第一部分 分布式算法

汪炀

中国科学技术大学软件学院

课程主页：

http://home.ustc.edu.cn/~zzy0929/Course/AlgDesignSE/

课程主页

课程QQ群：818203651

课程群

进群请验证学号+姓名

Ch.1 导论

§1.1 分布式系统

- **Def**：一个分布式系统是一个能彼此通信的单个计算装置的集合（计算单元：硬——处理器；软——进程）

  包括：紧耦合系统----如共享内存多处理机

  松散系统-----cow、Internet

- **与并行处理的分别**(具有更高程度的不确定性和行为的独立性)
  - 并行处理的目标是使用所有处理器来执行一个大任务
  - 而分布式系统中，每个处理器一般都有自己独立的任务，但由于各种原因（为共享资源，可用性和容错等），处理机之间需要协调彼此的动作。

- **分布式系统无处不在，其作用是：**

  ①共享资源

  ②改善性能：并行地解决问题

  ③改善可用性：提高可靠性，以防某些成分发生故障

§1.1 分布式系统

分布式系统软件实例简介

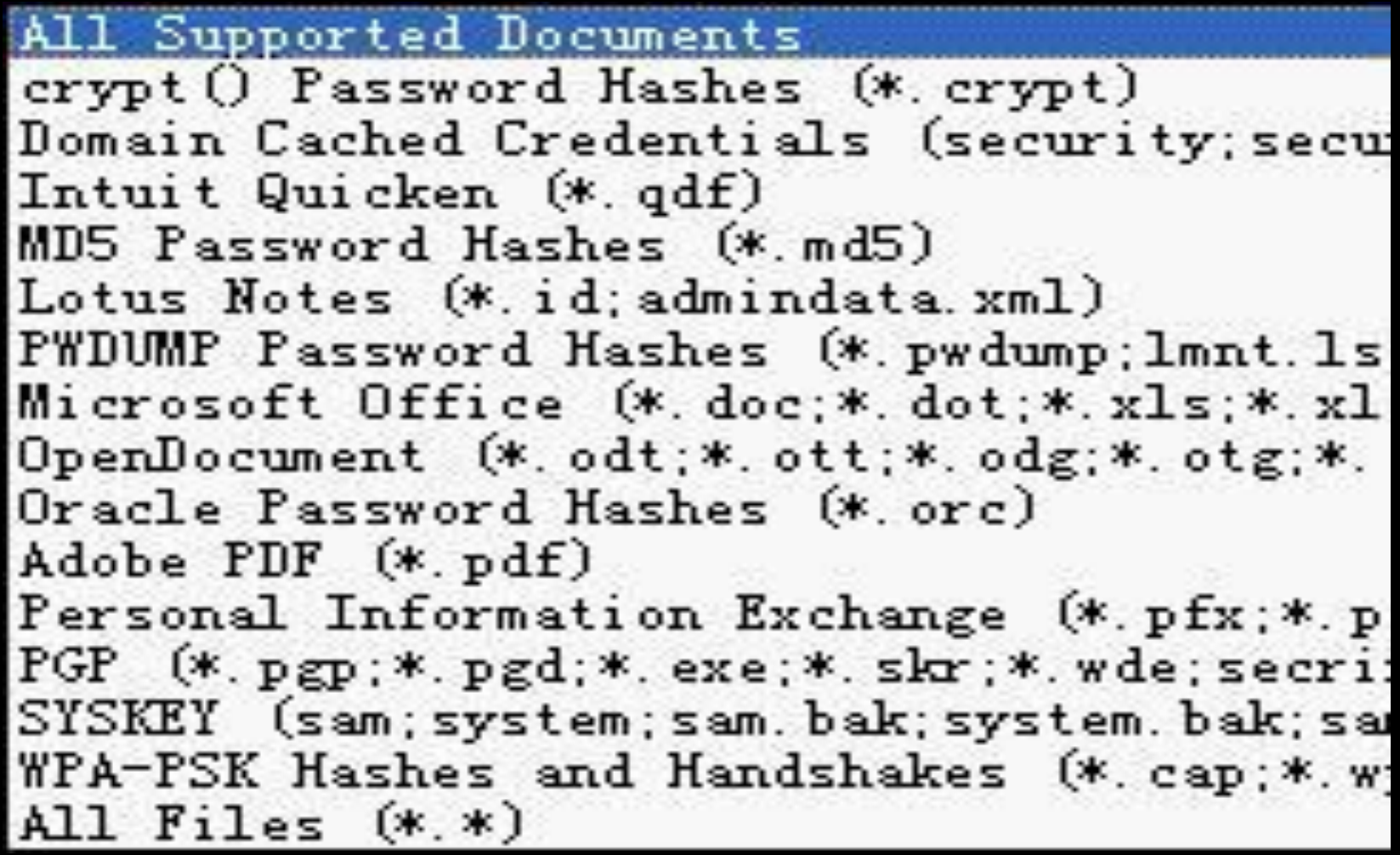
- ElcomSoft Distributed Password Recovery是一款俄罗斯安全公司出品的分布式密码暴力破解工具
- 能够利用Nvidia显卡使WPA和WPA2无线密钥破解速度提高100倍
- 还允许数千台计算机联网进行分布式并行计算

§1.1 分布式系统
系统适用范围

- ElcomSoft 的密码恢复软件主要是面向Office，包括（Word, Excel, Access, Outlook, Outlook Express, VBA, PowerPoint and Visio)

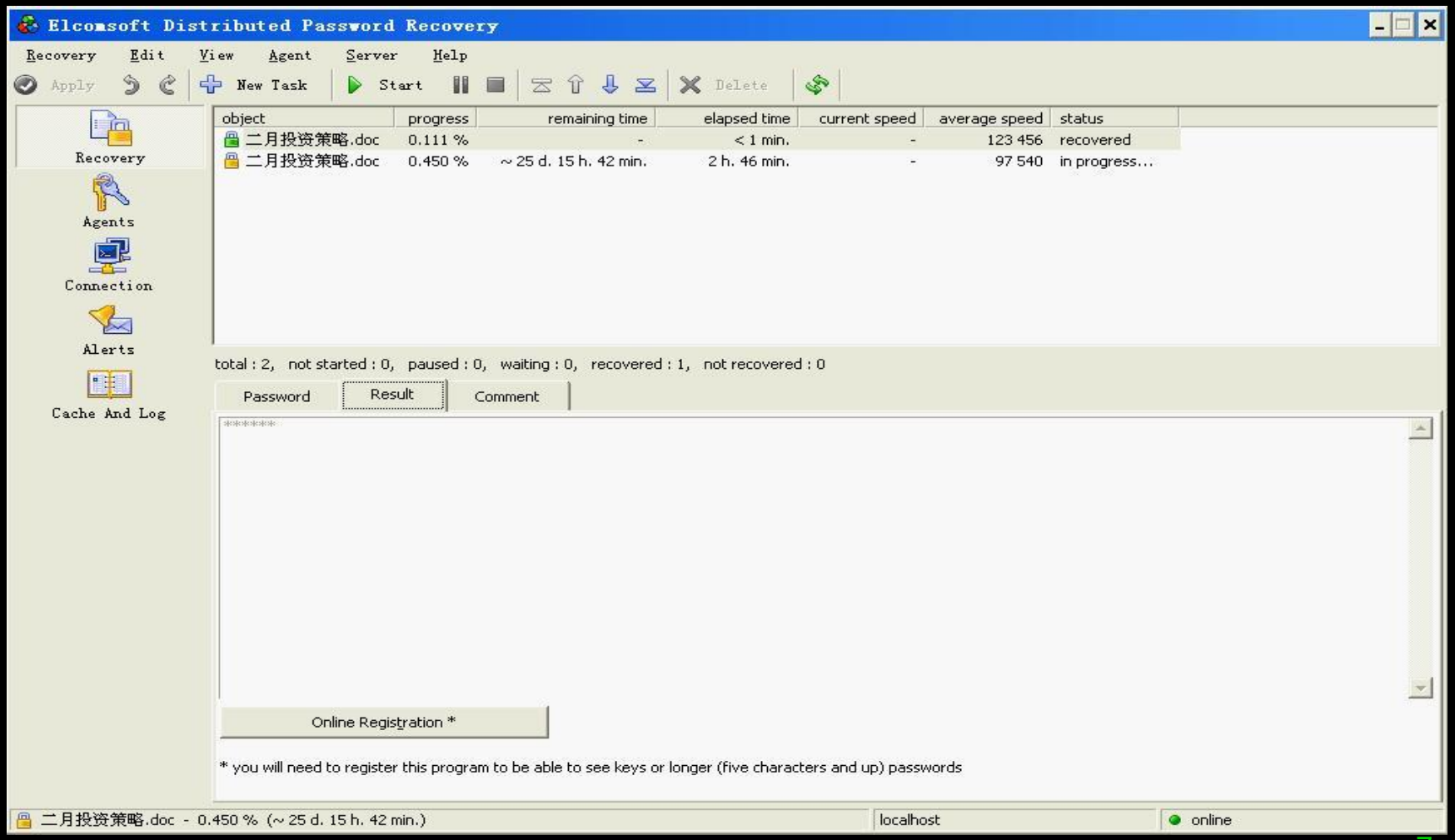
- 其他的面向微软的产品有（Project, Backup, Mail, Schedule+), archive products (including ZIP, RAR, ACE and ARJ files)等

§1.1 分布式系统
演示界面-支持的文件类型



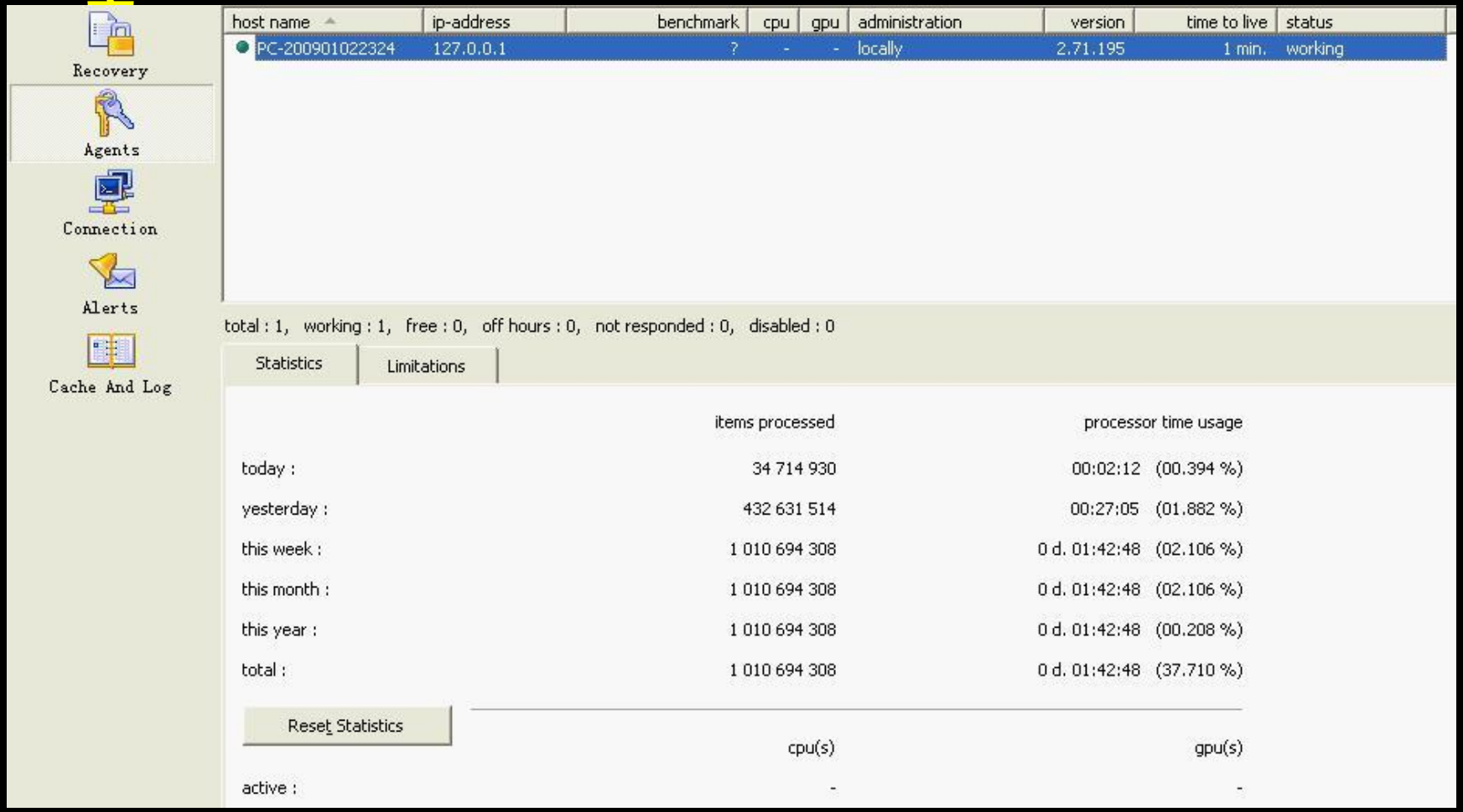
§1.1 分布式系统

演示—主界面

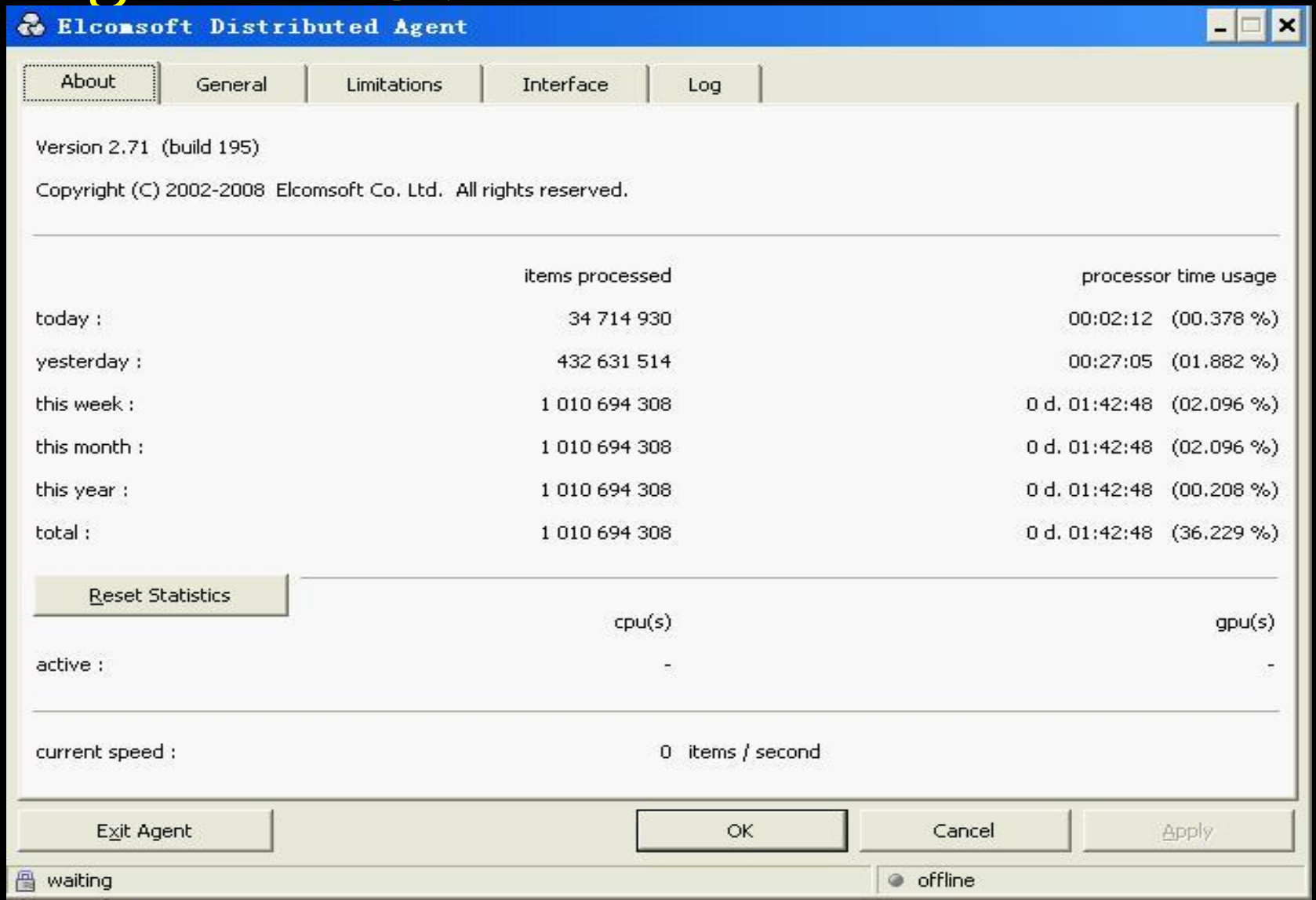


§1.1 分布式系统
最终破解效果

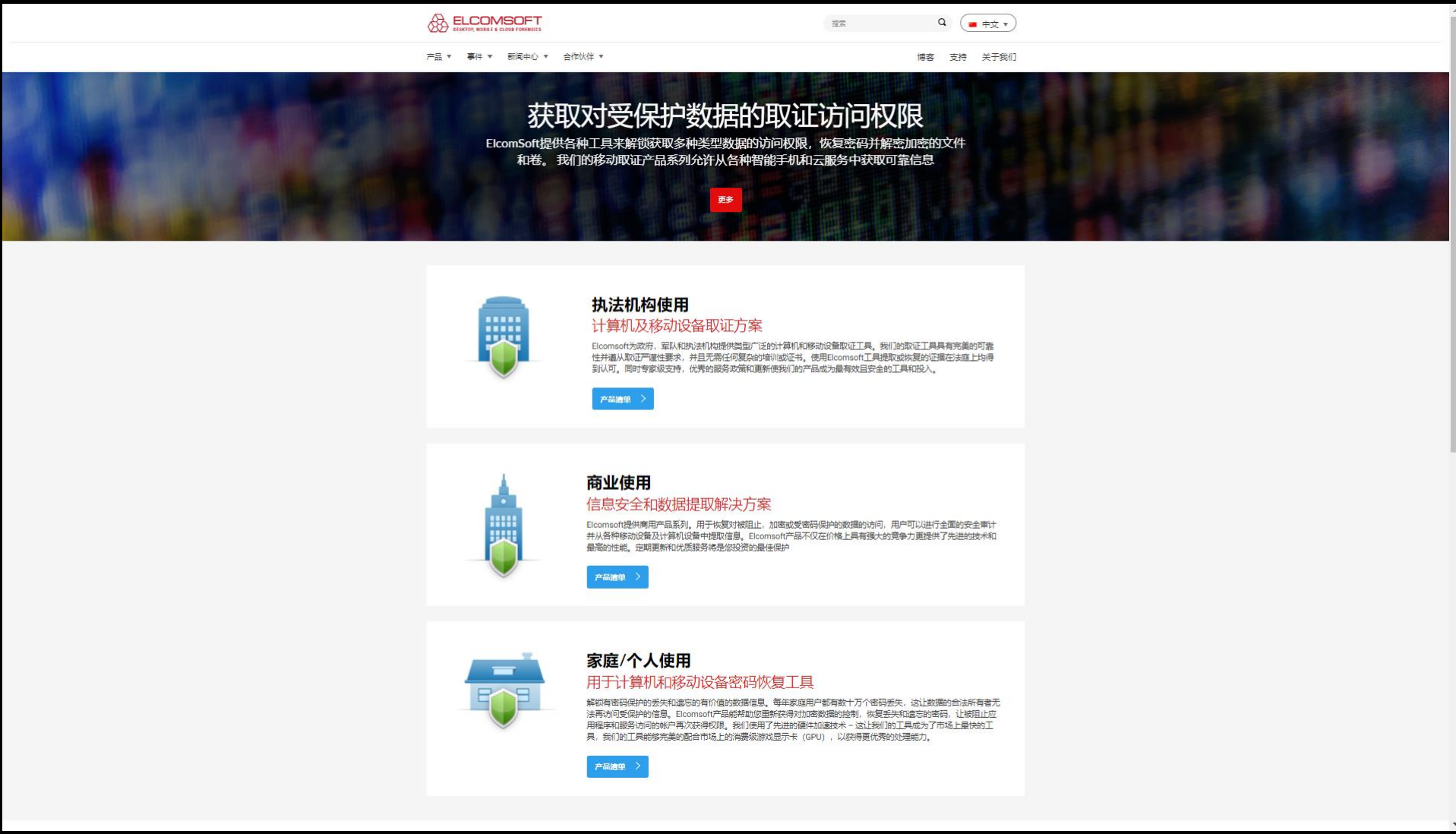
- DOC加密的文档，8位数字型密码小于1分钟即可成功解



§1.1 分布式系统
Agents工作界面



§1.1 分布式系统


ELCOMSOFT
DESKTOP, MOBILE & CLOUD FORENSICS
搜索
中文
产品
事件
新闻中心
合作伙伴
博客
支持
关于我们
获取对受保护数据的取证访问权限
ElcomSoft提供各种工具来解锁获取多种类型数据的访问权限，恢复密码并解密加密的文件和卷。 我们的移动取证产品系列允许从各种智能手机和云服务中获取可靠信息
更多
执法机构使用
计算机及移动设备取证方案
Elcomsoft为政府，军队和执法机构提供类型广泛的计算机和移动设备取证工具。我们的取证工具具有完美的可靠性并遵从取证严谨性要求，并且无需任何复杂的培训或证书。使用Elcomsoft工具提取或恢复的证据在法庭上均得到认可。同时专家级支持，优秀的服务政策和更新使我们的产品成为最有效且安全的工具和投入。
产品清单
商业使用
信息安全和数据提取解决方案
Elcomsoft提供商用产品系列。用于恢复对被阻止，加密或受密码保护的数据的访问，用户可以进行全面的安全审计并从各种移动设备及计算机设备中提取信息。Elcomsoft产品不仅在价格上具有强大的竞争力更提供了先进的技术和最高的性能。定期更新和优质服务将是您投资的最佳保护
产品清单
家庭/个人使用
用于计算机和移动设备密码恢复工具
解锁有密码保护的丢失和遗忘的有价值的数据信息。每年家庭用户都有数十万个密码丢失，这让数据的合法所有者无法再访问受保护的信息。Elcomsoft产品能帮助您重新获得对加密数据的控制，恢复丢失和遗忘的密码，让被阻止应用程序和服务访问的帐户再次获得权限。我们使用了先进的硬件加速技术 – 这让我们的工具成为了市场上最快的工具，我们的工具能够完美的配合市场上的消费级游戏显示卡（GPU），以获得更优秀的处理能力。
产品清单

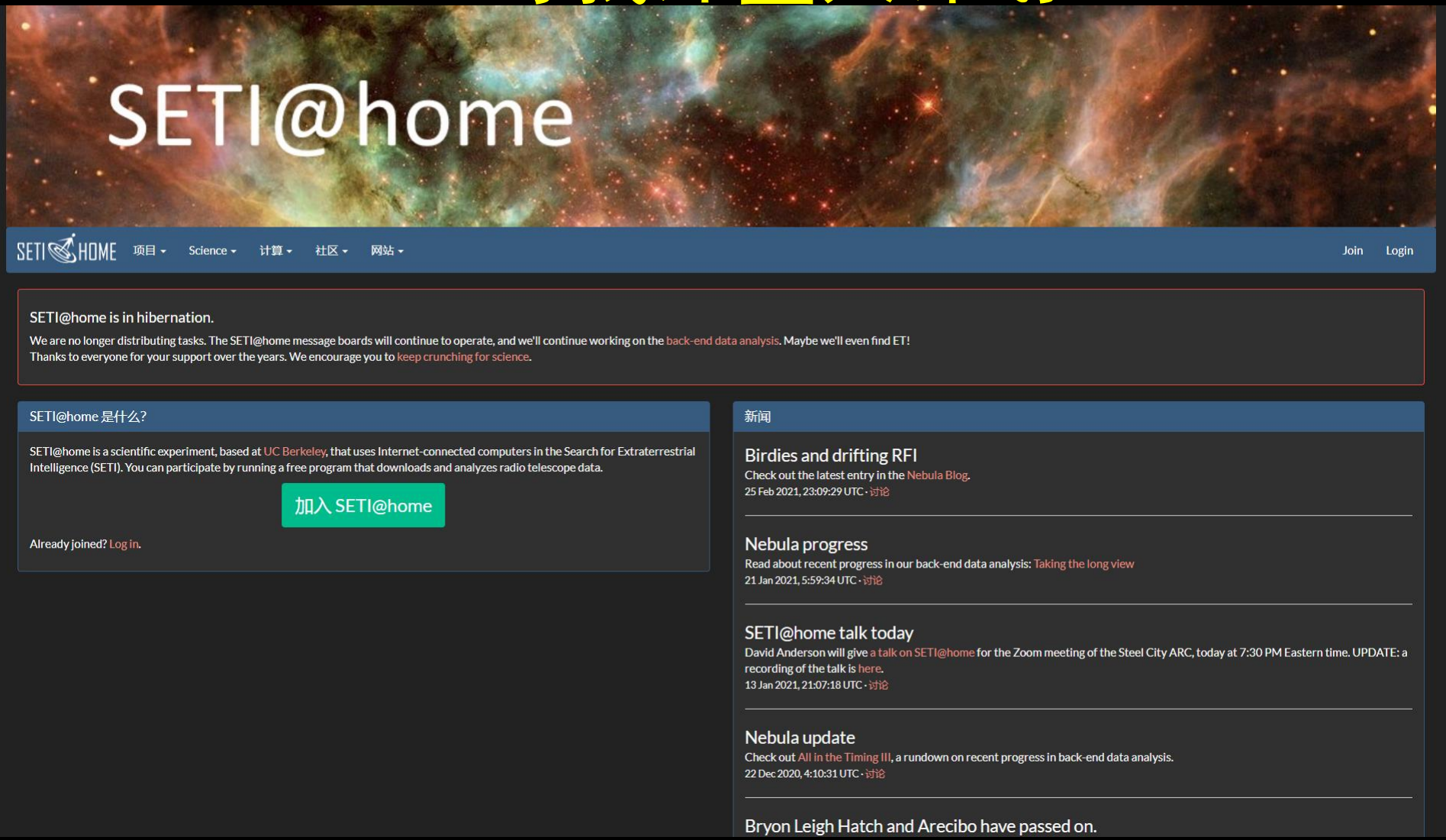
§1.1 分布式系统

NASA SETI寻找外星人计划

- SETI (搜寻外星智慧) 是一个寻找地球外智慧生命的科学性实验计划，使用射电望远镜来监听太空中的窄频无线电讯号。假设这些讯号中有些不是自然产生的，那么只要我们侦测到这些讯号就可以证明外星科技的存在。
- 射电望远镜讯号主要由噪声 (来自天体的发射源与接收者的电子干扰) 与像电视转播站、雷达和卫星等等的人工讯号所组成。现代的 Radio SETI 计划会分析这些数字信息。有更强大的运算能力就可以搜寻更广泛的频率范围以及提高灵敏度。因此，Radio SETI 计划对运算能力的需求是永无止尽的。
- 原来的 SETI 项目曾经使用望远镜旁专用的超级计算机来进行大量的数据分析。1995年，David Gedye 提议射电 SETI 使用由全球联网的大量计算机所组成的虚拟超级计算机来进行计算，并创建了 SETI@home 项目来实验这个想法。SETI@home 项目于1999年5月开始运行。

§1.1 分布式系统

NASA SETI寻找外星人计划



§1.1 分布式系统

■分布式系统面临的困难

- ❖**异质性：** 软硬件环境
- ❖**异步性：** 事件发生的绝对、甚至相对时间不可能总是精确地知道
- ❖**局部性：** 每个计算实体只有全局情况的一个局部视图
- ❖**故障：** 各计算实体会独立地出故障，影响其他计算实体的工作。

§1.2 分布式计算的理论

- **目标：** 针对分布式系统完成类似于顺序式计算中对算法的研究
  - **具体：** 对各种分布式情况发生的问题进行抽象，精确地陈述这些问题，设计和分析有效算法解决这些问题，证明这些算法的最优性。
- **计算模型：**
  - **通信：** 计算实体间msg传递还是共享变量？
  - 哪些计时信息和行为是可用的？
  - 容许哪些错误
- **复杂性度量标准**
  - 时间，空间
  - 通信成本：msg的个数，共享变量的大小及个数
  - 故障和非故障的数目

§1.2 分布式计算的理论

■否定结果、下界和不可能的结果

常常要证明在一个特定的分布式系统中，某个特定问题的不可解性。

就像NP-完全问题一样，表示我们不应该总花精力去求解这些问题。

当然，可以改变规则，在一种较弱的情况下去求解问题。

■我们侧重研究：

- ❖可计算性：问题是否可解？
- ❖计算复杂性：求解问题的代价是什么？

§1.3 理论和实际之关系

主要的分布式系统的种类，分布式计算理论中常用的形式模型之间的关系

- 种类
  - **支持多任务的OS：**互斥，死锁检测和防止等技术在分布式系统中同样存在。
  - **MIMD机器：**紧耦合系统，它由分离的硬件运行共同的软件构成。
  - **更松散的分布式系统：**由网络（局域、广域等）连接起来的自治主机构成

    特点是由分离的硬件运行分离的软件。实体间通过诸如TCP/IP栈、CORBA或某些其它组件或中间件等接口互相作用。

§1.3 理论和实际之关系

- **模型**

  模型太多。这里主要考虑三种，基于通信介质和同步程度考虑。

  ① **异步共享存储模型**：用于紧耦合机器，通常情况下各处理机的时钟信号不是来源于同一信号源

  ② **异步msg传递模型**：用于松散耦合机器及广域网

  ③ **同步msg传递模型**：这是一个理想的msg传递系统。该系统中，某些计时信息（如msg延迟上界）是已知的，系统的执行划分为轮执行，是异步系统的一种特例。

  该模型便于设计算法，然后将其翻译成更实际的模型。

- Dijkstra E W. Co-operating Sequential Process. In programming Language. F. Genyus(ed.). [S.I.]: Academic Press, 1968, 43-112;
- Owicki S, Gries D. Verifying Properties of Parallel Programs: An Axiomatic Approach. Communication ACM 19, 5(1976), 279-285;

§1.3 理论和实际之关系

- 错误的种类
  - 初始死进程

    指在局部算法中没有执行过一步。
  - Crash failure崩溃错误(损毁模型)

    指处理机没有任何警告而在某点上停止操作。
  - Byzantine failure拜占庭错误

    一个出错可引起任意的动作, 即执行了与局部算法不一致的任意步。拜占庭错误的进程发送的消息可能包含任意内容。

Ch.2 消息传递系统中的基本算法

本章介绍无故障的msg传递系统，考虑两个主要的计时模型：同步及异步。
定义主要的复杂性度量、描述伪代码约定，最后介绍几个简单算法

§2.1 消息传递系统的形式化模型

§2.1.1 系统

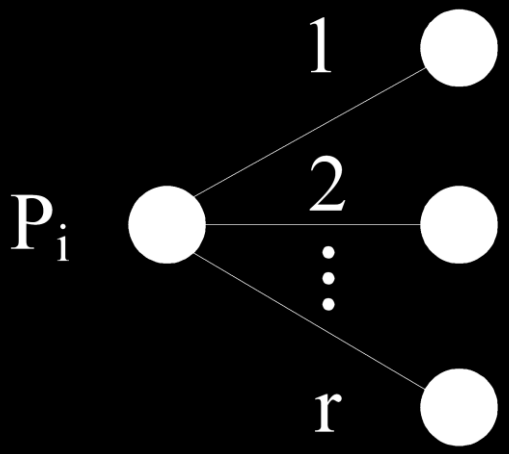
1.基本概念

- 拓扑：无向图 结点——处理机
  边 ——双向信道

§2.1.1 系统

- 算法：由系统中每个处理器上的局部程序构成
  - 局部程序
    - 执行局部计算——本地机器
    - 发送和接收msg——邻居
  - 形式地：一个系统或一个算法是由n个处理器p_0，p_1,…p_{n-1}构成，每个处理器p_i可以模型化为一个具有状态集Q_i的状态机（可能是无限的）

§2.1.1 系统



- 状态（进程的局部状态）

  由p_i的变量，p_i的msgs构成。

  p_i的每个状态由2r个msg集构成：

  - $outbuf_i[l](1 \le l \le r)$：$p_i$经第$l$条关联的信道发送给邻居，但尚未传到邻居的msg。
  - $inbuf_i[l](1 \le l \le r)$：在$p_i$的第$l$条信道上已传递到$p_i$，但尚未经$p_i$内部计算步骤处理的msg。

  模拟在信道上传输的msgs

§2.1.1 系统

- **初始状态：**
  - Q_i包含一个特殊的初始状态子集：每个$inbuf_i[l]$必须为空，但$outbuf_i[l]$未必为空。
- **转换函数(transition)：**

  处理器p_i的转换函数(实际上是一个局部程序)
  - **输入：** p_i可访问的状态
  - **输出：** 对每个信道l，至多产生一个msg输出
  - 转换函数使输入缓冲区$(1 \le k \le r)$清空。

§2.1.1 系统

- **配置：**配置是分布式系统在某点上整个算法的全局状态

  向量=(q_0, q_1,…q_{n-1}), q_i是p_i的一个状态

  一个配置里的outbuf变量的状态表示在通信信道上传输的信息，由del事件模拟传输

  一个初始的配置是向量=(q_0, q_1,…q_{n-1}), 其中每个q_i是p_i的初始状态，即每个处理器处于初始状态

§2.1.1 系统

- **事件：** 系统里所发生的事情均被模型化为事件，对于msg传递系统，有两种：

  comp(i)——计算事件。代表处理器p_i的一个计算步骤。其中，p_i的转换函数被用于当前可访问状态

  del(i,j,m)——传递事件，表示msg m从p_i传送到p_j

- **执行：** 系统在时间上的行为被模型化为一个执行。

  它是一个由配置和事件交错的序列。该序列须满足各种条件，主要分为两类：

§2.1.1 系统

①Safety条件：(安全性)

表示某个性质在每次执行中每个可到达的配置里都必须成立

在序列的每个有限前缀里必须成立的条件

例如：“在leader选举中，除了p_{max}外，没有哪个结点宣称自己是leader”

非形式地：安全性条件陈述了“尚未发生坏的情况” “坏事从不发生”

§2.1.1 系统

②liveness条件：(活跃性)

表示某个性质在每次执行中的某些可达配置里必须成立。

必须成立一定次数的条件(可能是无数次)

例如：条件：“p_1最终须终止”，要求p_1的终止至少发生一次；“leader选举，p_{max}最终宣布自己是leader”

非形式地，一个活跃条件陈述：“最终某个好的情况发生”

对特定系统，满足所有要求的安全性条件的序列称为一个执行;

若一个执行也满足所有要求的活跃性条件，则称为容许(合法的)(admissible)执行