

# 单兵计算机系统体系结构

——“数字化战场与单兵数字化系统”系列论文之三\*

邹逢兴

(国防科技大学自动控制系 长沙 410073)

**摘要** 本文从分析单兵计算机系统的功能、功能特点及其与外部交换信息的类型、性质和规模出发,提出以两级总线互连、分层递阶控制的容错多处理器结构作为单兵计算机系统的体系结构,并从硬件和软件两方面对其结构原理进行了说明。

**关键词** 单兵计算机系统, 多处理器, 硬件结构, 软件结构

**分类号** TN92, TP303

---

## An Architecture of Individual-Soldier Computer System ——The Third of Series of Papers on Digitized Battlefield and Individual-Soldier Digitization System

Zou Fengxing

(Department of Automatic Control, NU DT, Changsha, 410073)

**Abstract** This article begins with an analysis of function, functional specification of Individual-Soldier Computer System and the types, performance, scales of its external exchanging informance. Then the author gives an architecture of Individual-Soldier Computer System by using layered control fault-tolerant multiprocessor which is interconnected through two-level bus. Besides an explanation of the principle of the architecture is given by the author in hardware and software.

**Key words** Individual-Soldier Computer System, Multiprocessor, Hardware Structure, Software Structure

---

单兵数字化系统中包含的单兵武器和装备很多,它们是依靠计算机及通信接口互连在一起,集成为有机联系的整体,因此单兵计算机系统的设计是实现单兵数字化系统的核心,而其中又以确定系统体系结构作为基础和关键。

和其他计算机应用系统一样,要确定单兵计算机系统的体系结构,必须首先弄清系统所要完成的功能及特点,以及系统的输入、输出信息类型、性质与规模。本文正是从这两方面的分析入手来讨论单兵计算机系统的体系结构。

### 1 单兵计算机系统的功能及特点

#### 1.1 功能

单兵计算机系统应具有以下功能:

(1) 战场信息的实时探测与采集。这是士兵在战场上获取有关战斗信息的主要方式,如通过启动摄像机可获得战场画面,通过夜视仪可发现敌步兵集结,通过核生化探测器和地雷探测器可获得各种潜在威胁数据等。

(2) 信息处理与融合。单兵系统除通过传感器、探测器获取战场动态信息外,还可通过与战场数字化网中其他节点的通信获取相关信息。单兵计算机必须对来自各方的原始信息进行综合分析和处理,必

---

\* 科学试验技术研究项目资助

1998年6月1日收稿

第一作者:邹逢兴,男,1945年生,教授

要时还要进行融合、分类,才能使之变成有价值的信息,以便迅速、准确地判明敌人的兵力、企图、运动参数、武器性能和对我方威胁程度等。

(3) 辅助决策与作战方案优选。单兵计算机系统在对获取的战场信息进行综合处理后,还必须根据综合处理的结果和上级赋予的战斗任务,在预先制定的作战方案中选优,对打击的目标、打击的时机、武器的使用等提出具体的建议。

(4) 武器与其他装备的控制。单兵计算机系统需要根据战场态势、战场环境的变化和综合判断、决策的结果,不失时机地启动并控制所配置的各种武器、装备工作或按士兵意图工作。

(5) 与战场信息网中其他节点的通信。单兵系统实时探测和处理得到的情报信息,除供自己用外,有时还要通过战场信息网发送给上级和友邻节点,同时也从上级和友邻节点接收指令和情报信息。

(6) 人机交互。单兵计算机系统的主要用户是携带单兵系统的士兵,此外还有系统维护人员。必须为用户与计算机的交互提供便捷、高效的手段,包括小键盘、鼠标器、触摸屏和语音分析器等输入装置,以及显示器、语音合成器等输出设备。

## 1.2 功能特点

单兵计算机系统所要完成的功能具有下述明显特点:

(1) 输入输出信号多,信息处理量大。

(2) 信息采集和处理的实时性要求高。战场情况瞬息万变,对处于战场最前沿的单兵来说,如果不能实时掌握战场情况,实时应变,就会贻误战机,甚至有生命危险。因此,从敏感信息到信息处理后作出决策,反应时间应尽可能短。

(3) 系统可靠性要求高,容错、抗毁能力要强。这是由战争环境的严酷性和流动性所决定的。

(4) 要有良好的灵活性和可伸缩性,以适应不同军兵种、不同任务单兵的需要。为此,要遵循模块化、标准化设计原则,提供较多的标准 I/O 接口和标准武器装备的驱动程序。

(5) 要有良好的士兵信息界面。考虑到战场信息繁多,处于战场环境中的士兵承受着很大的任务负担和心理压力。界面设计应以最大限度地减少他们的操作任务和心理压力为基本原则,尽量简化操作过程。

## 2 单兵计算机系统与外部交换信息的分析

单兵计算机系统通过 I/O 接口与外部交换的信息可归纳为三大类。

### 2.1 与单兵携带的武器装备间交换的信息

这一大类信息又可分为两类:

(1) 来自各种敏感/探测器的输入信息。它包括夜视仪、热成像探测器、瞄准具、摄像机、GPS 接收机、战斗识别装置、核生化环境探测器、单兵自身状况探测器等输入的数据、图像或状态信息。

(2) 发向各种武器、装备的控制信息。如启动瞄准器工作;在瞄准的基础上控制武器发射;启动或关闭某种探测器或其他设备等。这类信息基本上是开关量信号。

### 2.2 人机交互信息

人机交互信息也可分为两类:

(1) 通过小键盘、鼠标器、光笔、触摸屏和语音输入器等输入的信息。

(2) 通过平板显示器和语音合成器输出的文字、图形、图像和语音信息。

### 2.3 与战场数字化网交换的信息

这大类信息可分成三类:

(1) 来自上级的命令、指示、情报和作战意图等。

(2) 来自友邻部队/战友的告警、求助、协同等信息。

(3) 发向上级和友邻的情报、告警、求助、协同等信息。

## 3 系统硬件结构

根据单兵计算机系统的功能、特点及其与外部交换信息的性质、规模,采用如图 1 所示的硬件结

构可满足其要求。整个系统分为前端机、并行处理机和 I/O 处理机三个层次，通过两级总线互连，形成分层递阶控制的紧耦合多处理器系统。

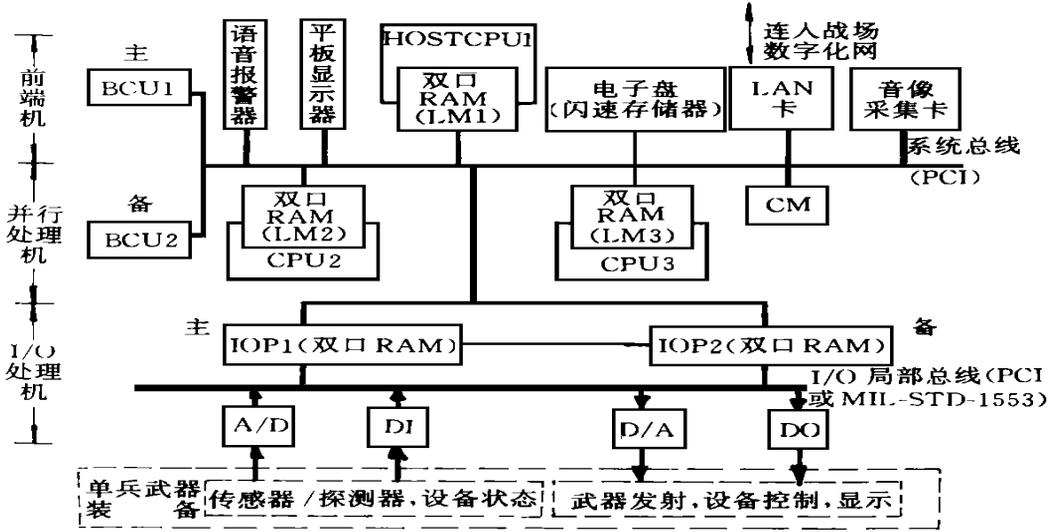


图1 系统硬件结构

Fig.1 the hardware structure of system

第一级总线为系统总线，可采用 PCI 总线。它的数据宽度为 32 位/64 位，总线频带宽度达 132MB/s—264MB/s，且支持无限读写突发方式和并发工作，是一种性能/价格比很高的开放式总线。通过这级总线将系统中各层处理器互连在一起。各处理器间通过共享存储器 CM 通信，总线仲裁和差错管理由总线控制器 BCU1 和 BCU2 承担。使用两个总线控制器是出于容错的考虑，BCU1 为主总线控制器，BCU2 为备用总线控制器，一旦 BCU1 发生故障，BCU2 可取代 BCU1 继续完成总线操作的控制。

通常由 CPU1 和有关 I/O 模块、存储器、电子盘（取代一般微机系统中的硬盘、软盘、光盘）等构成多媒体主机，作为系统的前端机。前端机主要为用户提供编程环境，实现人机交互，进行程序加载、文件缓冲、战场数据库管理和信息融合、处理，实现与战场信息网通信等。

CPU2、CPU3 和 CPU1 一起，构成多 CPU 并行处理机，兼有任务级并行处理和冗余容错的功能。CPU2、CPU3 相当于是 CPU1 的助手，它们可在 CPU1 (HOST) 的控制下并发工作，起到加速信息融合、处理和辅助决策过程的作用。当 CPU1 发生故障时，CPU2 和 CPU3 之任何一个都可以取而代之，担负起主机 (HOST) 的责任，同时实现双处理器并发工作。三个 CPU 中只要还有一个正常，系统就能正常工作；只要有任何两个正常，就能并行处理。由此可见，前端机和并行处理机在硬件结构上并不是各自独立的，而是交织在一起的，只是从逻辑上和功能上将它们当作两个层次来对待。

IOP1 和 IOP2 是两个专用 I/O 处理机。使用两个 IOP 并联同样是出于冗余容错的考虑。IOP1 为主，IOP2 为备用，平时只由 IOP1 起作用，IOP2 处于热备份或冷备份状态，只有当 IOP1 发生故障时，才无缝切换到 IOP2。IOP 通过 I/O 局部总线与 A/D、D/A、DI、DO 等 I/O 通道相连，专门负责与单兵系统中各种武器、装备有关的实时 I/O 处理，包括传感器/探测器参数的采集及信息预处理，武器发射控制，武器装备状态的监控等。另外，IOP 作为系统总线和 I/O 局部总线之间的桥路，还必须具有总线适配器的各种功能。

### 4 系统软件结构

与硬件结构相对应，系统软件也由三个层次组成：前端机软件，并行处理机软件和 I/O 处理机软件。如图 2 所示。

#### 4.1 前端机软件

前端机软件最主要的作用是建立一个可容错的并行处理多机系统环境和人机交互环境。为此，必

须引入这样几方面的软件: 并行处理操作系统(OS); OS 引导程序; 系统动/静态测试诊断程序; 异常处理与动态重构程序以及应用程序开发工具等。其中 OS 是最基本的系统软件, 主要利用它为用户提供编程环境, 同时利用它所支持的文件系统为多处理机系统提供文件缓存。

除此之外, 前端机上还包括以下几类软件:

(1) 通信软件。包括对内的处理机间通信和对外与战场数字化网的通信。

(2) 系统函数库(子程序库)。包括信息融合、处理、辅助决策中的并行计算函数库、I/O 驱动函数库和系统功能调用函数库。引入这类软件的目的是简化用户编程。

(3) 单兵应用程序。包括声音、图像采集和处理, 数据融合、处理, 战场数据库管理, 辅助决策等程序。

(4) 士兵信息界面软件。主要指多媒体人机交互软件。

前端机软件一般都保存在电子盘(闪速存储器)上, 有的也可固化在 HOST 机的 EPROM 中。

#### 4.2 并行处理机软件

并行处理机软件的主要任务是实现多处理机并行求解同一个问题, 这通过一个支持分布式程序设计和多机并发处理的 OS 来实现。另外, 为支持分布式程序运行过程中的动态错误检测和冗余容错, 并行处理机软件还包括一个系统测试与诊断程序、OS 引导程序、异常处理与动态重构程序。当然, 机间通信程序对于实现多机并行处理是不可少的。

这些程序均固化在 CPU1-CPU3 的 EPROM 中。系统复位时由 HOST 机相继启动各 CPU 的测试程序运行, 对系统预定义模块进行测试诊断。确认系统正常后, 由 OS 引导从电子盘上将 OS 内核加载到各处理机的固定内存区域。为减少分布式进程运行过程中因进程迁移带来的额外开销, 系统应用程序最好也在每个 CPU 中建立一个副本。这样, 可最大限度地减少程序运行时机间交换的数据量, 极大地提高系统效率。异常处理与动态重构程序的作用是发现分布式程序运行过程中产生的动态错误, 并进行相应处理, 能恢复的予以恢复, 不能恢复的及时重构并告警。

#### 4.3 I/O 处理机软件

I/O 处理机软件包括 I/O 通道测试程序, I/O 处理机自测试诊断与故障情况下的切换程序、实时 I/O 驱动程序和与并行处理机的通信程序。这些程序均被固化在 IOP1 和 IOP2 的 EPROM 中。I/O 处理机与并行处理机间的通信可通过 IOP 中的双口 RAM, 以查询或中断的方式来进行。例如, 可在 IOP 的双口 RAM 中开辟一共享缓冲区, 并行处理机通过共享缓冲区向 IOP 发送输入请求, IOP 则通过查询共享缓冲区状态获取该请求, 并检查其合法性, 然后启动相应输入通道工作。待数据采集和预处理操作按约定完成后, IOP 可通过向并行处理机的 HOST 发邮箱中断来达到向它传送数据的目的。同样, 并行处理机要向输出设备(武器、装备)发控制信号, 也可采用类似的方法来实现与 IOP 间的异步握手和信号传递, 使 IOP 运行相应 I/O 驱动程序, 控制有关输出通道工作。

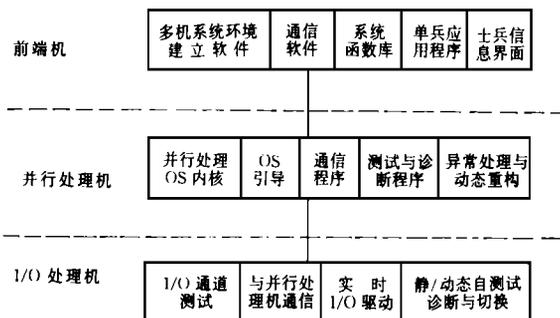


图 2 系统软件结构

Fig. 2 the software structure of system

### 参考文献

- 1 Heike Hasenauer. The 21st Century Soldier. Soldier. August 1995
- 2 BG Henry T. Glisson. Army's Newest Command Focuses on Soldier As a System. Army RD&A, May-June 1995
- 3 MG Wallace C. Aenold and Dr. Thomas H. Killion. The Soldier Information Interface. Army RD&A, January-February 1995
- 4 Zou Fengxing, Chen Ligang, Liu Yufei. GKD-1 RRC Real-Time Robot Controller and its Application in Force/Position Hybrid Compliance Control. Proceedings TENCON '93, International Academic Publishers, 1993, 10
- 5 邹逢兴. 微型计算机硬件技术及应用基础. 长沙: 国防科技大学出版社, 1997