

基于广义互相关算法的时延估计

梁宇 马良 纳霞 陈晨

(云南大学软件学院 昆明 650000)

摘要 在无线电定位技术中, AOA, TOA, TDOA 是目前最有发展潜力的蜂窝系统移动台定位技术。定位中对时间差估计的精度要求非常高, 测量精度越高, 由其引入的定位误差就会越小。传统的广义互相关算法在实际的噪声环境中产生的时延估计误差较高。在此基础上, 对时延估计采用了基于周期互谱密度和互功率谱的广义互相关算法进行研究, 改进了传统的广义互相关算法。仿真结果表明改进的时延估计算法在恶劣信道环境影响下表现出了相对较好的鲁棒性。

关键词 广义互相关, 周期互谱密度, 互功率谱, 时间差

Research of Time Delay Estimation Based on GCC Algorithm

LIANG Yu MA Liang NA Xia CHEN Chen

(Software School, Yunnan University, Kunming 650000, China)

Abstract In the system of radio location, AOA TOA and TDOA are the most development potential location technology of the cellular mobile station. The time delay estimation of TDOA requires very high precision. The higher accuracy of measurement, the residual will be smaller which is introduced. On this basis, the research of time delay estimation adopts new GCC algorithm which is based on periodic cross-spectral and cross-power spectrum. The simulation results show that the improved time delay estimation algorithm in the influence of harsh noise environment shows a relatively good robustness.

Keywords GCC, Periodic cross-spectral density, Cross-power spectrum, Time-delay

1 引言

随着信号抵达时间差异定位技术的飞速发展, 无线电定位技术在无线电监控领域得到广泛应用。AOA、TOA、TDOA 是目前最有发展潜力的蜂窝系统移动台定位技术。它已经被应用在 IS-95 CDMA 和 GSM^[1]。

通过测量不同定位台站接收到同一信号源发出的无线电信号到达的时间差计算出相应的距离差, 并据此建立双曲线方程组, 可根据 Chan 和 Taylor 等算法求解得到信号源的位置估计值。由于电磁波的传播速率很高, 微小的时间误差也会造成较大的距离误差, 使定位精度大幅度降低。因此 TDOA 定位系统对 TDOA 中时间差的估计精度要求非常高, 其测量精度越高, 由其引入的定位误差就会越小^[2]。

本文将对基于周期互谱密度和互功率谱的广义互相关算法进行研究, 最后对算法的性能进行分析和仿真。

2 广义互相关算法描述

2.1 基于周期互谱密度算法的描述

直接利用广义互相关法来估计时延, 其估计误差较大^[3,4]。利用互谱密度乘以不同的频域加权窗, 然后通过反傅里叶变换得到广义互相关函数进行误差估计。这种方法能

减弱噪声和干扰的影响。

设 (x, y) 为 MS 的待估计位置, 两个台站具有完全一致性, 两个台站的输出分别为:

$$x(t) = s(t) + n(t) \tag{1}$$

$$y(t) = s(t+D) + m(t) \tag{2}$$

式中, $s(t)$ 为有用信号, $n(t)$ 和 $m(t)$ 为干扰噪声, D 为同一信号到达两个台站的时间差。

则 $x(t)$ 和 $y(t)$ 的互相关函数为^[5]:

$$R_{xy}(\tau) = E[x(t)y(t+\tau)] \tag{3}$$

对 $x(t)$ 和 $y(t)$ 的互相关函数进行傅里叶变换, 得到周期互谱密度函数为:

$$S_{xy}(f) = R_s(f) e^{-j2\pi fD} + S_{mn}(f) \tag{4}$$

通常噪声和非人为干扰信号周期频率上不呈现谱相关。可以得到:

$$S_{mn}(f) = R_n(f) = R_m(f) = 0 \tag{5}$$

由此可知, 在频域通过求循环互相关函数和周期互谱密度函数, 来进行到达时间差估计, 就可以减少噪声和干扰的影响。如果具有相同的干扰源, 它就会产生影响。就是说, 进入两个台站的信号, 如果干扰和信号具有不同的循环互相关函数和周期互谱密度函数, 时差估计就不会受到噪声的影响。

对互谱密度函数进行加权, 权值为^[6]:

梁宇(1964—), 男, 硕士, 高级工程师, 主要研究方向为计算机网络、移动计算, E-mail: yuliang@ynu.edu.cn; 马良(1987—), 男, 硕士生, 主要研究方向为无线监测与分布式网络; 纳霞(1987—), 女, 硕士生, 主要研究方向为无线监测与分布式网络; 陈晨(1986—), 男, 硕士生, 主要研究方向为无线监测与分布式网络。

$$A = \frac{1}{\sqrt{S_y}} \quad (6)$$

对加权后的互谱密度函数信号进行反傅里叶变换求出基于周期互谱密度的广义相关函数为^[7]:

$$G(\tau) = \int_{-\infty}^{+\infty} AS_{xy}(f)e^{-j2\pi f\tau} df$$

$$= \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{S_{xy}(f)}{\sqrt{S_y(f)}} e^{-j2\pi f\tau} df \quad (7)$$

通过对式(6)求最大值便可求出信号到达两个台站的时间差。

2.2 基于互功率谱算法的描述

将台站收到的信号通过傅里叶变换由时域转换成频域信号。

$$F_x(\tau) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t)e^{-j2\pi t\tau} dt \quad (8)$$

$$F_y(\tau) = \int_{-\infty}^{+\infty} y(t)e^{-j2\pi t\tau} dt \quad (9)$$

通过式(8)和式(9)求出互功率谱密度函数:

$$G_{X_1X_2}(\tau) = F_x(\tau)F_y^*(\tau) \quad (10)$$

式中, $F_y^*(\tau)$ 为 $F_y(\tau)$ 的共轭。

台站实际接收到的无线电信号中由于有噪声的影响, 广义互相关估计可能没有明显的尖峰存在。为了凸现尖峰降低误差, 可以先对台站接收到的无线电数据进行滤波处理, 它等效于在频域的加权处理, 这可以加强接收信号中源信号的谱分量, 提高信噪比, 从而获得更高的 TDOA 时差估计精度。

基于互功率谱的广义互相关算法, 对频域进行加权处理, 可对信号和噪声进行白化处理, 以增强信号中信噪比较高的频率成分, 抑制信道中噪声的影响, 再通过反傅里叶变换将其变换到时域, 得到两信号之间的广义互相关函数。

$$R_{xy}^G(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} AG_{X_1X_2}(\tau)e^{-j2\pi t\tau} d\tau \quad (11)$$

式中, A 为广义互相关的加权函数^[8]。根据信号和噪声的不同情况, 针对不同的噪声干扰选取不同的权值使基于互功率谱的广义互相关函数的峰值锐化。权值的选取参见表 1。

表 1 权值的选取

编号	名称	权值函数
1	Roth	$A = \frac{1}{\sqrt{G_{X_1}(\tau)}}$
2	Scot	$A = \frac{1}{\sqrt{G_{X_1X_1}(\tau)G_{X_2X_2}(\tau)}}$
3	Path	$A = \frac{1}{ G_{X_1X_2}(\tau) }$

3 算法仿真

为了验证算法的实际性能, 仿真采用 2 个服务台站, 并对每个台站随机生成不同的信道噪声。仿真中采样频率采用 1MHz。

图 1 是两个服务台站接收到的经过不同随机噪声干扰的无线电信号, 及被测源发出的不经干扰的信号。

图 2—图 4 是对两个服务台站接收到的无线电信号, 权值分别采用 Roth 函数、Scot 函数和 Path 函数的基于互功率

谱的广义互相关函数。

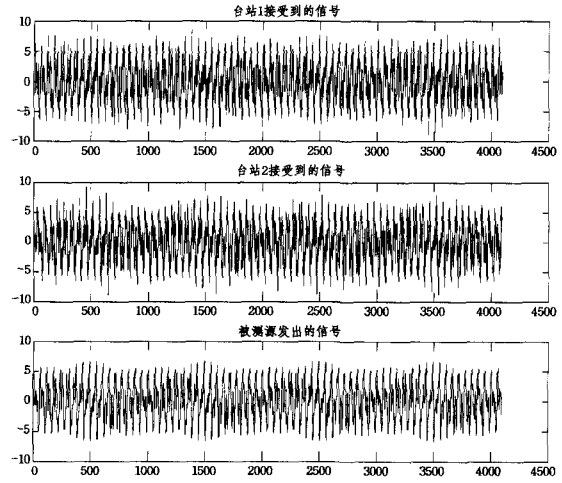


图 1 两台站接受到的信号和源信号

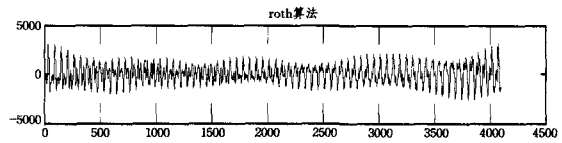


图 2 权值为 Roth 的基于互功率谱的广义互相关函数

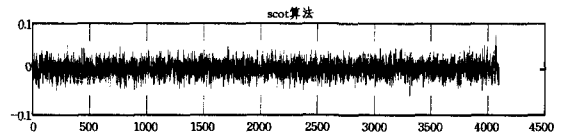


图 3 权值为 Scot 的基于互功率谱的广义互相关函数

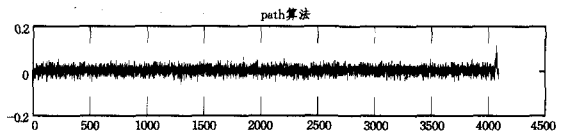


图 4 权值为 Path 的基于互功率谱的广义互相关函数

图 5 是对两个服务台站接收到的无线电信号, 采用基于周期互谱密度算法的广义互相关函数。

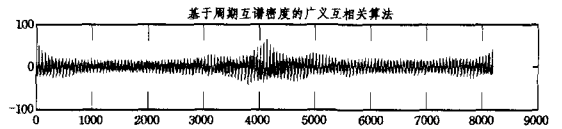


图 5 基于周期的互谱密度的广义互相关函数

仿真结果表明, 在高信噪比的情况下, 这 4 种方法都可较准确地估计时延, 不同的权值函数均对基于互功率谱的广义互相关函数明显起到了锐化峰值的作用, Path 权值的锐化效果明显。但是在实际应用中, 接受到噪声干扰可能会比较强, 为了比较这 4 种方法在高噪声环境下的性能, 本文对两个台站接受到的信号噪声加强, 然后再进行时差估计, 其噪声提高到原随机噪声的 2 倍的仿真结果如图 6 所示。

从图 6 中可以看出, 随着噪声的加倍, 信噪比大幅降低, 4 种方法的性能都出现了不同程度的降低。权值为 Roth 和 Scot 的基于互功率谱的广义互相关算法性能下降得最快, 其互相关函数峰值几乎湮没在干扰峰中。而权值为 Path 的基

于互功率谱的广义互相关算法和基于周期互谱密度的广义互相关算法在受到噪声干扰时其互相关函数峰值仍然较为突出,很容易分辨,表现出了相对较好的鲁棒性。

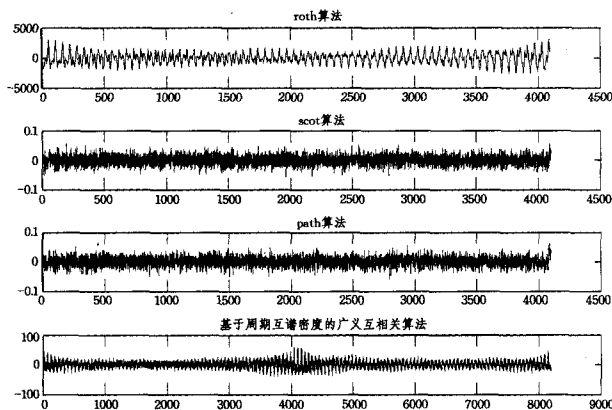


图6 两倍随机噪声的情况下各算法的广义互相关函数

结束语 在噪声环境下,无线电定位中时差估计是一个难点,传统的广义互相关算法得到的结果并不理想。本文对基于周期互谱密度和互功率谱的广义互相关算法进行了不同的加权和仿真,其中 Roth 和 Scot 加权对基于互功率谱的广义互相关函数的峰值尖锐程度在高信噪比的情况下性能较好,在受到强烈噪声干扰后,其互相关函数峰值的尖锐程度都会出现不同程度的降低,时延估计的准确性随着信噪比的降低而恶化。相对来说,基于周期互谱密度和权值为 Path 的互功率谱的广义互相关算法在低信噪比的环境下性能下降较

少,表现出了相对较好的鲁棒性。

参考文献

- [1] Yap J H, Ghaeri-Niri S, Tafazolli R. Accuracy and hearability of mobile positioning in GSM and CDMA networks[A]// 3G Mobile Communication Technologies, Third International Conference [C]. 2002;350-354
- [2] 胡来招. 无源定位(第一版)[M]. 北京:国防工业出版社,2004
- [3] 王宏禹,邱天爽. 自适应噪声抵消和时间延迟估计[M]. 大连:大连理工大学出版社,1999
- [4] Knapp C H, Carter G C. The Generalized Correlation Method for Estimation of Time Delay[J]. IEEE Transaction on Acoustics, Speech and Signal Processing, 1976, 24(4): 320-327
- [5] Omologo M, Svaizer P. Acoustic Source Location in Noisy and Reverberant Environment Using CSP Analysis [C]// Processing of ICASSP. Atlanta, GA, 1996: 921 - 924
- [6] 郭俊成. 基于传声器阵列的声源定位技术研究[D]. 南京:南京航空航天大学,2007
- [7] Gardner W A. Signal interception: performance advantages of cyclic-feature detectors [J]. IEEE Trans. on Communication, 1992
- [8] Chen JD, Benesty J, Huang Y T. Performance of GCC and AMDF-based time delay estimation in practical reverberant environments[J]. EURASIP Journal on Applied Signal Processing, 2005 (1): 25-36

(上接第 433 页)

于管理域内部域范围,而全局安全策略是指影响智能云和管理域之间的各种交互的安全策略。

内部域安全策略定义为和管理域内部域安全性相关的所有参数的一组规则。域内进行的种种与安全相关的活动,如使用用户名/口令向操作系统登录,或使用 SSH 执行远程作业等,就是其安全策略的具体体现。全局安全策略则作用于智能云与管理域外部域之间的各种交互行为,决定如何管理域外的成员对域内资源提供的服务的访问,例如具有哪些特性(包括身份、属性等)的成员可访问域内哪些资源的何种服务等。它负责在智能云计算环境中对内部域策略进行评估和调和,共同作用于智能云计算环境中的各种交互行为,从而构成一个完整的安全策略实例。

结束语 云计算是分布式计算、并行处理和网格计算的进一步发展,是基于互联网的,是能够向各种网络应用提供硬件服务、基础架构服务、平台服务、软件服务、存储服务的系统^[5]。智能电网将先进的网络通信技术、信息处理技术和现代电网技术进行了融合,代表了未来电力工业发展的趋势。因此,将云计算技术引入智能电网领域,充分挖掘现有电力系统计算能力和存储设施,以提高其适用性和利用率,无疑具有极其重要的研究价值和意义。

本文对面向智能电网的云计算技术进行了研究。首先,我们研究了云计算的概念及关键技术特点;接着,分析了面向

智能电网的云计算体系-智能云,并重点研究了智能云的内涵和构建方式;同时,也对影响智能云的关键问题-资源管理和安全策略进行了深入探讨。

尽管智能云概念的提出较好地利用了电力系统现有的硬件资源,但在解决资源调度、可靠性及域间交互等方面的问题时,仍面临许多挑战。对这些问题进行广泛而深入的研究,无疑对于智能云计算技术的发展将产生深远的影响。

参考文献

- [1] 潘睿,刘俊勇,郭晓鸣. 电力系统云计算初探[J]. 四川电力技术, 2010, 33(3): 71-76
- [2] 李琪林,周明天. 智能电网关键技术研究[J]. 计算机科学, 2010, 37(8): 102-104
- [3] 陈全,邓倩妮. 云计算及其关键技术[J]. 计算机应用, 2009, 29(9): 2562-2567
- [4] Dikaiakos M D, Katsaros D, Mehra P, et al. Cloud Computing: Distributed Internet Computing for IT and Scientific Research, Internet Computing[J]. IEEE, 2009, 13(5): 10-13
- [5] 张建勋,古志民,郑超. 云计算研究进展综述[J]. 计算机应用研究, 2010, 27(2): 429-433
- [6] 张文亮,刘壮志,王明俊,等. 智能电网的研究进展及发展趋势[J]. 电网技术, 2009, 33(13): 1-11