



URZĄD PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ POLSKIEJ

DOKUMENT PATENTOWY

Na podstawie przepisów ustawy z dnia 30 czerwca 2000 r. Prawo własności przemysłowej (tekst jedn.: Dz.U. z 2017 r., poz. 776) został udzielony na rzecz:

POLITECHNIKA GDAŃSKA, Gdańsk, Polska

PATENT

NR 227154

NA WYNALAZEK PT.

Asynchroniczny system i sposób wyznaczania własnej pozycji osób i/lub obiektów

*przedstawiony w opisie patentowym
włączonym do niniejszego dokumentu*

Patent trwa od dnia: **2010-12-08**

Warszawa, dnia 2017-11-20

Z upoważnienia Prezesa
Urzędu Patentowego

Elzbieta Glowacka
ST. INSPEKTOR



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **227154**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **393181**

(51) Int.Cl.
G01S 5/02 (2010.01)
G01S 5/10 (2006.01)

(22) Data zgłoszenia: **08.12.2010**

(54) **Asynchroniczny system i sposób wyznaczania własnej pozycji osób i/lub obiektów**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:
18.06.2012 BUP 13/12

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:
30.11.2017 WUP 11/17

(73) Uprawniony z patentu:
POLITECHNIKA GDAŃSKA, Gdańsk, PL

(72) Twórca(y) wynalazku:
RYSZARD KATULSKI, Gdańsk, PL
JACEK STEFAŃSKI, Gdańsk, PL
WOJCIECH SIWICKI, Gdańsk, PL
JAROSŁAW SADOWSKI, Gdańsk, PL
SŁAWOMIR AMBROZIAK, Gdańsk, PL

(74) Pełnomocnik:
rzecz. pat. Czesław Popławski

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest asynchroniczny system wyznaczania pozycji własnej osób i/lub obiektów polegający na pomiarze sygnałów radiowych pomiędzy co najmniej trzema stacjami radiowymi mający zastosowanie w szczególności dla zadań służb specjalnych.

Systemy satelitarne są najnowszym sposobem służącym do określania pozycji geograficznej. Ich działanie opiera się na pomiarze czasu dotarcia sygnałów radiowych od satelitów do odbiornika. W szczególności znane są następujące systemy satelitarne amerykański GPS, rosyjski GLONASS, chiński COMPASS oraz dwa systemy w fazie budowy: europejski GALILEO oraz indyjski IRNSS, z czego ogólnosiwiatowe działanie osiągnęły systemy GPS i GLONASS.

Znane są hiperboliczne systemy wyznaczania własnej pozycji geograficznej oparte na pomiarze zależności czasowych sygnałów synchronicznie, których mechanizm działania oparty jest na tym, że zbiory punktów o stałej różnicy odległości od dwóch radiolatarni mają kształt hiperbol. Obiekt odbierający sygnały dwóch radiolatarni wyznacza jedną hiperbolę, na której się znajduje. Na podstawie odbioru sygnałów nowej pary radiolatarni wyznacza następną hiperbolę pozycyjną. Przecięcie obu hiperbol ustala dokładną pozycję.

Jednym ze znanych systemów hiperbolicznych jest system LORAN-C, który ma jedną stację główną oznaczoną jako M i kilka stacji podległych, oznaczanych W, X, Y. Nadajniki mogą być różnej mocy od 200 kW do 2 MW i spełniać podwójną funkcję: pojedyncza stacja może być stacją główną w jednym łańcuchu i jednocześnie podrzędną w innym.

Asynchroniczny system wyznaczania własnej pozycji osób i/lub obiektów polegający na odbiorze sygnałów radiowych z co najmniej trzech stacji naziemnych charakteryzuje się według wynalazku tym, że w każdej stacji naziemnej zainstalowany jest układ do nadawania sygnałów radiowych zawierających również jej współrzędne geograficzne, przy czym w każdej z tych stacji naziemnych zainstalowany jest układ do odbioru sygnałów z co najmniej dwóch stacji będących w zasięgu radiowym i układ do pomiaru i przesyłania czasu propagacji pomiędzy tymi stacjami naziemnymi, zaś osoba i/lub obiekt zaopatrzona jest w układ do odbioru sygnałów zawierających współrzędne geograficzne stacji naziemnych współpracujący z układem do pomiaru czasu propagacji pomiędzy stacjami naziemnymi i tą osobą i/lub obiektem.

Asynchroniczny sposób wyznaczania własnej pozycji osób i/lub obiektów polegający na odbiorze sygnałów radiowych zawierających pozycje geograficzne tych stacji naziemnych z co najmniej trzech stacji naziemnych charakteryzuje się według wynalazku tym, że mierzy się czas propagacji pomiędzy stacjami naziemnymi oraz mierzy się czas propagacji pomiędzy stacjami naziemnymi i tą osobą i/lub obiektem i odbiera się sygnał z pomiaru czasu propagacji pomiędzy stacjami naziemnymi, a na podstawie zależności:

$$z_a \approx (G_a^T Q^{-1} G_a)^{-1} G_a^T Q^{-1} h$$

gdzie:

$$z_a = [z_p^T, r_1]^T$$

$$z_p = [x_M, y_M]^T$$

$$h = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} (T_{21} \cdot c)^2 - (x_{S2}^2 + y_{S2}^2) + (x_{S1}^2 + y_{S1}^2) \\ (T_{31} \cdot c)^2 - (x_{S3}^2 + y_{S3}^2) + (x_{S1}^2 + y_{S1}^2) \\ \dots \\ (T_{N1} \cdot c)^2 - (x_{SN}^2 + y_{SN}^2) + (x_{S1}^2 + y_{S1}^2) \end{bmatrix}$$

$$G_a = - \begin{bmatrix} x_{S2} - x_{S1} & y_{S2} - y_{S1} & T_{21} \cdot c \\ x_{S3} - x_{S1} & y_{S3} - y_{S1} & T_{31} \cdot c \\ \dots & \dots & \dots \\ x_{SN} - x_{S1} & y_{SN} - y_{S1} & T_{N1} \cdot c \end{bmatrix},$$

Q – macierz kowariancji dla macierzy $d = [d_{21} \ d_{31} \dots \ d_{N1}]$

$$d_{21} = T_{21} \cdot c = d_2 - d_1$$

$$d_{31} = T_{31} \cdot c = d_3 - d_1$$

$$d_{N1} = T_{N1} \cdot c = d_N - d_1$$

T_{21} – różnica czasów propagacji sygnału między stacją drugą a pierwszą,

T_{31} – różnica czasów propagacji sygnału między stacją trzecią a pierwszą,

T_{N1} – różnica czasów propagacji sygnału między stacją N-tą a pierwszą,

d_1 – odległości między stacją pierwszą a szukaną lokalizacją M,

d_2 – odległości między stacją drugą a szukaną lokalizacją M,

d_N – odległości między stacją N-tą a szukaną lokalizacją M,

d_{21} – różnica odległości między stacją drugą a pierwszą,

d_{31} – różnica odległości między stacją trzecią a pierwszą,

d_{N1} – różnica odległości między stacją N-tą a pierwszą,

x_{S1}, y_{S1} – współrzędne stacji pierwszej,

x_{S2}, y_{S2} – współrzędne stacji drugiej,

x_{S3}, y_{S3} – współrzędne stacji trzeciej,

x_{SN}, y_{SN} – współrzędne stacji N-tej,

x_M, y_M – współrzędne osoby i/lub obiektu,

ustala się współrzędne geograficzne pozycji własnej osoby i/lub obiektu.

Sposób według wynalazku nie posiada łańcuchowej organizacji stacji referencyjnych, cechuje się brakiem jednoznacznie wydzielonych centrów nadzoru, stacji głównych, referencyjnych, czy stacji podrzędnych. System według wynalazku stanowi system asynchroniczny, dzięki czemu każdą stacją można wyłączyć i włączyć w dowolnym momencie zachowując warunek posiadania danych z co najmniej trzech stacji naziemnych. Każda ze stacji używa lokalnego generatora do nadawania i każda ma możliwość nasłuchu sąsiednich stacji będących w zasięgu i wyznaczania między sobą różnic czasowych na bieżąco aktualizowanych.

Sposób według wynalazku ze względu na swoją niezależność od wszelkich innych dostępnych systemów lokalizacyjnych jest rozwiązaniem szczególnie ważnym dla służb specjalnych. W przypadku zastosowania w systemie więcej niż trzech stacji naziemnych uzyskuje się dokładniejsze wyznaczenie własnej pozycji osoby i/lub obiektu.

Wynalazek objaśniony jest bliżej w przykładzie wykonania i na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia schematycznie naziemny system lokalizacyjny zbudowany z trzech stacji naziemnych oraz osoby i/lub obiektu o poszukiwanej lokalizacji, a fig. 2a przedstawia przykładowe zależności czasowe sygnałów nadawanych przez stacje naziemne, fig. 2b przedstawia zależności czasowe w miejscu o poszukiwanej lokalizacji, zaś fig. 2c przedstawia zależności czasowe w jednej ze stacji naziemnych pomiędzy nią a pozostałymi stacjami naziemnymi.

Przykład

Sposób lokalizacji obiektu w systemie lokalizacji naziemnej zbudowanej z trzech naziemnych stacji radiowych

Na badanym obszarze, w którym położony jest obiekt M włącza się trzy stacje S1, S2, S3 o następujących współrzędnych:

$$S1 = (x_{S1}, y_{S1}),$$

$$S2 = (x_{S2}, y_{S2}),$$

$$S3 = (x_{S3}, y_{S3}),$$

W każdej z tych stacji naziemnych S1, S2, S3 zainstalowany jest układ do odbioru sygnałów z co najmniej dwóch stacji będących w zasięgu radiowym i układ do pomiaru i przesyłania czasu propagacji pomiędzy tymi stacjami naziemnymi S1, S3. Osoba i/lub obiekt M zaopatrzona jest w układ do odbioru sygnałów zawierających współrzędne geograficzne stacji naziemnych S1, S2, S3 współpracujący z układem do pomiaru czasu propagacji pomiędzy stacjami naziemnymi S1, S2, S3 i tą osobą i/lub obiektem M.

Z każdej stacji naziemnej S1, S2, S3 nadaje się sygnał zawierający jej współrzędne geograficzne $x_{S1}, y_{S1}, x_{S2}, y_{S2}, x_{S3}, y_{S3}$, po czym w każdej z tych stacji naziemnych odbiera się te sygnały i mierzy się czas propagacji nT_{21} i nT_{31} pomiędzy tymi stacjami naziemnymi S1, S2, S3.

Następnie z tych naziemnych stacji S1, S2, S3 przesyła się otrzymane sygnały $x_{S1}, y_{S1}, x_{S2}, y_{S2}, x_{S3}, y_{S3}$ zawierające współrzędne geograficzne oraz pomierzone różnice czasów propagacji nT_{21} i nT_{31} do obiektu M o poszukiwanej lokalizacji. Następnie, w celu określenia lokalizacji obiektu M względem stacji S1, S2, S3, mierzy się różnicę czasu propagacji dT_{21} pomiędzy stacją pierwszą S1 i stacją drugą S2 oraz mierzy się czas propagacji dT_{31} pomiędzy stacją pierwszą S1 i stacją trzecią S3. W układzie, w który wyposażona jest osoba i/lub obiekt na podstawie odebranych sygnałów zawierających współrzędne $x_{S1}, y_{S1}, x_{S2}, y_{S2}, x_{S3}, y_{S3}$, oblicza się czas propagacji sygnałów między stacjami naziemnymi T_{S1S2}, T_{S1S3} . Rzeczywistą różnicę czasów propagacji przedstawia zależność:

$$T_{21} = nT_{21} - dT_{21} - T_{S1S2}$$

$$T_{31} = nT_{31} - dT_{31} - T_{S1S3}$$

Następnie wyznacza się różnice odległości obiektu M o poszukiwanej lokalizacji między stacjami naziemnymi według równania:

$$d_{21} = \sqrt{(x_{S2} - x_M)^2 + (y_{S2} - y_M)^2} - \sqrt{(x_{S1} - x_M)^2 + (y_{S1} - y_M)^2},$$

$$d_{31} = \sqrt{(x_{S3} - x_M)^2 + (y_{S3} - y_M)^2} - \sqrt{(x_{S1} - x_M)^2 + (y_{S1} - y_M)^2}.$$

gdzie:

$$d_{21} = T_{21} \cdot c = d_2 - d_1,$$

$$d_{31} = T_{31} \cdot c = d_3 - d_1.$$

$$d_1 = T_1 \cdot c = \sqrt{(x_{S1} - x_M)^2 + (y_{S1} - y_M)^2},$$

$$d_2 = T_2 \cdot c = \sqrt{(x_{S2} - x_M)^2 + (y_{S2} - y_M)^2},$$

$$d_3 = T_3 \cdot c = \sqrt{(x_{S3} - x_M)^2 + (y_{S3} - y_M)^2},$$

d_1 – odległość obiektu M od stacji S1

d_2 – odległość obiektu M od stacji S2

d_3 – odległość obiektu M od stacji S3

T_1 – czas propagacji od stacji S1 do obiektu M

T_2 – czas propagacji od stacji S2 do obiektu M

T_3 – czas propagacji od stacji S3 do obiektu M

c – prędkość rozchodzenia fali e-m ($3 \cdot 10^8$ m/s).

Następnie z rozwiązania poniższego równania w uzależnieniu od d_1 ;

$$\begin{bmatrix} x_M \\ y_M \end{bmatrix} = - \begin{bmatrix} x_{S2} - x_{S1} & y_{S2} - y_{S1} \\ x_{S3} - x_{S1} & y_{S3} - y_{S1} \end{bmatrix}^{-1} \times \left\{ \begin{bmatrix} T_{21} \cdot c \\ T_{31} \cdot c \end{bmatrix} d_1 + \frac{1}{2} \left[\begin{matrix} (T_{21} \cdot c)^2 - (x_{S2}^2 + y_{S2}^2) + (x_{S1}^2 + y_{S1}^2) \\ (T_{31} \cdot c)^2 - (x_{S3}^2 + y_{S3}^2) + (x_{S1}^2 + y_{S1}^2) \end{matrix} \right] \right\}$$

Jeżeli powyższą zależność podstawimy do wyrażenia $d_1 = T_1 \cdot c = \sqrt{(x_{S1} - x_M)^2 + (y_{S1} - y_M)^2}$, to otrzymamy równanie kwadratowe ze względu na niewiadomą d_1 .

$$ad_1^2 + bd_1 + c = 0$$

Rozwiązując powyższe równanie otrzymuje się dwa pierwiastki. Właściwe rozwiązanie stanowi pierwiastek postaci:

$$d_1 = \frac{-b - \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

Wyznaczoną wartość d_1 podstawia się do wyrażenia:

$$\begin{bmatrix} x_M \\ y_M \end{bmatrix} = - \begin{bmatrix} x_{S2} - x_{S1} & y_{S2} - y_{S1} \\ x_{S3} - x_{S1} & y_{S3} - y_{S1} \end{bmatrix}^{-1} \times \left\{ \begin{bmatrix} T_{21} \cdot c \\ T_{31} \cdot c \end{bmatrix} d_1 + \frac{1}{2} \begin{bmatrix} (T_{21} \cdot c)^2 - (x_{S2}^2 + y_{S2}^2) + (x_{S1}^2 + y_{S1}^2) \\ (T_{31} \cdot c)^2 - (x_{S3}^2 + y_{S3}^2) + (x_{S1}^2 + y_{S1}^2) \end{bmatrix} \right\}$$

i ustala współrzędne geograficzne x_M, y_M obiektu M o poszukiwanej lokalizacji.

Zastrzeżenia patentowe

1. Asynchroniczny system wyznaczania własnej pozycji osób i/lub obiektów polegający na odbiorze sygnałów radiowych z co najmniej trzech stacji naziemnych, **znamienny tym**, że w każdej stacji naziemnej (S1, S2, S3) zainstalowany jest układ do nadawania sygnałów radiowych zawierających również jej współrzędne geograficzne, przy czym w każdej z tych stacji naziemnych (S1, S2, S3) zainstalowany jest układ do odbioru sygnałów z co najmniej dwóch stacji będących w zasięgu radiowym i układ do pomiaru i przesyłania czasu propagacji pomiędzy tymi stacjami naziemnymi (S1, S2, S3), zaś osoba i/lub obiekt (M) zaopatrzona jest w układ do odbioru sygnałów zawierających współrzędne geograficzne stacji naziemnych (S1, S2, S3) współpracujący z układem do pomiaru czasu propagacji pomiędzy stacjami naziemnymi (S1, S2, S3) i tą osobą i/lub obiektem (M).
2. Sposób wyznaczania własnej pozycji osób i/lub obiektów polegający na odbiorze sygnałów radiowych zawierających pozycje geograficzne tych stacji naziemnych z co najmniej trzech stacji naziemnych, **znamienny tym**, że mierzy się różnicę czasów propagacji (T_{S1S2}, T_{S1S3}) pomiędzy stacjami naziemnymi (S1, S2, S3) oraz mierzy się różnicę czasów propagacji (dT_{21}, dT_{31}) pomiędzy stacjami naziemnymi (S1, S2, S3) i tą osobą i/lub obiektem (M) i odbiera się sygnał z pomiaru różnicy czasów propagacji (nT_{21}, nT_{31}) pomiędzy stacjami naziemnymi (S1, S2, S3), a na podstawie zależności:

$$z_a \approx (G_a^T Q^{-1} G_a)^{-1} G_a^T Q^{-1} h$$

gdzie:

$$z_a = [z_p^T, r_1]^T$$

$$z_p = [x_M, y_M]^T$$

$$h = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} (T_{21} \cdot c)^2 - (x_{S2}^2 + y_{S2}^2) + (x_{S1}^2 + y_{S1}^2) \\ (T_{31} \cdot c)^2 - (x_{S3}^2 + y_{S3}^2) + (x_{S1}^2 + y_{S1}^2) \\ \dots \\ (T_{N1} \cdot c)^2 - (x_{SN}^2 + y_{SN}^2) + (x_{S1}^2 + y_{S1}^2) \end{bmatrix}$$

$$G_a = - \begin{bmatrix} x_{S2} - x_{S1} & y_{S2} - y_{S1} & T_{21} \cdot c \\ x_{S3} - x_{S1} & y_{S3} - y_{S1} & T_{31} \cdot c \\ \dots & \dots & \dots \\ x_{SN} - x_{S1} & y_{SN} - y_{S1} & T_{N1} \cdot c \end{bmatrix},$$

Q – macierz kowariancji dla macierzy $d = [d_{21} \ d_{31} \ \dots \ d_{N1}]^T$

$$d_{21} = T_{21} \cdot c = d_2 - d_1$$

$$d_{31} = T_{31} \cdot c = d_3 - d_1$$

$$d_{N1} = T_{N1} \cdot c = d_N - d_1$$

T_{21} – różnica czasów propagacji sygnału między stacją drugą a pierwszą,

T_{31} – różnica czasów propagacji sygnału między stacją trzecią a pierwszą,

T_{N1} – różnica czasów propagacji sygnału między stacją N-tą a pierwszą,

d_1 – odległości między stacją pierwszą a szukaną lokalizacją M,

d_2 – odległości między stacją drugą a szukaną lokalizacją M,

d_N – odległości między stacją N-tą a szukaną lokalizacją M,

d_{21} – różnica odległości między stacją drugą a pierwszą,

d_{31} – różnica odległości między stacją trzecią a pierwszą,

d_{N1} – różnica odległości między stacją N-tą a pierwszą,

x_{S1}, y_{S1} – współrzędne stacji pierwszej,

x_{S2}, y_{S2} – współrzędne stacji drugiej,

x_{S3}, y_{S3} – współrzędne stacji trzeciej,

x_{SN}, y_{SN} – współrzędne stacji N-tej,

x_M, y_M – współrzędne osoby i/lub obiektu,

ustala się współrzędne geograficzne pozycji własnej osoby i/lub obiektu.

Rysunki

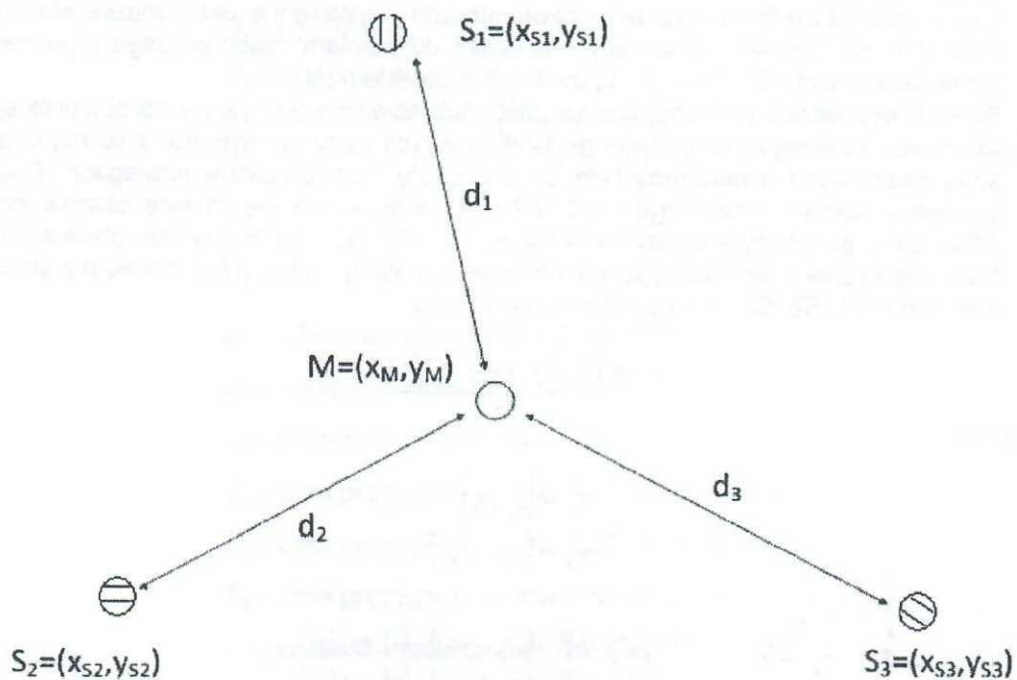


Fig.1

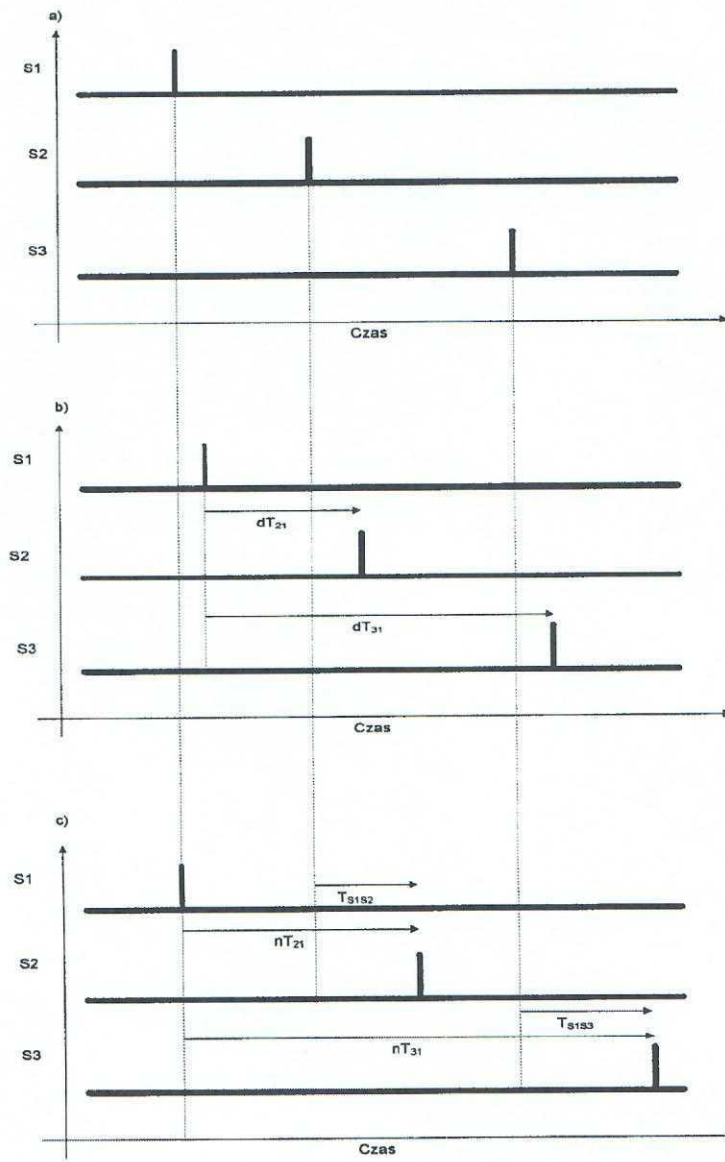


Fig. 2