

基于互联网技术的分布式称重系统

梅特勒-托利多（常州）称重设备系统有限公司 戴 峰

【摘要】 本文介绍了一种基于互联网智能分布式称重系统（DWS, Distributed Weighing System）的概念和设计过程。该系统允许分布于千里之外的多个称重设备进行可靠的组网工作，而且支持自动故障报警和远程诊断和故障排除。该系统具备实施成本低、通讯实时、可靠性高等特点，在工业过程、商业零售、高速公路车辆检重等领域有着广泛的应用。

【关键词】 称重系统 互联网 点对点

Key Words: Weighing System, Internet, Peer to Peer

一、背景

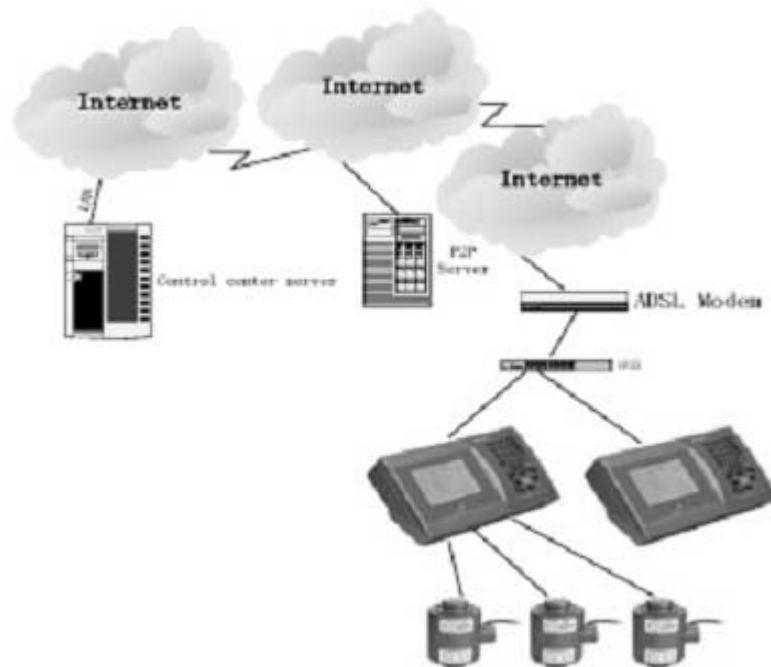
进入二十一世纪以来，随着技术的发展，除了贸易结算以外，传统的称重产品被应用到许多新的领域，如：配料、包装、检重、公路收费计重、商业零售管理等等。另外，即便是传统的贸易结算称重应用，比如电子汽车衡，也出现了车辆自动识别、自动配车、无人值守等新的应用要求。这些应用要求对于称重系统提出了新的技术挑战。

应用于高速公路收费计重的轴重衡、应用于小型零售连锁业的收银秤以及应用于大型钢铁企业进料、出库的汽车衡，虽然应用各异，但有着许多近似的技术要求：1) 称重点和管理中心距离较远，信息需要实时传给管理中心作远程监控 2) 现场条件恶劣或是场地狭小，设备需要轻便，因此不可能配备计算机作为数据采集终端 3) 称重设备的故障会导致现场无法继续工作，为了缩短维护时间，设备需要具备重要部件的自诊断功能，定时向管理中心上传关键部件状态信息。

以上的技术要求都要求我们的设备具备网络通讯功能（可以是 RS-485, CAN, 或是以太网），通过网络实现数据的远程交互。对于应用而言，高速公路的称重收费点往往极为分散，距离都在数十公里以上，构建专用网络将耗资巨大。小型的零售连锁业也是如此，单店的设备主要就是称重收银系统，要求能够直接通过低成本网络实现门店与门店之间以及门店与总部之间的信息实时交互。分析已有的公用网络，我们可以发现两类传输媒介可被直接利用-电话网和互联网。通过 Modem 用电话线传输数据速率较低（<56kbps），而且多个设备不能分享一根电话线。那剩下的唯一途径就是通过互联网通讯了。

二、网络拓扑

根据以上分析，我们设计了一个基于互联网技术的分布式称重系统，系统拓扑结构如下：



从拓扑可以看到：管理中心的计算机直接挂接在 Internet 上，现场的称重仪表也通过 HUB 经由 ADSL modem 接入 Internet。两者之间如果需要通过 TCP/IP 通讯，就必须建立一套 P2P 系统。

P2P 定义：P2P 是 Peer to Peer 的缩写，意即点对点。这个点可以理解为电脑或者其它设备，不经过服务器转发，直接经由 Internet 实现点对点的数据包传递。

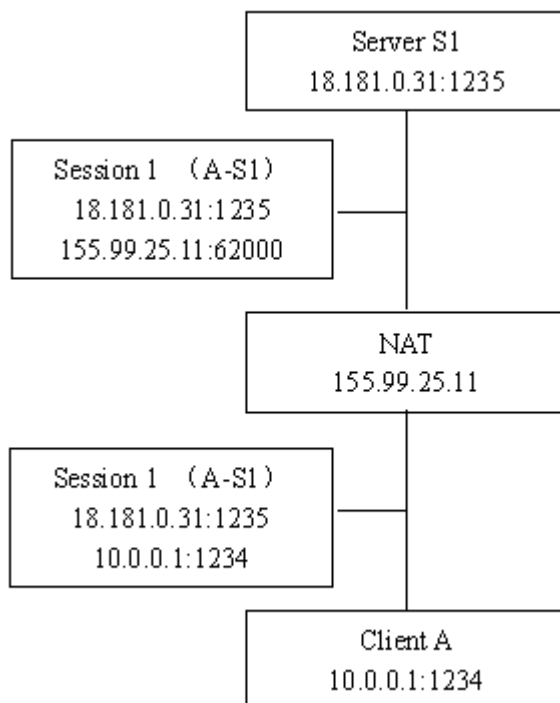
P2P 减少了服务器负担，降低了运营成本，有一点需要指出的是，P2P 通讯初始化阶段是需要服务器协助的。根据 TCP/IP 的传输规则—任何两个设备如果需要互联，必须双方掌握对方的 IP 地址，并且这两个 IP 地址在同一个网段内。由于 Internet 登录时 IP 地址分配的不确定性（通常只有专业网站才拥有固定 IP，其费用极高），因此必须通过 P2P 连接服务器。此外，称重系统内部是嵌入式系统而非计算机，必须在嵌入式系统中实现相关 TCP/IP 协议和地址解析才能实现称重系统直接接入 Internet。

三、P2P 的基本通讯原理

要允许局域网内的设备通过访问 Internet 实现点对点通讯，就必须借助于各类网络标准协议。

NAT (Network Address Translators) 协议，网络地址转换：网络地址转换是在 IP 地址日益缺乏的情况下产生的，它的主要目的就是为了解决地址重用。NAT 分为两大类，基本的 NAT 和 NAPT (Network Address/Port Translator)。基本的 NAT 实现的功能很简单，在子网内使用一个保留的 IP 子网段，这些 IP 对外是不可见的。子网内只有少数一些 IP 地址可以对应到真正全球唯一的 IP 地址。如果这些节点需要访问外部网络，那么基本 NAT 就负责将这个节点的子网内 IP 转化为一个全球唯一的 IP 然后发送出去。对于子网内需要接入 Internet 的多个设备，需要准备多个全球唯一的 IP，这显然不够经济。因此，我们选用了另一种 NAT-NAPT 方式。

NAPT 不但会改变经过这个 NAT 设备的 IP 数据报的 IP 地址，还会改变 IP 数据报的 TCP/UDP 端口。请看下图：



有一个局域网 10.*.*，Client A 是其中的一台设备，这个网络的网关（一个 NAT 设备）的外网 IP 是 155.99.25.11（应该还有一个内网的 IP 地址，比如 10.0.0.10）。如果 Client A 中的某个进程（这个进程创建了一个 UDP Socket，这个 Socket 绑定 1234 端口）想访问外网主机 18.181.0.31 的 1235 端口，那么当数据包通过 NAT 时，首先 NAT 会改变这个数据包的原 IP 地址，改为 155.99.25.11。接着 NAT 会为这个传输创建一个 Session（Session 是一个抽象的概念，如果是 TCP，也许 Session 是由一个 SYN 包开始，以一个 FIN 包结束。而 UDP 呢，以这个 IP 的这个端口的第一个 UDP 开始，并且给这个 Session 分配一个端口，比如 62000，然后改变这个数据包的源端口为 62000。所以本来是（10.0.0.1:1234->18.181.0.31:1235）的数据包到了互联网上变为了（155.99.25.11:62000->18.181.0.31:1235）。

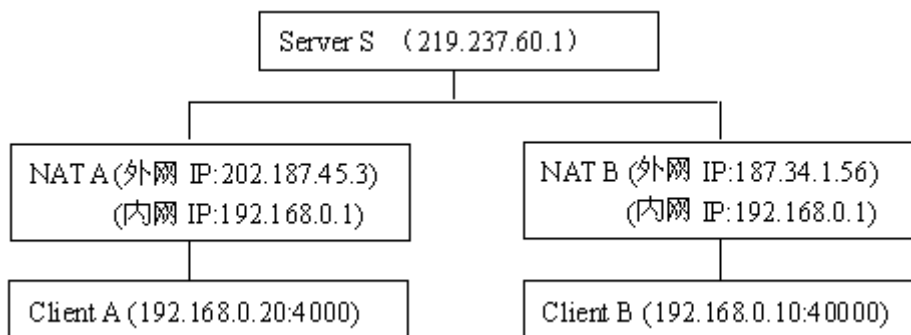
一旦 NAT 创建了一个 Session 后，NAT 会记住 62000 端口对应的是 10.0.0.1 的 1234 端口，以后从 18.181.0.31 发送到 62000 端口的数据会被 NAT 自动的转发到 10.0.0.1 上。（注意：这里是说 18.181.0.31 发送到 62000 端口的数据会被转发，其他的 IP 发送到这个端口的数据将被 NAT 抛弃）这样 Client A 就与 Server S1 建立以了一个连接。

四、不同内网的设备通过 Internet 实现 P2P 通讯

从上述表达可以看到，通过 NAT，内网的设备向外连结是很容易的（NAT 相当于透明的，内

网的和外网的设备不用知道 NAT 的情况)。那么我们如果想从外部发送一个数据报给内网的设备有什么办法呢? 内网内的主机必须在内网的 NAT 上打上一个“洞”(也就是前面我们说的在 NAT 上建立一个 Session), 比如从内部某台主机(比如: 192.168.0.10)向外部的某个 IP(比如: 219.237.60.1)发送一个 UDP 包, 那么就在这个内网的 NAT 设备上打了一个方向为 219.237.60.1 的“洞”, (这就是称为 UDP Hole Punching 的技术)以后 219.237.60.1 就可以通过这个洞与内网的 192.168.0.10 联系了。(但是其他的 IP 不能利用这个洞)。

实现两个内网的主机通讯还差最后一步了: 两边都无法主动发出连接请求, 谁也不知道谁的公网地址, 那我们如何来打这个洞呢? 我们需要一个中间服务器来联系这两个内网主机。



首先, Client A 登录服务器, NAT A 为这次的 Session 分配了一个端口 60000, 那么 Server S 收到的 Client A 的地址是 202.187.45.3:60000, 这就是 Client A 的外网地址了。同样, Client B 登录 Server S, NAT B 给此次 Session 分配的端口是 40000, 那么 Server S 收到的 B 的地址是 187.34.1.56:40000。

此时, Client A 与 Client B 都可以与 Server S 通信了。如果 Client A 此时想直接发送信息给 Client B, 那么 he 可以从 Server S 那儿获得 B 的公网地址 187.34.1.56:40000, 是不是 Client A 向这个地址发送信息 Client B 就能收到了呢? 答案是不行, 因为如果这样发送信息, NAT B 会将这个信息丢弃(因为这样的信息是不请自来的, 为了安全, 大多数 NAT 都会执行丢弃动作)。

总结一下这个过程: 如果 Client A 想向 Client B 发送信息, 那么 Client A 发送命令给 Server S, 请求 Server S 命令 Client B 向 Client A 方向打洞, 然后 Client A 就可以通过 Client B 的外网地址与 Client B 通信了。

五、系统实现

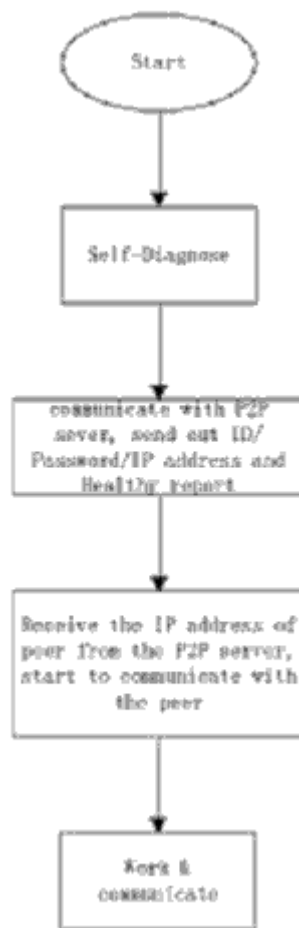
根据以上通信原理, 对 DWS 的实现方式解释如下:

1. 为了帮助各个客户的控制中心服务器连接到他们各自 DWS 系统中的每一个称重设备, 需要建立一个 P2P 连接服务器来处理公司销售的所有 DWS 设备的连接申请。
2. P2P 连接服务器具备一个固定的全球唯一 IP 地址, 在 DWS 系统中的每个设备出厂前就被缺省设定好唯一的接入代号(产品序列号)、P2P 连接服务器的 IP 地址以及 P2P 连接密码。

3. 开发一套 DWS 系统管理软件，支持现场可以配置每个设备的接入代号，支持与 DWS 中的每个设备进行 P2P 通讯。

4. 在 P2P 连接服务器上运行一套 P2P 管理软件，对提出 P2P 连接申请的设备和客户控制中心服务器进行接入验证，对经过验证的设备提供 P2P 转接服务。同时进行客户管理并监控售出设备的工作状态，定期将设备诊断报告提交给客户。

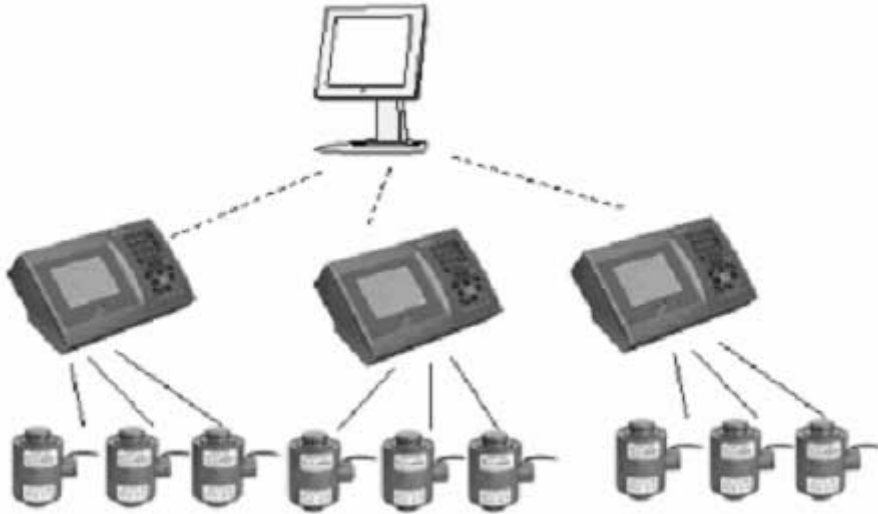
在每个分散的应用现场配置一台 ADSL Modem 以及一个支持 NAT 协议的 HUB，称重仪表经由 HUB 共享 Internet 接入。每台称重仪表软件工作逻辑如下：



称重仪表启动后，首先对传感器、电路上的重要部件进行自检，然后主动连接 P2P 服务器，并将识别号、密码传送给设备供应商的 P2P 服务器，通过 P2P 服务器验证后，将自检数据上传给 P2P 服务器，同时将需要建立 P2P 通讯的另一个网络设备（可以是另一台仪表，或是客户的控制服务主机）的识别号发给 P2P 服务器。P2P 服务器将所有通过验证的设备根据其需要连接的设备撮合到一起，帮助将各自的 IP 地址通知对方，从而帮助它们脱离 P2P 服务器的转发建立起真正的 P2P 通讯

互联。

一个 DWS 系统中的所有设备建立起 P2P 通讯互联后，就形成了如下的虚拟网络：



其中，用户的远程控制中心可以直接读取各个子系统的称重交易数据，同时各个子系统之间也可以通过网络共享某些数据。比如说，高速公路某入口处开进一辆卡车，经过子系统-动态轴重秤 A 称重后，发现超载，将车号和重量读入仪表，通过虚拟网发给各出口处子系统的仪表，当该卡车从某个出口处驶离时，动态轴重秤 B 就可以根据车号调出有关数据，并称重验证是否超载，然后根据超载重量和行驶距离处以罚款。

称重子系统定时将自诊断出的系统错误和记录下的错误操作，有关数据按照严重程度分为两类：1) 用户可恢复故障，如错误的操作，零点超范围等等；2) 用户不可恢复故障，如传感器损坏、仪表某一部分功能损坏等等。对于第一类故障，称重子系统将只汇报给用户的远程控制中心，对于第二类故障，根据需要，客户可以配置为子系统在汇报给用户的远程控制中心的同时也传递给设备供应商的 P2P 连接服务器。这样设备供应商可以根据故障报告及时提供维修服务。

六、P2P 连接服务器的实现：

P2P 连接服务器由 DWS 制造商提供，需要具备一个固定的全球唯一 IP 地址，同时可以做到 24 小时在网服务（为了避免服务器故障引起 DWS 无法互联进入正常工作状态，需要配置备用 P2P 连接服务器，在主服务器发生故障时自动切换为 P2P 连接服务器）。

P2P 连接服务器的主要功能：1) 接入设备的认证；2) 帮助构建各个 DWS 系统的子系统间建立 P2P 连接，从而形成虚拟网络系统；3) 读取各接入设备的健康诊断报告，当设备发生客户不能恢复的故障时，通知工厂维修人员及时提供现场维修服务。

七、客户称重管理服务器软件

每个 DWS 系统均有一套称重管理软件运行在客户的管理服务器上，该软件支持从 DWS 系统的各个子系统收集称重信息，存入称重管理服务器数据库，并对各个子系统进行远程配置管理。

除此之外，各个子系统的操作信息和状态也将实时提交给称重管理服务器，作为设备管理日志存档。



八、讨论和展望

由于受到以太网技术非实时性的限制，DWS 系统通过互联网传递的都是非实时信息，以管理和监控各个子设备的业务操作流程。随着工业以太网概念的推出并被加入工业现场总线（如 Foundation Bus）的标准，通过网络层和传输层协议的完善以确保以太网传输的实时性。

当 DWS 采用的网络方式升级到实时以太网后，可以将设备通讯节点进一步下移到称重传感器。具备这一功能的称重传感器将成为真正的智能传感器。它不仅仅具备传统的提供重量信号的作用，二次仪表的功能也可以被加入，甚至一些基本的工业控制功能也可以加入到传感器中，成为分布式称重控制系统-DWCS。在一个 DWCS 子系统中，某个传感器可以被配置为主控制器，其它传感器则将各自的重量信号和状态信息以数字量的方式通过工业以太网传递给主控制传感器，一些实时性强的现场控制逻辑也将由主控制传感器实现。当主控制传感器出现故障时，其它智能传感器将主动

接替这一角色，以保证现场设备的无故障连续工作。

具备智能传感器的 DWCS 系统将使得称重及控制系统完全摆脱地域、空间和现场资源的限制，减少现场安调和维修工作量，并使得现场不停产故障恢复、组建远距离称重系统进行现场监控、实时故障智能诊断等均成为可能。随着 IT 技术和智能传感器技术的进一步发展，DWCS 系统将具备更强的竞争力，并在各称重应用领域中结合行业应用，发展成为具有行业特色的典型系统。

参考文献

- (1) AngeHrn and Meyer (1997), "Developing mature internet strategies", Information Systems Management, Summer.
- (2) Clay, S. (2000) .P2P definition. Retrieved November 5, 2003 from <http://www.openp2p.com/pub/a/p2p/2000/11/24/shirky1-whatisp2p.html>
- (3) Fox, S.Gribble, Y. Chawathe, E. Brewer, "Adapting to Network and Client Variation Using Infrastructure Proxies: Lessons and Perspectives", IEEE Personal Communications, Aug.1998, Vol.5, No.4, pp.10-19
- (4) L. Xu, D.Y. Zhang, Q.D. Sun, X.T. Zhang, "Research on Technique of Data Packets Capture Based on NAPI", Computing Engineering and Applications, 2004 Vol.40 No.26 P.138-139, 159
- (5) Mettler-Toledo, "I-15 Retail Scale Product Specification"
- (6) Mettler-Toledo, "Axle Scale Product Specification"
- (7) Nelson, M. and Marc, H. (2001), "A Network of peers: Models through the history of the Internet," Peer-to-Peer: Harnessing the Power of Disruptive Technologies, Cambridge, O'Reilly.
- (8) RFC 2138 "Remote Authentication Dial In User Service (RADIUS)", C. Rigney, A. Rubens, W. Simpson, S. Willens, 04/18/1997.

作者简介



戴峰，工学硕士，高级工程师，中国自动化仪表学会高级会员，梅特勒-托利多（常州）称重设备系统有限公司研发部经理。1994年东南大学自动化研究所硕士研究生毕业，同年加入梅特勒-托利多（常州）称重设备系统有限公司从事产品研发工作至今。先后担任多个重要项目的主设计师和项目经理。其中 RL00 系列条码秤填补了国内自主开发高端商用衡器的空白。从 1995 年起，被多次派往美国、德国、瑞士等国家的研究中心进行技术进修和项目合作开发，与美国同事合作开发的 8461 触屏式网络条码秤已畅销北美市场八年，为中国公司争取更多的研发自主权奠定了一定

的基础。2002年起，担任公司研究开发经理，在公司管理层的支持下，在CMM框架下建立了公司软件开发质量控制体系；在项目管理控制方面，采用FUTURE系统进行项目管理，使得项目管理和控制实时、透明、高效。2004~2005年，将6 Sigma运用于研发项目，完成了软件质量控制和提高数字传感器模块的合格率两个6 Sigma项目，被Juransh质量研究院授予6 Sigma黑带证书。主持开发了称重核心数字逻辑芯片Weigh-Kernel的设计开发工作，该芯片具有自主知识产权，目前已成功应用于产品。其中两项技术成果获得国家实用新型专利，一项发明专利已处于国家专利局公开阶段。在国际国内学术会议及学术刊物上共发表论文十二篇。2006年被推选为中国衡器协会专家委员会委员，常州市科协委员。