B-2-23
2018年　電子情報通信学会総合大会

ドップラー併用の速度初期値が不要な TDOA

TDOA with Doppler Measurements without the Initial Value of Target Velocity

小菅 義夫[†, ††]，古賀 禎[†]，宮崎 裕己[†]，呂　暁東[†]，稲葉 敬之[††]
Yoshio KOSUGE[†, ††], Tadashi KOGA[†], Hiromi MIYAZAKI[†] , Xiaodong LU[†], and Takayuki INABA[††]
†電子航法研究所，††電気通信大
†Electronic Navigation Research Institute , ††University of Electro-Communications

1．はじめに

ドップラー観測値を併用する TDOA において，従来とは異なり，速度の初期値を使用せずに目標速度を推定する方法を提案する．

2．距離差観測モデル

$i(i=0,\cdots,n)$ 番目の受信局（固定位置）$\underline{B}_i$ 及び目標位置 $\underline{L}$ を，D^T は行列 D の転置を表すとして，次式で表す．

$$\underline{B}_i=(x_i,y_i,z_i)^T \tag{1}$$

$$\underline{L}=(x,y,z)^T \tag{2}$$

目標と i 番目の受信局の距離の真値 R_i は，次式となる．

$$R_i=f_i(\underline{L})=\sqrt{(x_i-x)^2+(y_i-y)^2+(z_i-z)^2} \tag{3}$$

距離差観測値を R_{i0o}，観測誤差を v_i として次式を得る．

$$R_{i0o}=R_i-R_0+v_i \tag{4}$$

（性質１）位置推定初期値を $\underline{L}_0$ とすると，次式を得る．

$$\Delta R_{i0o}=R_{i0o}-\left[f_i(\underline{L}_0)-f_0(\underline{L}_0)\right]\approx(\underline{\omega}(i)-\underline{\omega}(0))\underline{a}_l+v_i \tag{5}$$

ここで，次式を定義する．

$$\underline{\omega}(i)=(\underline{L}_0-\underline{B}_i)^T/f_i(\underline{L}_0) \tag{6}$$

$$\underline{a}_l=\underline{L}-\underline{L}_0 \tag{7}$$

すると，次式を得る．

$$\underline{b}_l=(\Delta R_{10o},\cdots,\Delta R_{n0o})^T=A_l\underline{a}_l+\underline{v}_l \tag{8}$$

ここで，次式を定義する．

$$A_l=\begin{pmatrix}[\underline{\omega}(1)-\underline{\omega}(0)]^T & \cdots & [\underline{\omega}(n)-\underline{\omega}(0)]^T\end{pmatrix}^T \tag{9}$$

$$\underline{v}_l=(v_1,\cdots,v_n)^T \tag{10}$$

3．ドップラー観測モデル

目標速度ベクトルの真値を $\underline{V}$ とすると，i番目の送受信機間のドップラーの真値 $\dot{R}_i$ 及び観測値 $\dot{R}_{io}$ は次式となる．

$$\dot{R}_i=h_i(\underline{L},\underline{V})=(\underline{L}-\underline{B}_i)^T\underline{V}/f_i(\underline{L}) \tag{11}$$

$$\dot{R}_{io}=\dot{R}_i+\dot{v}_i \tag{12}$$

$\dot{v}_i$ はドップラーのランダムな観測誤差である．

（１）従来法（Taylor級数推定法）

（性質２）速度推定初期値を $\underline{V}_0$ とすると，次式を得る．なお，$\alpha_{il},\beta_{il},\gamma_{il}$ は線形近似の係数である．

$$\Delta\dot{R}_{io}=\dot{R}_{io}-h_i(\underline{L}_0,\underline{V}_0)\approx\underline{\kappa}(i)\underline{a}_l+\underline{\omega}(i)\underline{a}_v+\dot{v}_i \tag{13}$$

ここで，次式を定義する．

$$\underline{\kappa}(i)=\begin{pmatrix}\alpha_{il} & \beta_{il} & \gamma_{il}\end{pmatrix} \tag{14}$$

$$\underline{a}_v=\underline{V}-\underline{V}_0 \tag{15}$$

すると，次式を得る．

$$\underline{b}_d=(\Delta\dot{R}_{0o},\cdots,\Delta\dot{R}_{no})^T=A_{ld}\underline{a}_l+A_d\underline{a}_v+\underline{v}_d \tag{16}$$

ここで，次式を定義する．

$$A_{ld}=\begin{pmatrix}\underline{\kappa}(0)^T & \cdots & \underline{\kappa}(n)^T\end{pmatrix}^T \tag{17}$$

$$A_d=\begin{pmatrix}\underline{\omega}(0)^T & \cdots & \underline{\omega}(n)^T\end{pmatrix}^T \tag{18}$$

$$\underline{v}_d=(\dot{v}_0,\cdots,\dot{v}_n)^T \tag{19}$$

（２）提案法

式(11)において，未知数である位置ベクトルの真値の代わりに初期値を使用すれば，次式を得る．

$$\dot{R}_i\approx\underline{\omega}(i)\underline{V} \tag{20}$$

すると，次式を得る．

$$\underline{d}_d=(\dot{R}_{0o},\cdots,\dot{R}_{no})^T=A_d\underline{V}+\underline{v}_d \tag{21}$$

4．観測雑音の性質

$E[\ ]$ は平均，$\underline{0}$ は零ベクトル，$D>0$ は行列 D が正値，$O_{m,n}$ は $m\times n$ の零行列を表わすとして，次式を仮定する．

$$E[\underline{v}]=\underline{0} \tag{22}$$

$$V=E[\underline{v}\underline{v}^T]=\begin{pmatrix}V_l & O_{n,n+1}\\ O_{n+1,n} & V_d\end{pmatrix}>0 \tag{23}$$

ここで，次式を定義する．

$$\underline{v}=(\underline{v}_l^T,\underline{v}_d^T)^T \tag{24}$$

$$V_l=E[\underline{v}_l\underline{v}_l^T] \tag{25}$$

$$V_d=E[\underline{v}_d\underline{v}_d^T] \tag{26}$$

5．距離差，ドップラーを使用した TDOA 測位，測速

（１）従来法

距離差と式(13)で線形近似したドップラーを使用した重み付き最小自乗法による

$$\underline{a}=(\underline{a}_l^T,\underline{a}_v^T)^T \tag{27}$$

の推定値 $\hat{\underline{a}}$ は次式である．

$$\hat{\underline{a}}=(A^TV^{-1}A)^{-1}A^TV^{-1}(\underline{b}_l^T,\underline{b}_d^T)^T \tag{28}$$

ここで，次式を定義する．

$$A=\begin{pmatrix}A_l & O_{n,3}\\ A_{ld} & A_d\end{pmatrix} \tag{29}$$

（２）提案法

距離差と式(20)で線形近似したドップラーを使用した重み付き最小自乗法による

$$\underline{c}=(\underline{a}_l^T,\underline{V}^T)^T \tag{30}$$

の推定値 $\hat{\underline{c}}$ は次式である．

$$\hat{\underline{c}}=(C^TV^{-1}C)^{-1}C^TV^{-1}(\underline{b}_l^T,\underline{d}_d^T)^T \tag{31}$$

ここで，次式を定義する．

$$C=\begin{pmatrix}A_l & O_{n,3}\\ O_{n+1,3} & A_d\end{pmatrix} \tag{32}$$

6．性能比較

（性質３）従来法で速度が推定可能ならば，提案法でも可能である．また，提案法による速度推定誤差共分散行列は，従来法以下である．ただし，提案法による位置推定誤差共分散行列は，従来法以上である．

7．まとめ

本稿では，速度推定性能が改善可能なドップラー観測モデルを提案した．

Copyright © 2018 IEICE