

文章编号: 1672-2892(2011)06-0694-04

相控阵雷达自适应调度算法仿真

陈大伟, 陈明燕, 张 伟

(电子科技大学 电子科学技术研究院, 四川 成都 611731)

摘 要: 灵活、高效的调度算法是相控阵雷达发挥其性能优势的关键, 而如何分配任务优先级对雷达性能有着决定性的影响。文章将 BP 神经网络引入调度算法, 利用目标运动参数和跟踪状态实时自适应地分配任务优先级。算法根据优先级和时间约束, 合理安排调度周期内雷达任务请求, 选择优先级较高的那部分雷达任务执行, 并通过仿真结果验证了算法的有效性。

关键词: 相控阵雷达; 自适应调度算法; 神经网络

中图分类号: TN958.92

文献标识码: A

Simulation on adaptive scheduling algorithm for phased array radar

CHEN Da-wei, CHEN Ming-yan, ZHANG Wei

(Research Institute Electronic Science and Technology, UESTC, Chengdu Sichuan 611731, China)

Abstract: An effective scheduling algorithm is very important for the phased array radar to optimize its performance, and the task priority assignment has crucial influence on radar performance. In this paper, a BP neural network is introduced to scheduling algorithm to assign priority for the target based on its flight parameters and track state instantaneously and adaptively. The proposed algorithm reasonably arranges the radar requests based on their priorities and time restriction, selects the most important of them to execute. The validity of the algorithm is proved by the results of the simulation.

Key words: phased array radar; adaptive scheduling algorithm; neural network

相控阵雷达是雷达体系的一个重要新发展, 具有灵活的波束指向、可控的空间功率分配及时间资源分配等特点, 从而完成搜索和多目标跟踪等功能^[1]。灵活、高效的调度算法是相控阵雷达能否发挥其全部性能优势的关键。常用的调度策略有固定模板、多模板、部分模板和自适应调度, 针对相控阵雷达, 自适应调度是最有效也是最复杂的调度策略。

相控阵雷达可同时完成跟踪、搜索等雷达任务, 每个雷达任务都要消耗一定的雷达资源, 但雷达资源是有限的, 特别是时间资源, 大多数情况下雷达无法满足所有的任务请求, 所以如何评估任务优先级, 选择最重要最紧迫的那部分雷达任务执行具有重要意义, 对雷达性能有着决定性的影响^[2]。在相控阵雷达自适应调度算法中通常使用的是基于固定优先级的调度算法, 如基于工作方式优先级调度算法^[3-4]。在这种调度算法中, 工作方式一旦确定, 雷达任务的调度优先级便不再变化, 相同工作方式下的任务只能根据期望发射时间及时间窗确定其调度先后顺序。对于多功能相控阵雷达而言, 不同工作方式有不同的优先级, 但不能仅仅依此来确定任务的优先级, 因为即使在相同工作方式下, 不同任务其重要程度也不相同, 尤其是对于跟踪任务^[5]。神经网络是智能控制的主要分支之一, 其非线性、并行分布处理、学习和自适应等特点使其越来越多地用于控制领域的各个方面, 而 BP 网络是采用误差反向传播算法的多层感知器, 是最流行的前馈型神经网络模型^[6], 已经在数据融合、风险评估等方面得到广泛应用^[7-8]。本文将 BP 神经网络引入自适应调度算法, 针对跟踪任务, 根据目标的运动状态和跟踪情况实时分配其调度优先级, 提高算法的自适应能力。

1 自适应调度算法

1.1 调度模块总体结构

图 1 为相控阵雷达工作流程, 虚线框内部分为本文雷达调度模型。调度模块工作流程为:

1) 调度模块首先读取当前调度间隔内的任务请求,确定波形后,产生雷达任务。其中雷达任务请求主要包含:数据处理模块对航迹进行滤波、预测后的确认和跟踪任务,雷达按波位进行的例行搜索任务。

2) 雷达任务链表包含确认、跟踪和搜索3个雷达任务链表,根据任务类型将雷达任务加入相应链表。

3) 雷达任务链表经BP神经网络进行优先级计算并对其雷达任务重新排序,其中跟踪任务链表按任务优先级排列,确认和搜索链表按任务期望发射时间排列。

4) 调度器从雷达任务链表中提取任务进行调度,最终生成执行链表送往雷达发射。

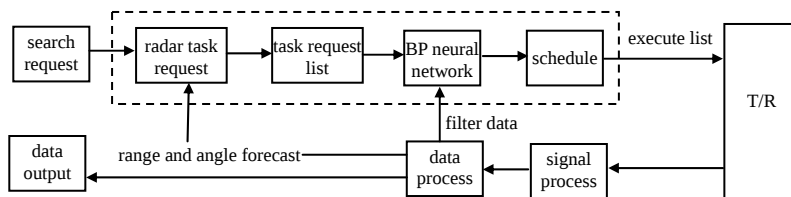


Fig.1 Radar work flow

图1 雷达工作流程

1.2 优先级分配网络

本文采用训练好的神经网络分配优先级。此网络为多输入单输出BP神经网络,如图2所示。网络输入为目标滤波结果中的高度、距离、速度、加速度、航迹质量5个参数,输出为优先级。其中航迹质量描述目标航迹状态,航迹质量的值越大,表示目标跟踪状态越好,目标优先级可以相应降低。由于搜索任务没有滤波信息,验证任务滤波信息不完整,所以这个优先级分配网络主要针对跟踪任务,而验证任务和搜索任务优先级则定为其工作方式优先级,分别定为1和0。

网络为3层BP网络,隐含层和输出层神经元激活函数为连续可导的Sigmoid函数:

$$f(x) = \frac{1}{1 + \exp(-x)} \quad (1)$$

网络最后输出结果在0到1之间,即跟踪任务的优先级在0到1之间。

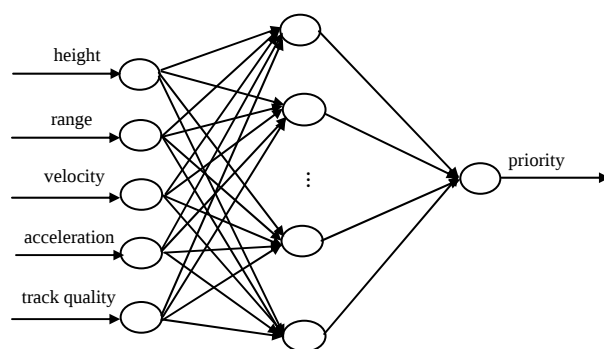


Fig.2 BP neural network model

图2 BP神经网络结构

2 调度算法的仿真实现

图3为调度仿真详细流程。

1) 调度开始后,调度器按优先级依次从确认任务链表、跟踪任务链表、搜索任务链表中将满足本次调度间隔的雷达任务提取到期望调度链表,并将被提取出来的任务从对应的任务链表中删除。

2) 遍历期望调度任务链表,综合考虑任务期望发射时间、驻留时间和时间窗确定其发射时间。对于无法在此周期安排的任务,判断其是否满足下个调度,满足的重新加入相应任务链表,不满足的加入删除链表。

3 仿真结果

根据上节方法和步骤,构建雷达调度模块仿真,仿真详细参数如下:

1) 调度间隔 50 ms,仿真时间 1 000 s;

2) 雷达任务时间参数见表1;

3) 仿真场景:

图4为仿真场景,其中横轴为经度,纵轴为纬度。

雷达位置经纬度为(45°,45°)。场景中共有5个目标以不同

运动状态飞行。雷达以TAS方式工作,一旦发现目标即对其进行跟踪,如果雷达还有空余时间,则继续按波位对空域进行搜索。

表1 雷达任务参数

Table1 Radar task parameters

task	priority	dwelling time/ms	window/ms
confirm	1	10	20
track	1-0	8	30
search	0	2	—

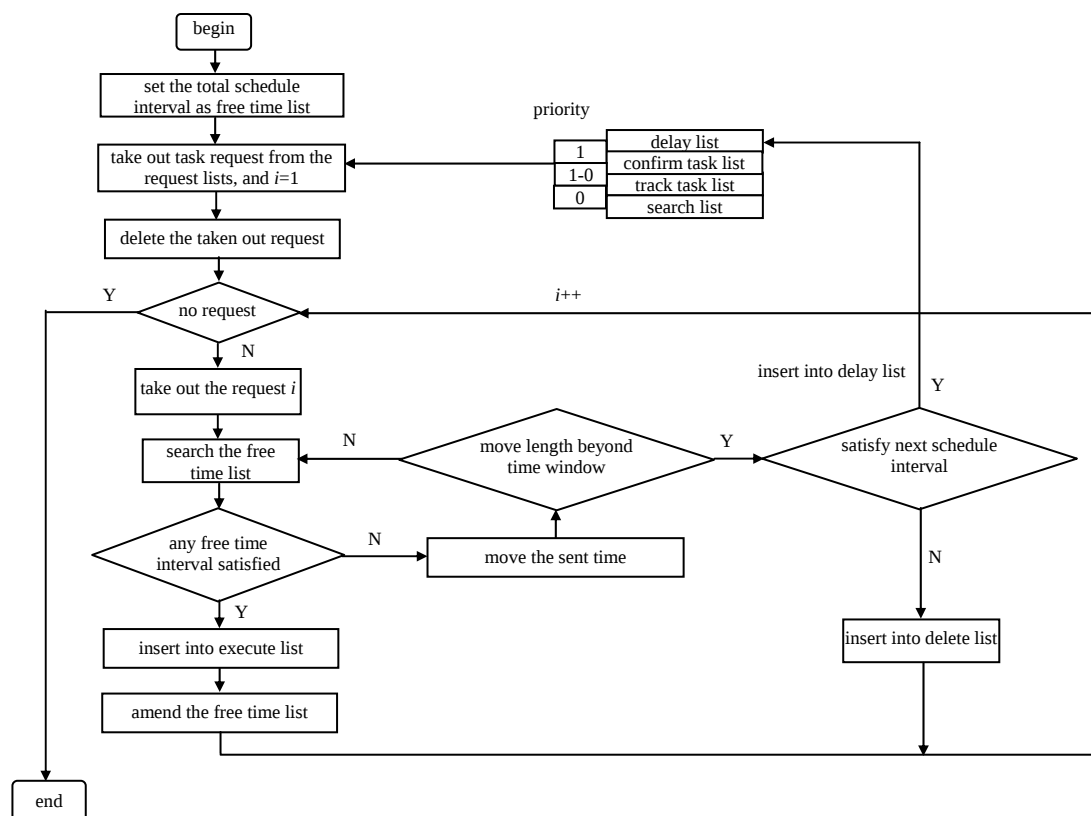


Fig.3 Schedule flow
图3 调度流程图

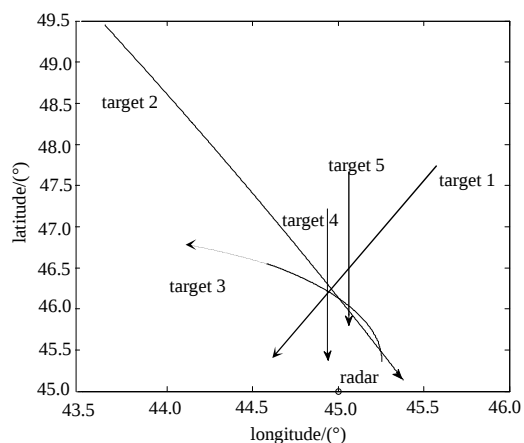


Fig.4 Targets flight paths
图4 目标飞行轨迹曲线

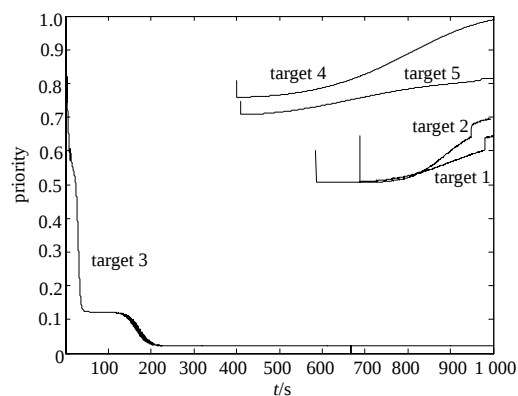


Fig.5 Targets priorities curves
图5 目标优先级变化曲线

4) 仿真结果

图5为整个仿真时间内目标跟踪优先级变化曲线。雷达首先检测到目标3,然后陆续检测到其余几个目标并维持对目标的跟踪。目标首次探测到,航迹未建立,航迹质量为0,所以其优先级较大,3次跟踪后稳定航迹建立,其优先级值回落。随着运动状态的改变,各个目标的优先级也在不断变化。优先级整体变化趋势与场景设置基本相符。

图6为雷达900 s~900.15 s 3个调度间隔内的任务调度安排,其中长条高度代表任务优先级,宽度代表任务驻留长度,中间数字代表任务对应跟踪目标编号,长条中间小格为搜索

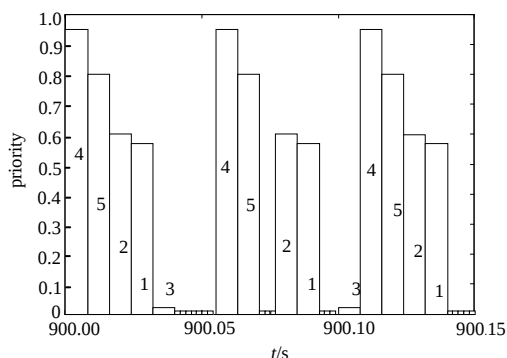


Fig.6 Schedule arrangement
图6 调度时序图

任务,为便于显示将其优先级设为从0到0.01。此时雷达对5个目标进行持续跟踪,每个调度间隔都有5个任务请求,其工作方式皆为跟踪。图中第1个调度间隔内任务按优先级排列,空闲时间安排搜索任务。第2个调度间隔中,对应目标3的跟踪请求优先级最低,其余任务请求被优先安排后没有足够大的空闲时间段安排此任务,被延时到下个调度间隔,加入延时任务链表。在下个调度间隔中,此任务被优先安排发射时间。

对具有相同工作方式的跟踪任务请求,本文调度算法依据目标运动状态及跟踪状况计算得到的优先级分配雷达时间资源,保证最重要、最紧迫的那部分任务请求得到优先安排。

本文更多关注的是雷达任务调度优先级的实时自适应动态分配,以及其对任务调度的影响,故没有设计太多的场景目标用以分析调度容量和调度效率等方面的性能。雷达时间资源限制是雷达3大资源限制中最主要的限制,本文采用的自适应调度算法也只考虑雷达时间资源限制。

4 结论

针对基于工作方式优先级自适应调度算法自适应能力不足的问题,本文将BP神经网络引入自适应调度算法以评估任务优先级。对新算法进行了仿真实验,给出了调度算法的详细流程,并对仿真结果进行分析。仿真结果表明,新算法能够利用目标各种运动状态参数及跟踪状态,实时自适应分配相应雷达任务的优先级,调度器则根据任务优先级及雷达时间约束,对雷达任务进行合理安排,保证优先级较高的雷达任务得到优先执行,提高相控阵雷达工作性能。

参考文献:

- [1] 张伯彦,蔡庆宇. 相控阵雷达自适应调度和多目标数据处理技术[J]. 电子学报, 1997,25(9):1-5. (ZHANG Boyan, CAI Qingyu. Adaptive Schedule and Multitarget Data Process of Phased Array Radar[J]. Chinese Journal of Electronics, 1997, 25(9):1-5.)
- [2] Sergio Miranda, Chris Baker, Karl Woodbridge, et al. Knowledge-Based Resource Management for Multifunction Radar[J]. Signal Processing Magazine, IEEE, 2006, 23(1):66-76.
- [3] 曾光,胡卫东,卢建斌,等. 多功能相控阵雷达自适应调度仿真[J]. 系统仿真学报, 2004,16(9):2026-2029. (ZENG Guang, HU Weidong, LU Jianbin, et al. Simulation on Adaptive Schedule of Phased Array Radar[J]. Journal of System Simulation, 2004,16(9):2026-2029.)
- [4] 曾光,胡卫东,卢建斌. 多功能相控阵雷达的自适应调度算法研究[J]. 现代雷达, 2004,26(6):14-18. (ZENG Guang, HU Weidong, LU Jianbin. Study on Adaptive Schedule Algorithm of Phased Array Radar[J]. Modern Radar, 2004,26(6):14-18.)
- [5] 卢建斌,胡卫东,郁文贤. 多功能相控阵雷达实时驻留的自适应调度算法[J]. 系统工程与电子技术, 2005,27(12):1981-1987. (LU Jianbin, HU Weidong, YU Wenxian. Adaptive Scheduling Algorithm for Real-time Dwells in Multifunction Radar[J]. Journal of System Engineering and Electronics, 2005,27(12):1981-1987.)
- [6] 刘峡壁. 人工智能导论—方法与系统[M]. 北京:国防工业出版社, 2008. (LIU Xiabi. Introduce of Artificial Intelligence—Method and System[M]. Beijing: National Defence Press, 2008.)
- [7] 胡伟,张富堂. 基于BP神经网络的多模型估计融合算法[J]. 信息与电子工程, 2005,3(3):197-200. (HU Wei, ZHANG Futang. Fusion Algorithm of Multiple Estimation Models Based on BP Neural Network[J]. Information and Electronic Engineering, 2005,3(3):197-200.)
- [8] 王浩锋. 基于BP神经网络的民用航空航段安全风险评估[J]. 信息与电子工程, 2010,8(5):612-615. (WANG Haofeng. Safety risk assessment model for civil aviation flight phase based on BP neural network[J]. Information and Electronic Engineering, 2010,8(5):612-615.)

作者简介:



陈大伟(1987-),男,江苏连云港人,在读硕士研究生,研究方向为相控阵雷达资源管理。
email:chdw.uestc@163.com.

陈明燕(1980-),女,河南南阳人,在读博士研究生,研究方向为雷达信号处理。

张伟(1974-),男,四川人,副研究员,研究方向为雷达系统仿真、目标识别、数据融合以及雷达信号处理。