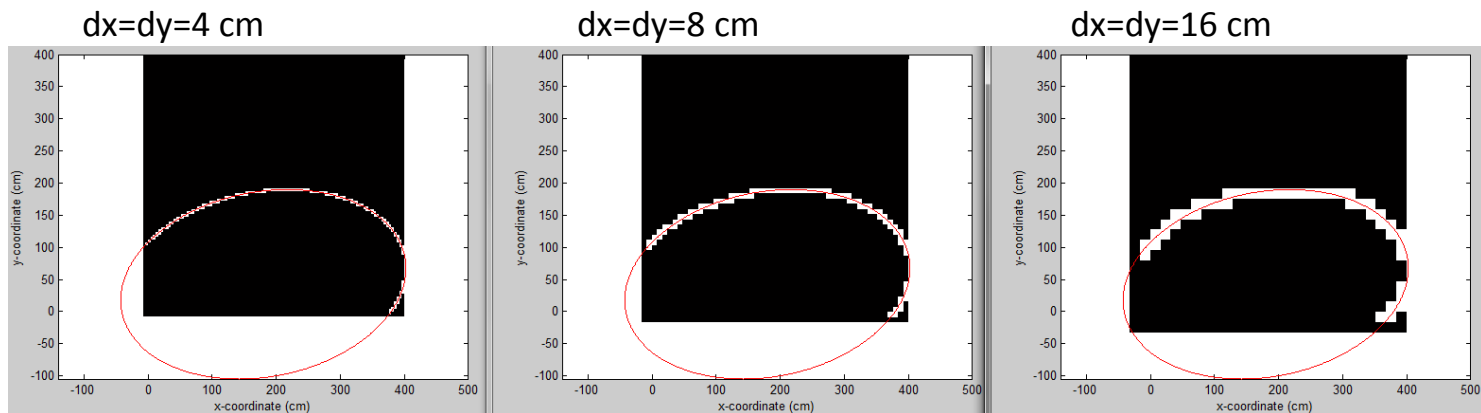
$$t_{31} = 2a_{31} / c = L_{31} / c$$

$$t_{32} = 2a_{32} / c = L_{32} / c$$

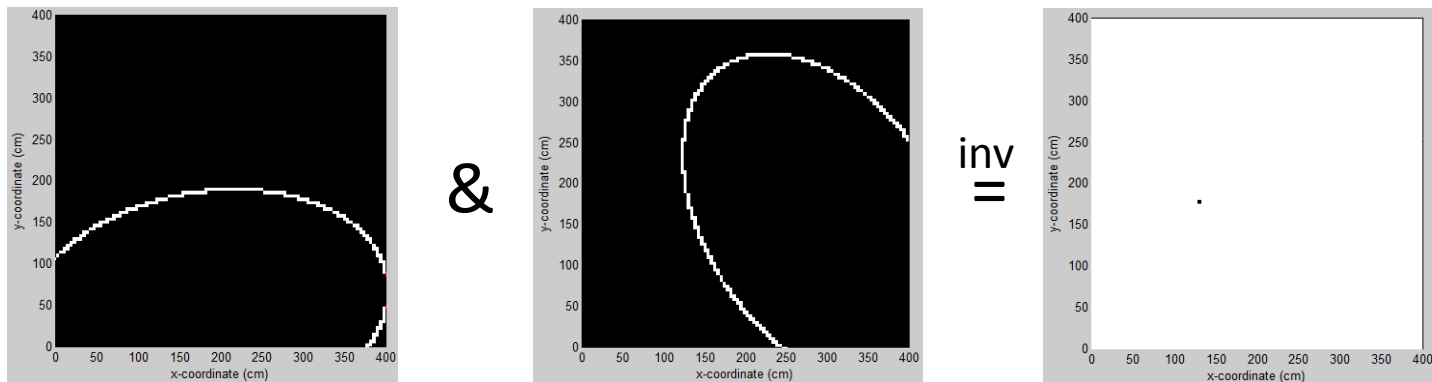
Objektu atrašana 2D plaknē

Lai atrastu elipšu krustpunktus:

1. No elipšu vienādojumiem pie izvēlētajām x koordinātām xy plaknē atliek elipšu y koordinātas
2. Veic iegūto līniju pārnese uz monohromu attēlu ar viena bita pikseļu vērtībām

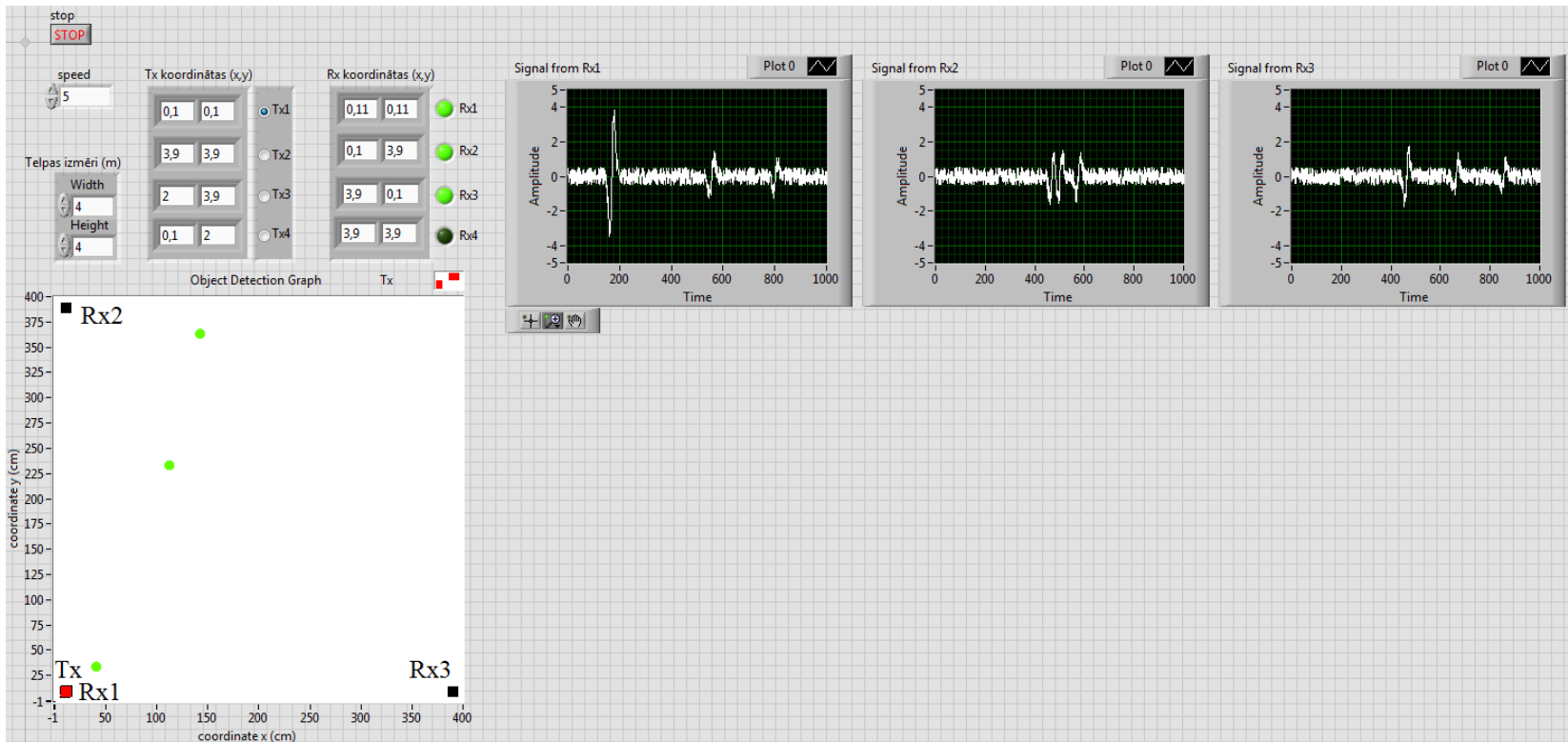


3. Pielietojot loģisko & operāciju, atrod 2 attēlu kopīgos pikseļus, kas sakrīt ar elipšu krustpunktiem



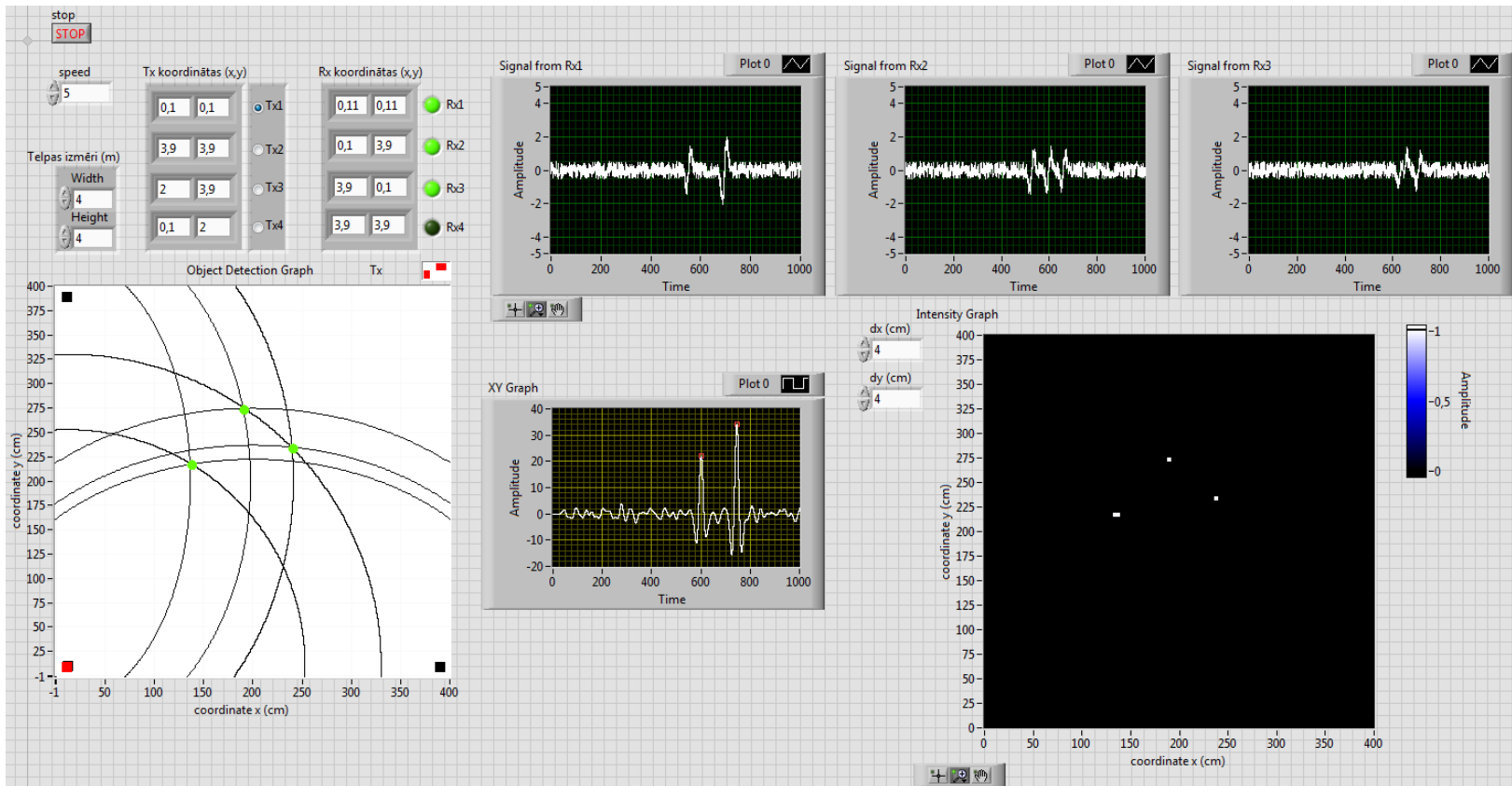
2D simulācijas modeļa GUI (LabVIEW)

1. Tiek uzdoti telpu izmēri (2D)
2. Tiek uzdotas antenu koordinātas
3. Tiek ģenerēti objekti ar gadījuma rakstura kustībām
4. Zinot antenu un objektu koordinātas, tiek noteikti visi attālumi Tx → objekts → Rx
5. Atbilstoši noteiktajiem attālumiem tiek ģenerēti signāli uztvērējos



2D simulācijas modeļa GUI (LabVIEW)

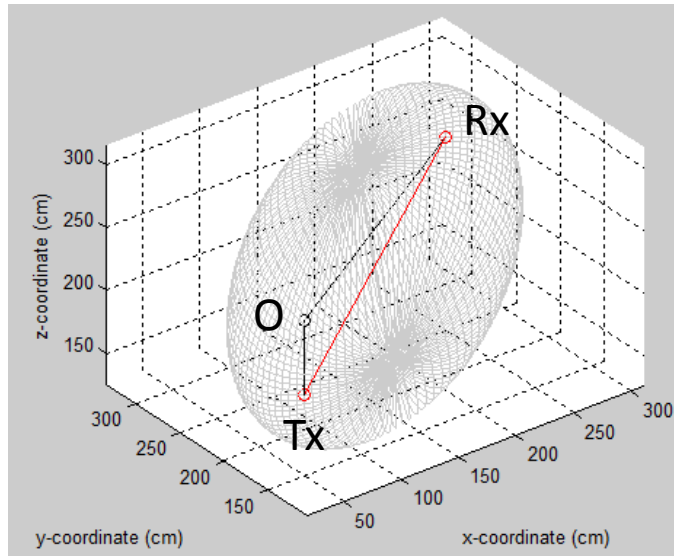
1. Tiek atrasti uztverto impulsu laika momenti
2. Tiek aprēķināti laika momentiem atbilstošie attālumi $L_{mn} = ct_{mn}$
3. No antenu koordinātām un attālumiem L_{mn} tiek iegūti elipšu venādojumi
4. No vienādojumiem tiek atrasti vismaz 3 elipšu kopīgie punkti – objektu 2D pozīcijas



Objektu atrašana 3D telpā

1. Zinot Tx un Rx koordinātas un nomērīto summāro attālumu L no Tx līdz objektam un no objekta līdz Rx, var iegūt elipsoīdu aprakstošo izteiksmi

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = R_x(\alpha)R_y(\beta)R_z(\gamma) \begin{pmatrix} \hat{x} \\ \hat{y} \\ \hat{z} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} x_0 \\ y_0 \\ z_0 \end{pmatrix}, \quad \text{kur } R_x(\alpha), R_y(\beta), R_z(\gamma) \text{ ir rotācijas matricas, kas atkarīgas no Tx un Rx koordinātām}$$



$$\hat{x} = 0.5L \cos(u) \cos(v) \quad u = -\pi/2 \dots \pi/2$$

$$\hat{y} = 0.5\sqrt{L^2 - l^2} \cos(u) \sin(v) \quad v = -\pi \dots \pi$$

$$\hat{z} = 0.5\sqrt{L^2 - l^2} \sin(u)$$

l – attālums starp antenām

(x_0, y_0, z_0) – antenu savienošās līnijas viduspunkts

3D piemērs

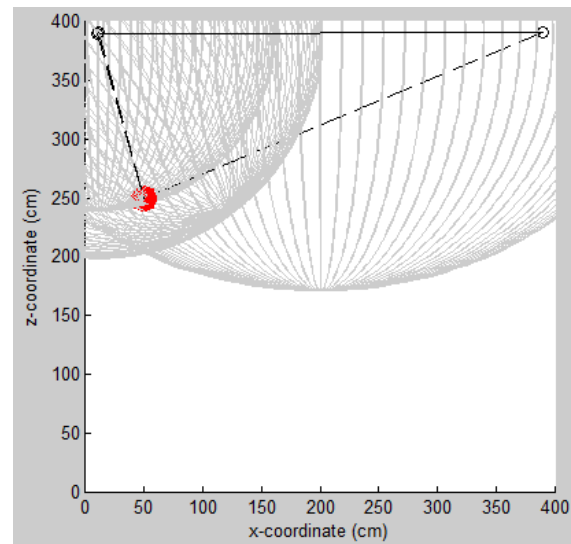
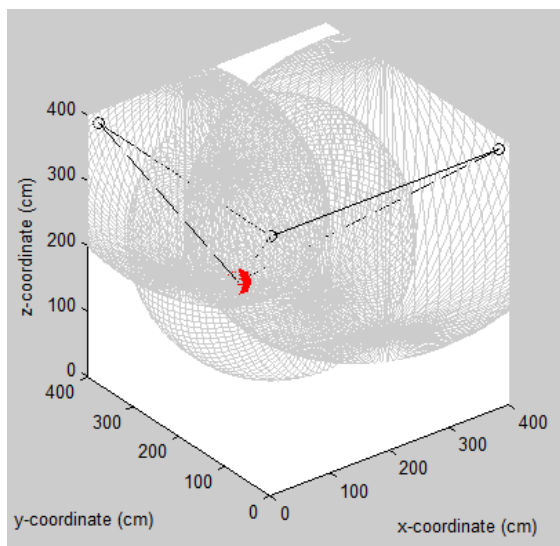
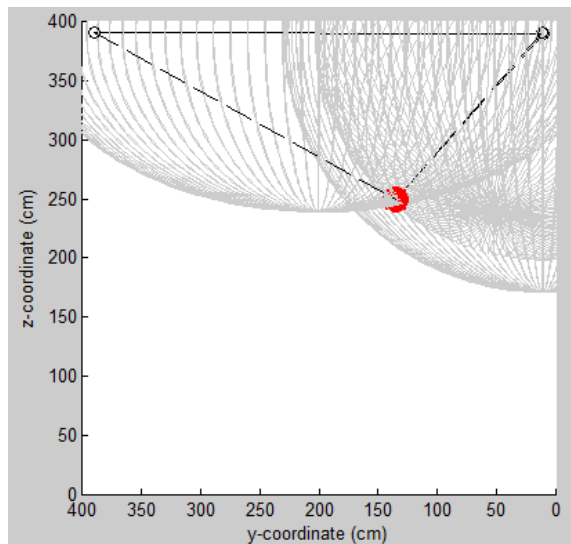
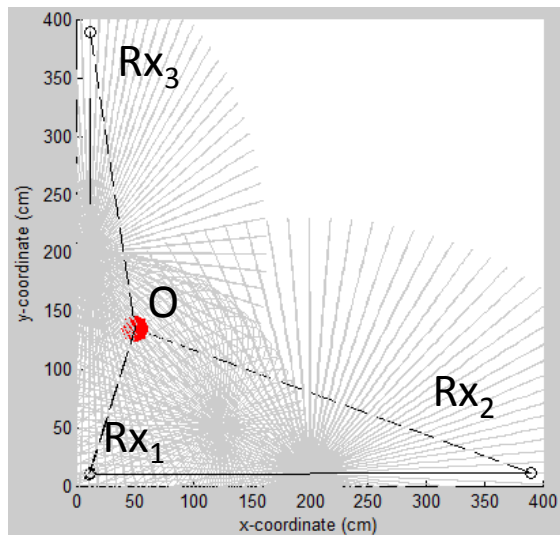
Objekta koordinātas:
(50, 135, 250)

Nomērītie attālumi:

$$Tx-O-Rx_1 = 3.84 \text{ m}$$

$$Tx-O-Rx_2 = 5.80 \text{ m}$$

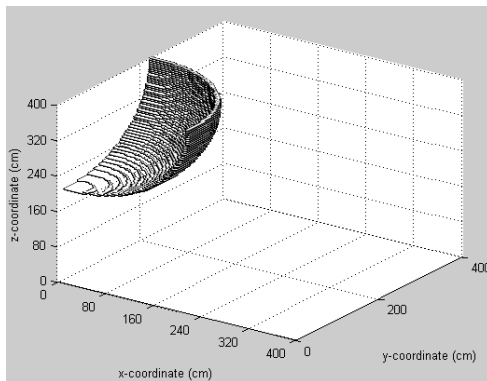
$$Tx-O-Rx_3 = 4.86 \text{ m}$$



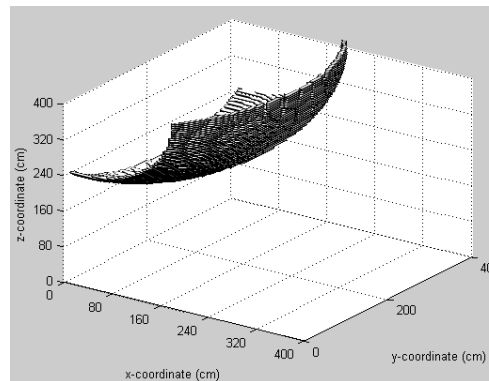
3 elipsoīdu kopīgā punkta atrašana

1. Katrai parametriski uzdotai elipsoīdai atrod tādu 3D matricu $\mathbf{H}$ ar izmēriem $N \times M \times K$, kuras elementi H_{nmk} pieņem tikai 2 vērtības – 0 vai 1.
2. Ja elementa H_{nmk} pozīcijai nmk atbilstošā telpas koordināta ($n \cdot dx, m \cdot dy, k \cdot dz$) sakrīt ar elipsoīdas virsmas kādu punktu, tad $H_{nmk}=1$, ja nē, tad $H_{nmk}=0$.
3. Pielietojot loģisko UN operāciju: $\mathbf{H}_1 \& \mathbf{H}_2 \& \mathbf{H}_3$, atrod 3 elipsoīdām atbilstošo matricu kopīgo elementu, no kura pozīcijas nmk izriet objekta koordināta.

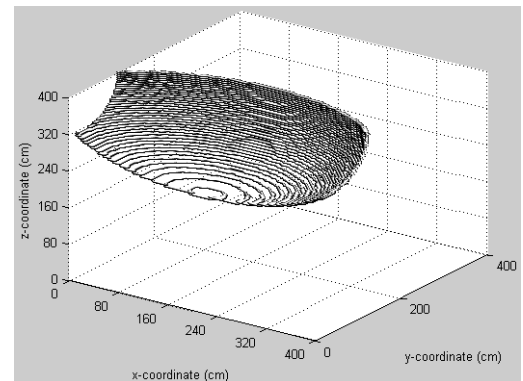
$\mathbf{H}_1$



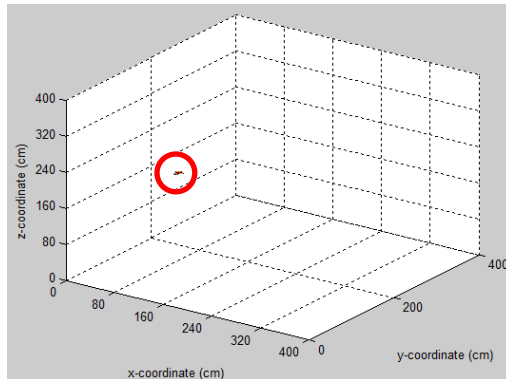
$\mathbf{H}_2$



$\mathbf{H}_3$



$\mathbf{H}_1 \& \mathbf{H}_2 \& \mathbf{H}_3$



Atrastās objekta koordinātas:
(dx=dy=dz=4 cm)
(42 ,134 ,250)
(46 ,134 ,250)
(50 ,134 ,250)
(50 ,138 ,250)

Objekta patiesās koordinātas: (50, 135, 250)

Paldies par uzmanību!

Jautājumi?