

Integrated Logistics Solution Enabled by Cloud-Based Mobile Sensing Technology

Yi-Chang Wang, Yi-Yuan Chen, Shang-Chih Hung, Nien-Chu Wu

Industrial Technology Research Institute, Hsinchu, Taiwan
Email: ycwsan@gmail.com

Received: May 13th, 2015; accepted: Jul. 27th, 2015; published: Jul. 30th, 2015

Copyright © 2015 by authors and Hans Publishers Inc.
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

This paper proposes a smart logistics service solution which integrates BLE4.0 low-power wireless temperature sensing module into the innovative mobile logistics management APP. With the cloud-based smart IOT management platform, the large volume of real-time temperature and location data captured from the smart containers can be effectively stored, tracked, and managed. In order to introduce the new technologies into the logistics operations, the existing service flow is modified with careful observation of the actual business flows to optimize the service efficiency. With the innovative logistics APP, operators can not only use the smart phone to scan and check in/out the containers, but also monitor the temperature and location of the containers through the wireless sensing module. All the information transferred to the cloud management platform via the blue-tooth and wireless communication can be tracked and monitored in the platform so as to provide an overall and integrated information services to the business users

Keywords

Logistics, Wireless Sensing Technology, Cloud-Based Platform

基于云端感测科技之智能物流服务系统

王亦璋, 陈一元, 洪上智, 吴念祖

工业技术研究院, 新竹, 台湾
Email: ycwsan@gmail.com

收稿日期: 2015年5月13日; 录用日期: 2015年7月27日; 发布日期: 2015年7月30日

摘要

本论文发展一智能物流服务系统，整合BLE4.0低耗能无线温度感测模块与手机行动物流管理APP，搭配云端智慧物联网管理平台，用以解决大量的智能物流箱导入温度数据时的追踪与管理问题，提升冷链运输中智慧物流箱的储运配送过程之数据撷取效能。同时依据实际物流作业过程，重新设计作业服务流程，使物流士可透过智慧手机连接物流箱上所嵌入之无线感测模块进行温度与位置的监控。另外，智能物流箱所感测及收集到的温度数据及位置定位信息可上传至云端管理平台做储存，提供使用者全程及整体性的信息查询服务。

关键词

物流，无线感测，云端管理平台

1. 引言

依据统计，欧美日及台湾之低温食品比例约 35%，中国大陆约 20%。但上述食品使用低温物流设备之比例，欧美日台已达 80%~90%，而大陆只有 10%，商品因失温而报废金额高达新台币 5000 亿/年——约当浪费 1200 万吨水果和 113 亿吨蔬菜(北京金安明邦公司: 2010~2015 年中国低温物流市场调查与分析报告) [1]。

冷链市场的普及率因都市化及人口集中，食品型态变革，低温食品日渐普及、政策及协会之推广，最重要的是消费者对食品安全的觉醒。广义的冷链物流者的是冷藏冷冻类物品在生产、储藏运输、销售，到消费前的各个环节中始终处于规定的低温环境下，以保证物品质量和性能的一项系统工程。它是随着科学技术的进步、制冷技术的发展而建立起来的，是以冷冻工艺学为基础、以制冷技术为手段的低温物流过程。正因为冷链物流对温度的要求高于常温物品，所以其主要的的需求在于如何确保运送途程中的温度质量。现行运送方式或由冷冻冷藏车运送，或由常温车搭配冷藏箱运载。前者于实际运送时常发生物流士为图省油而将引擎暂时关闭，待抵门市时方开启，导致车内实际温度于全程运途中并未达应有水平，且遇多店配送时需频繁开启车门而造成升温进而影响食品之质量；且采用传统低温车运输模式之运送能耗高，对于运送量无法达到经济效能的企业来说成本过高，非一般中小企业负担得起。后者则因冷藏箱缺乏良好温度管控机制而经常导致产品质量因失温而有货损。在食安问题日益受到社会大众重视的今日，如何提高冷链产业在供应链的各个环节中食品配送之服务质量将是一个重要问题。如前所述，传统物流业多采用外表附加标示的物流箱作为物流载体，虽符合一般商品的点交作业流程，却无法确保箱内运送物品的质量，也无法实时监控运送物品状态，导致运送物品若变质则其责任归属无法厘清。

2. 背景

传统物流产业对温度的监控方式是采用温度计录器来测量并记录整个货柜内的温度，即是每台运输车辆放一台或多台温度记录器并记录运输过程中的温度，当货物到达运输将计算机与纪录器链接，再将温度数据导入数据库。传统的温度计录器无法对单个箱体进行测温、无法自动辨识产品信息，以及需要联机及人工操作才能导出数据等缺点，无法满竹现代运输行业对温度监控的需求。

市面上亦有单独贩卖且体积小的温度计可至于单独物流箱内使用，虽可测量单独箱体内温度，但无法实时传出箱内温度信息，也就无法立时反映出当箱体内发生异常温度状态之状况，且必须待抵达定

点后方可链接计算机读出数据，在操作程序上相对不易。

无线通信的进步使得这种状况有了进一步发展的空间。以下将就无线通信技术的部份做简单的说明。所谓“可唤醒的平均无线通信功耗”指的是一个有无线通信接口的嵌入式系统，为了省电可以进入深睡眠状态，平常靠定时器叫醒，但是如果使用者欲不定时把嵌入于容器的无线感测节点(简称节点)叫醒，如何在几秒钟内叫得醒，又能保持低平均功耗是技术重点。目前唤醒方法有主动与被动的的方式。被动式是采用 RFID 或类似的能源收集装置，把低睡眠状态的处理器唤醒，所以是可以达到短延迟、在节点上省电的目标。但是关键在于唤醒发讯器不便宜也高功耗，并未在任何手机内有内建，所以用户必须携带额外的硬件，不方便也容易增加手机耗电的负担。至于主动唤醒机制部份，则是由唤醒者连续送出 preamble，被唤醒者定时醒来检查是否有该醒来。这种协议虽然对节点是省电的，但是并未纳入之前业界标准的硬件支持功能之内，所以必须以软件实作，省电效应则大打折扣，延迟时间也可能达到数十分钟，不适用于本应用的需求中。本论文所采用的技术是利用 BLE4.0 [2] [3]有硬件支持同步连接时段的唤醒模式，固定每几秒内(可调)硬件自动短暂连接一次，若设定两秒内可唤醒的平均功耗仅 15 μ A。以一个 700 mAh 的锂电池的电量来说，足够维持五年以上，极符合本应用的需求。

“读取器”是指数据上传时，接收端必备的装置。把手机当做读取器，是最直接、最便利、最适用于本应用的读取方式，因为具备语音、网络、定位、与友善用户接口，已是现代人随身携带的装置。最好是使用手机已内建的通讯功能，不然如果需要外插网卡或额外的读取器，不但不方便，增加成本，更会造成耗电的负担。若使用 RFID，读取器价位在美金 200 ~ 1000 不等，而且没有包括手机通讯与定位的功能。目前最普遍的内建无线通信功能为 Wi-Fi 与 Bluetooth。其他接口例如 NFC (near-field communication) [4] [5]与 ANT+ [6]-[9]也有内建于某些手机内，但普及程度或功能较少。NFC 的功能与距离比较有限，适合信用卡或门禁，但不太适合智慧容器。而 ANT+是一个与 BLE 由同一个前身演变出来的规格，适用于健身时生理讯号的监测(心跳、计步等等)。支持 ANT+手机算少数，节电管理也不如 BLE，但因为 PHY 层次与 BLE 类似，所以有机会与 BLE 整合。目前尚无内建 ANT+的 MCU，所以成本上可能还略高于 BLE。Wi-Fi 虽然是智能型手机的必备接口，所以读取器成本与 BLE 相同，但是节电方面规划不如 BLE，节点也无内建 Wi-Fi 的 MCU 单芯片，所以暂不列入考虑。

“节点”就是嵌入容器内的无线感测系统。因为目前容器的技术已经定形，智慧容器的成本即由节点的成本所决定。节点是一片电路板加上组件、电池、天线等等组装而成。其中除了电池之外，最大变量是核心组件的部份，也就是微控制器(MCU)、无线通信模块(RF)、传感器(sensors)、以及信号转换器(signal converter)。之前的系统，都采用分开的 RF、MCU、与讯号转换组件，而本采用的是整合至少三类组件以上的 BLE 单芯片，不论在成本或耗电上都优于多组件。再说，BLE 已有数家国际知名大厂支持整合 RF 与 MCU 的单芯片，不论在开发工具、组件价格、长远的组件供应能力相较于其他规格都有绝对的优势。

“车厢中数据撷取率”是在金属壳的车厢里，从智慧容器内传出的数据被接收端(手机)收到的成功率。如果节点是直接把数据传给手机，由于可能有遮蔽与干扰的问题，使得数据传不出来。但若假设每一个节点至少都可与另一个节点沟通，再假设每一个被遮蔽的节点都可以间接被连接到，就有办法将每一个节点的数据透过互传的方式传出。虽然业界标准例如 ZigBee 能支持 mesh networks 与 multi-hop communication [10]-[12]，但是它所假设的应用情景是无时间限制、偶尔主动上传(sporadic push upstream)的沟通模式，而不适用于不定时向下询问(asynchronous downstream pull/query)。即使在主动上传时，如果纯粹依赖通讯协议层的互传，虽然可以达成高成功率，但延迟时间可能很久，而且，互传会造成通讯上额外功耗的负担。所以，不论使用 ZigBee 或 BLE，互传时都必须在应用层上进一步的处理，像有效地压缩数据，才不会牺牲电池的寿命。我们提议的解决方法，是基于在不对辅助节点造成太大负担的前提下，选择数

据特性最接近之被辅助者的节点，以达到最有效的数据压缩率(因为数据值接近)。所以，即使将来竞争对手采用相似的通讯技术，如果没有掌握应用层的数据压缩技术，也无法达到类似的电池寿命。

“功能重置速度”所指的是透过无线通信装置更改感测节点上的韧体所费的时间。功能重置也是本系统的一大特色，目的是使出厂后的智能物流箱，随着应用的需求的演变，能够在短时间内，将一整群的节点的韧体更新或替换，以达到功能重置的效果。目前，实际能够支持透过无线通信更新韧体的嵌入式商品本来就不多，大部份属于研究雏型。最具指标性(Deluge)的方法是将韧体切成封包，由各节点以淹没式的把封包播散出去。虽然理论上在于网状拓朴可达到有效的传送，但是缺点是没有确认更新成功的考虑，也没有时间上的约束。本计划所采用的方式，符合本应用要求，每一个节点务必回报成功或失败的状态，而且要在最短时间完成。如此一来，如果客户有新的应用需求，或甚至临时有规格上的修改，本智慧物流箱都可以短时间内客制化，不必把物流箱回收给专人重新刻录，在商业模式将会是一大优势。

本论文结合由物流箱、嵌入式 BLE4.0 低功耗无线温度感测模块、搭配前端智能手机行动物流管理 APP 及云端智慧管理平台来随时随地监控温度的变化，如此便可以利用常温车取代低温车进行多温共配的服务模式。如此一来不仅能降低相较于使用冷冻车所耗费的油耗，并能以此确保食品运送之质量。然而，一旦物流箱大量普及应用时，大量物流箱在管理与运送时的温度监控之工作将变得相当复杂，因此本论文提出了一智能物流服务系统，透过智能物流箱、智能手机与云端管理系统的整合，提供一个完整的解决方案。此解决方案包含一前端感测网络，利用 Sensor Tag 嵌入于物流箱体而成为智慧物流箱，透过智慧手机连接 Sensor Tag 进行温度监控，免除开箱动作之智能手机质量监控设计，以及发展一云端化的监控信息平台，可整合由前端智能物流箱所感测上传的温度数据及手机定位信息，提供用户全程及整体性的信息查询服务。旨在提供一个针对传统低温运输的物流业者由 0 到 1 的智能化冷链作业典范。藉由全程温度履历的系统建立来提升冷链作业之效率，并期能协助业者厘清在物流作业中之货损责任。

3. 系统架构

本论文所发展的系统是以智能物流箱搭配常温车运送低温物流作为全面推动城市储配之全程低温物流服务基础。其所提出之系统架构如图 1 所示，主要包含三大部分，第一部分:前端感测装置为嵌入式 BLE4.0 低功耗无线温度感测模块，具备了节能、数据回传高撷取率与功能可重置性以符合不同需求的特点。第二部分:行动物流管理装置为物流士所使用的智能手机，提供了电子化的理货、盘点与点交作业功

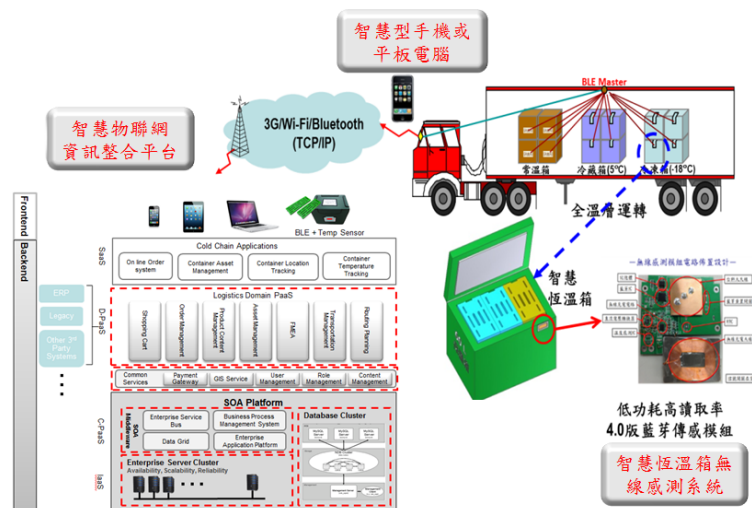


Figure 1. Smart logistics system diagram
 图 1. 智能物流服务系统暨无线传输温感模块系统架构示意图

能，取代传统人工操作流程，以降低出错率及节省作业时间。第三部分为云端智能物联网信息整合管理平台，为了提高配送服务质量(厘清运送责任，降低货损)，所以建置了全程温度实时监测系统(温度纪录、定位追踪、温度异常侦测)，以确保运送途中的温度质量。

4. 实施

4.1. 智能化信息整合及分析服务平台

所发展之智能化信息分析后台是采用 open source 平台，以减低业者于信息系统之支出成本。以 SOA 模块化方式建置系统[13] [14]，可提升模块重复使用率，并且一旦单元模块建置完成，未来新应用即可以组装方式快速完成。平台架构如图 2 所示。

4.2. 智能温度感测物流箱

本论文之嵌入式感测模块设计是采用第 4.0 代蓝牙低功耗技术(BLE)，是目前在无线个人网络(WPAN)技术中，可以在低功耗状态下快速唤配的通讯协议。本技术用低功耗、快速的方式与具有蓝牙 4.0 通讯接口的手持装置链接，并整合手机 GPS 定位信息后传到云端全程低温物流服务信息管控平台，让使用者与物流公司可实时追踪到物流箱的状态和地理位置。

BLE4.0 温度感测电路架构如图 3 所示,使用一可输出低频 32 MHz 讯号的 RTC 芯片,并结合 CC2540 之特性[15] [16]，直接以 RTC 唤醒在模式 2 睡眠中的 CC2540。设计 TPS22965 低功耗开关电路，使得传感器在睡眠期间，可以关闭额外 IC (温度 IC, Flash, SD)的供电，只有 MCU (CC2540)和稳压 IC 会耗能。温度感测电路设计采用 MAX31855 温度感测 IC 和 T 型热电偶补偿线(铜镍合金线与铜线结点),MAX31855 的工作温度范围为-40℃ to +125℃，符合冷链物流所需要的温度环境。本嵌入式感测模块整合一 125KHz 近场无线天线对模块内之锂电池进行充电，让整体机构设计无开口缝隙，在机构外壳设计可达到防水防尘功能。

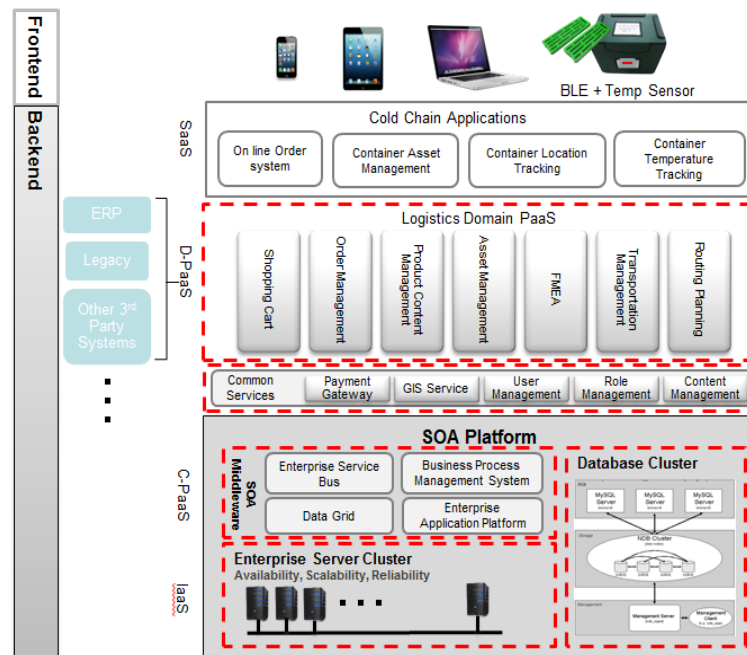


Figure 2. Open source information system architecture
图 2. Open source 智能化信息系统平台架构

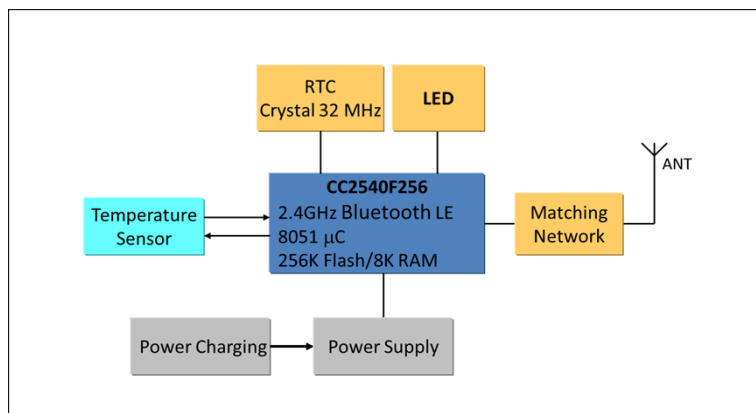


Figure 3. BLE4.0 temperature sensor circuit architecture
 图 3. BLE4.0 温度感测电路架构图

温度感测韧体在实作上配合低功耗硬件电路设计，如具睡眠功能之主动组件(如微处理器、电压整流器、RTC)，并以电子开关配合韧体于睡眠机制启动时进行周边节电控制。本论文利用自行开发韧体的优点在于有任何需要变更硬件功能时，可以一并加入于软件撰写，达到最高的扩充性。韧体架构使用德州仪器 CC2540 单芯片(MCU: Micro Processor Unit)，因为不但支持 BLE4.0 业界标准，也是目前最成熟的 BLE4.0 单芯片。德州仪器的 BLE4.0 协议堆栈，也提供手机 APP 范例，在开发上有足够的资源可以使用。由于遵循标准规格，日后如果换用 Nordic 芯片组，则不需另外开发 APP。RTC 是一个许多系统都必备的功能，不仅让节点可以知道现在时间，并利用取样时间记录温度感测数据，还可以自设唤醒日期或时间，耗电负担极低，不会造成电源上的负担。同时，RTC 也可辅助主程序利用混合外部中断机制，唤醒低功耗睡眠模式，达成当感测卷标接收定时指令时，自动纪录温度与收集电池续航数据，以便达到最佳省电成效。感测标签的韧体架构，如图 4 所示。

RF Data Transceiver 是将 Master 的指令传递给主程序，主程序依命令及响应单元对应的指令功能及预先设定参数值执行程序；如果是时间相关设定指令，则进入时间执行程序；温度感测卷标会依 Timer Process 的定时自动中断信号执行温度数据分析及温度数据储存的程序，韧体执行盘点指令时，温度感测卷标则进入温度数据下载并执行分析结果。

RF Data Transceiver 是将 Master 的指令传递给主程序，主程序依命令及响应单元对应的指令功能及预先设定参数值执行程序；如果是时间相关设定指令，则进入时间执行程序；温度感测卷标会依 Timer Process 的定时自动中断信号执行温度数据分析及温度数据储存的程序，韧体执行盘点指令时，温度感测卷标则进入温度数据下载并执行分析结果。

4.3. 行动物流管理系统

本论文所开发智慧物流箱为达到冷链物流服务，因应智能物流箱所驱动之创新服务情境如图 5 所示，满足从装箱理货到签收点交的温度监控流程。分为在 Configuration、Initial、盘点、运送、寻货、点交、Download 和电量盘点等八个状态，如图 5 所示，说明如下：

1) Configuration 状态：新的物流箱启用或 ID 需做变更时，进入 Configuration 状态。接收 Master (如 SmartPhone) 传送之编码数据并写进物流箱 ID 号码定义之位。物流箱标识符的编码规则参考条形码协会 GS1 针对可回收容器所定的 GRAI 码，并以此号码作为 BLE4.0 蓝牙模块唯一的 Device Name。

2) Initial 状态：在物流中心集货完成并封箱后启动卷标电源(卷标 ID 是由 Master 读取外箱 Barcode 而得，并依此 ID 建立 BT 联机)，标签自我侦测残余电量并判断电量是否足够，若是电量不足则持续亮起

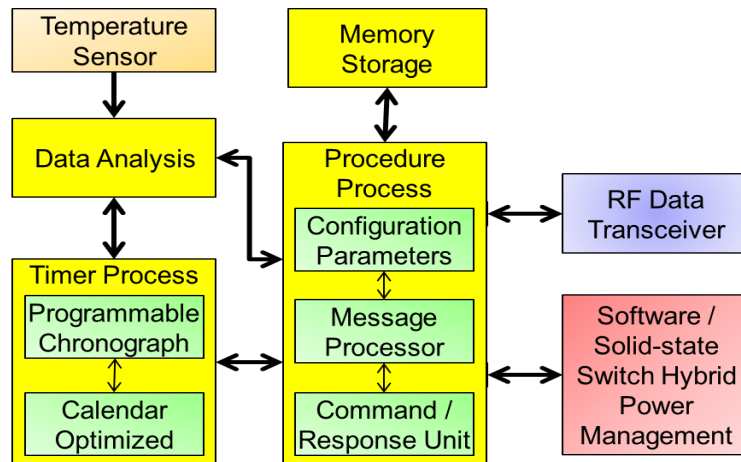


Figure 4. Temperature sensor tag firmware architecture
 图 4. 温度感测卷标的软体架构

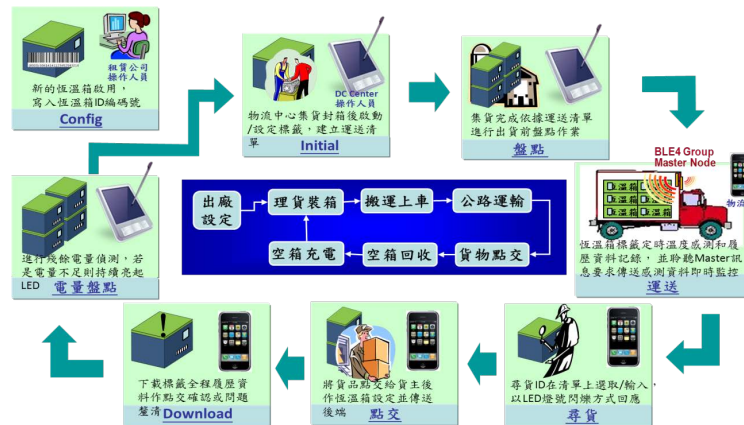


Figure 5. Innovative logistics service Scenario
 图 5. 智能物流箱所驱动之创新服务情境

LED 灯号，若是电量足够则进入 Idle 等待指令。接收 Master 发送之 Initial 讯息包括 Master 时间(作为时间同步旗标)、感测间隔时间(默认值 300 秒)和温度异常通报之 Threshold 值(默认值 30℃)。卷标将 Initial 讯息写入内存。

3) 盘点状态: Master 之托运单可于集货时建立或由 Server 端下载取得。卷标收到盘点讯息即回传最后一笔感测数据，传送数据报括物流箱卷标号码/日期时间/温度。

4) 运送状态: 物流箱集货完成封箱启动后即定义为运送状态。即依据感测间隔时间开始物流箱卷标温度感测和履历数据记录，在侦测温度时即读取前一笔进行比对，若是超过 Threshold 值则主动传送警示讯息给 Master。卷标聆听是否有 Master 讯息要求传送感测数据，传送最后一笔感测温度数据给 Master。数据报括物流箱卷标号码/日期时间/温度。

5) 寻货状态: 寻货 ID 可由 Master 之托运单上选取或输入。卷标收到讯息判断是否符合自我 ID 号码，若是，回传物流箱卷标号码/日期时间/RSSI 给 Master，并启动 LED 灯号以闪烁方式来响应。

6) 点交状态: 点交的箱号可由 Master 托运单上选取或 Master 读取物流箱外的条形码。卷标收到点交讯息，回传给 Master 确认讯息(讯息包括实时温度和电量是否足够)。将货品点交给货主后，Master 会回传“点交”指令给物流箱卷标，卷标内温度正负号指针位记录成“11”，表示该物流箱已点交给客户。

若未收到停止指令，物流箱卷标仍以运送状态执行。

7) Download 状态: Download 的箱号可由 Master 托运单上选取或 Master 读取物流箱外的条形码。卷标收到 Download 指令，回传最后一笔感测数据(包括日期时间/温度)及此段履历记录之起始同步时间、感测间隔时间给 Master，Master 计算出欲下载笔数后传送给标签。卷标传送由最后一笔倒数至指令笔数之所有数据给 Master。Download 状态会在运送途中、点交和后续除错时执行。

8) 电量盘点状态: 空箱清单可于收货时建立或由 Master 读取物流箱外的条形码建立清单。卷标收到电量盘点讯息，进行侦测残余电量并判断电量是否足够，若是电量不足则持续亮起 LED 等，若是电量足够则关闭电源。(会有电量耗尽到无法启动 LED 状况发生，Master 透过 ID 的读取来作判断)。

5. 实验与结果

5.1. 验测场域设备介绍

本论文服务验测过程中所使用的物流箱尺寸长为 60 cm、宽 40 cm、高 50 cm。以一辆 1.9 吨小货车刚好可以载满 20 箱，符合城市物流了需求。每一物流箱装满冰淇淋。

5.2. 验测结果

运送中温度实时监控是透过物流士的手机 APP 持续记录物流箱之卫星定位与温度信息并定时传送至后端平台进行远程温度监视及管理，如图 6 所示为一系列后端平台依据为时间与箱号为收寻条件所查询到的卫星定位与温度信息结果。总共收集 5000 箱次资料，经由统计结果，箱子遗失率只有 1%，而主要原因为温度传感器故障与电力耗尽以及少部分人为操作 APP 时误删了物流箱编号而没有与后台做确认动作。对首次验测结果而言已达到预期中的目标。

6. 结论

因应大量的智能物流箱导入溯源追踪应用并提升智能物流箱的储运配送过程之数据撷取效能，进行冷链感知网络优化技术之开发，此感知网络优化藉由第 4.0 代蓝牙低功耗技术感测模块自适应感知 Routing Protocol 之逻辑设计，以实现物流箱在运送过程中具自行记录邻近物流箱讯息之能力，或在有可能的状况下记录其他装置，例：GPS，直接或间接提供的位置信息，进而藉由综合相关装置记录的数据逻辑运算以增加读取率。基于上述之创新方法，亦可重建物流箱大约的实际运送路径，甚至推算出当前的位置，以提供储运配过程所可能发生的失联物流箱寻箱之服务。除此之外，为达到通讯稳定之强化，亦进行无线感测系统之接收器天线布建方式的优化工作。此优化工作之实施乃针对运输过程中、仓储，以及货车等各种不同传播环境进行，建立可有效率地完成接收器天线布建设计的电磁模拟方法。本论文依客户针对 upload、download 以及 energy 的优化问题，利用相邻节点的自适应数据复制与结合数据融合之数据压缩方法，提高数据传输之成功率达 95%。

在物流箱温度监控/定位服务后台方面，单一数据库无法避免单点失效问题而商用数据库丛集方案成本却又太高，所以本解决方案为采用 MySQL 开放码丛集数据库为基础开发。如此架构之成果为高可靠度之感测数据上传与储存服务。平均上传与下载速度达 0.23 ms/3.82 ms，数据接收率大于 99.9%。以一台车 10 箱，每 5 分钟上传一次为例，可容许约 1,000,000 箱次的数据同时上传。建立有效整合低温物流产业供应链之产、储、运业者之异类数据融合与跨平台信息。

本论文以智慧化、行动化、云端化创造城市冷链创新服务。在中小型物流运输业信息化能力不足的考虑下采用开放码为基础的云端架构之低温物流服务平台作为整合性信息分析的共通平台，以降低信息营运成本。以低碳、便捷、少量多样运配模式达到城市内物流的节能典范。智能物流箱无线感测模块目

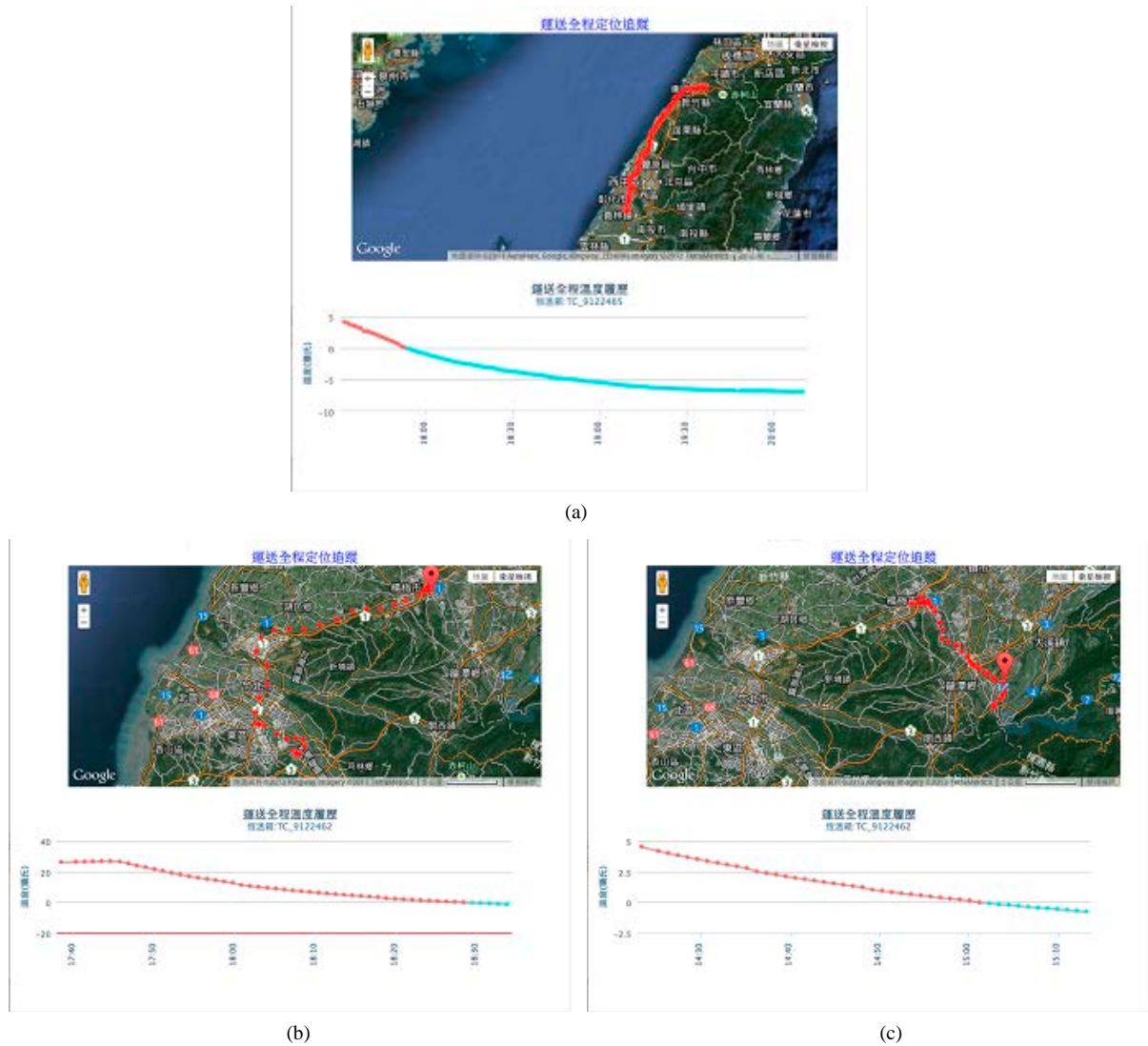


Figure 6. Cloud-based information management platform
 图 6. 云端信息整合平台

前虽以温度感测为主要对象，但整体系统电路设计则具有较大的扩充性及可替换性高，未来研究可依实际需要，整合湿度、加速度计、震动传感器等多种感测组件。

参考文献 (References)

- [1] 北京金安明邦公司：2010~2015 年中国低温物流市场调查与分析报告.
- [2] Bluetooth Special Interest Group (2010) Bluetooth core specification 4.0.
- [3] Gomez, C., Oller, J. and Paradells, J. (2012) Overview and evaluation of bluetooth low energy: An emerging low-power wireless technology. *Sensors*, **12**, 11734-11753.
- [4] Matos, A., Romao, D. and Trezentos, P. (2012) Secure hotspot authentication through a near field communication side-channel. *IEEE International Conference on Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications (Wi-Mob)*, 807-814.
- [5] Jara, A.J., Zamora, M.A. and Skarmeta, A.F.G. (2009) Secure use of NFC in medical environments. *European Workshop on RFID Systems and Technologies (RFID Sys Tech)*, 1-8.
- [6] Dynastream Innovations Inc. (2015) What is ANT+. <http://www.thisisant.com/pages/technology/what-is-ant-plus>

- [7] Dynastream Innovations Inc. (2014) ANT message protocol and usage. <http://www.thisisant.com/developer/ant/ant-basics>
- [8] Dynastream Innovations Inc. (2014) ANT+ device profiles. <http://www.thisisant.com/pages/ant/ant-device-profiles>
- [9] Dynastream Innovations Inc. (2010) Interfacing with ANT general purpose chipsets and modules. <http://www.thisisant.com/>
- [10] Jung, J.Y. and Lee, J.W. (2006) Improved ZigBee connection method for healthcare device. *International Conference on Hybrid Information Technology*, **1**, 673-676. <http://dx.doi.org/10.1109/ichit.2006.253564>
- [11] Jung, J.Y. and Lee, J.W. (2007) ZigBee device design and implementation for context-aware u-healthcare system. *2nd International Conference on Systems and Networks Communications*, **22**. <http://dx.doi.org/10.1109/icsnc.2007.88>
- [12] Jung, J.Y. and Lee, J.W. (2008) ZigBee device access control and reliable data transmission in Zigbee based health monitoring system. *International Conference on Advanced Communication Technology*, **1**, 795-797. <http://dx.doi.org/10.1109/icact.2008.4493875>
- [13] IBM SOA Foundation (2005) Providing what you need to get started with SOA.
- [14] Evolving SOA with IBM WebSphere, February 2008, Sandra Rogers.
- [15] Texas Instruments (2012) 2.4-GHz bluetooth low energy system-on-chip. <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/cc2540.pdf>
- [16] Texas Instruments (2013) Bluetooth low energy software stack and tools. <http://http://www.ti.com/tool/ble-stack>