

文章编号: 1007-130X(2004)07-0100-05

MATLAB 在金融时间序列分析及建模中的应用*

Application of Matlab in Analysing and Modeling Financial Time Sequences

李兴绪¹, 崔建福²LI Xing-xu¹, CUI Jian-fu²

(1. 云南财贸学院, 云南 昆明 650221; 2. 云南大学统计系, 云南 昆明 650091)

(1. Yunnan University of Finance and Economics, Kunming 650221;

2. Department of Statistics, Yunnan University, Kunming 650091, China)

摘 要: MATLAB 是优秀的数学计算工具, 本文阐述并举例说明如何利用 MATLAB 来对金融时间序列进行分析及建模。

Abstract: MATLAB is an outstanding mathematical computing tool. In this paper, we expatiate how to analyze and model financial time sequences with MATLAB.

关键词: 金融时间序列; MATLAB; 技术分析; ARMA; GARCH

Key words: financial time sequence; MATLAB; technical analysis; ARMA; GARCH

中图分类号: O245

文献标识码: A

1 引言

MATLAB 是 MathWorks 公司开发的一门集数学计算、图形处理和应用程序于一身, 功能强大的专业数学软件。它以矩阵作为基本的数据结构, 采用常规的数学符号作为表述方式, 提供了方便快捷的开发环境。另外, MATLAB 具有比较开放的扩展能力, 可以配合一系列工具箱来解决各专业性的问题。由于其科学计算方面独特的优势, 近年来深受科研人员的青睐。

作者在金融时间序列分析及建模过程中, 使用过 Eviews、TSP 等软件, 这些软件提供了一些基本的时间序列计算功能, 但可扩充能力相对较弱, 难以满足实际复杂计算的需要。而使用 MATLAB, 配合其金融时间序列、GARCH、信号处理、神

经网络等工具箱, 能够灵活地实现各种算法, 是时间序列分析和建模的有力工具。

MATLAB 的金融时间序列工具箱是关于金融市场时间序列的分析工具程序包, 主要包括一个金融时间序列对象构造器和一系列技术分析指标的计算方法。MATLAB 的 GARCH 工具箱提供了对波动性强的单变量经济时间序列建模的综合计算环境, 采用 ARMAX 与 GARCH 混合模型对具有条件异方差性质进行模拟、预测、参数估计; 支持先验和后验估计诊断、参差假设检验、模型选择以及时间序列变换。

2 技术分析

金融市场的投资管理人员总试图通过分析历

* 收稿日期: 2003-04-23; 修订日期: 2003-06-20

基金项目: 云南省自然科学基金资助项目(2000A0003M)

作者简介: 李兴绪(1966-), 男, 云南昭通人, 博士, 研究方向为应用统计; 崔建福, 硕士生, 研究方向为应用统计。

通讯地址: 650221 云南省昆明市龙泉路南段云南财贸学院统计与信息学院; Tel: (0871) 5114941; E-mail: xingxu1967@sina.com

Address: School of Statistics and Information, Yunnan University of Finance and Economics, Kunming, Yunnan 650221, P. R. China

史数据,计算出各种指数,画出趋势图表,以观察金融工具的价格、变动方向以及变化量来辅助下一步的投资决策。MATLAB 的金融时间序列工具箱提供了这个功能。

2.1 平滑异同平均线(MACD)

MACD 由正负差(DIF)和异同平均数(DEA)两部分组成,DIF 是快速平均移动平均线与慢速移动平均线的差,DEA 是 DIF 的移动平均。利用 MACD 进行行情预测,主要是识别多头市场和空头市场。当 DIF 和 DEA 均为正值时,属多头市场;当 DIF 和 DEA 均为负值时,属空头市场。采取行动的信号出现在 DIF 的走向与股价走向相背离时。

语法: `macdts = macd(tsobj, series.name);`
说明: `tsobj` 为金融时间序列对象名, `series.name` 为其中的数据序列名;
实例: 计算 IBM 公司 10/01/95-12/31/95 的收盘价平滑异同平均线;
`macd.ibm = macd(part.ibm);`
`plot(macd.ibm);`

结果如图 1 所示。

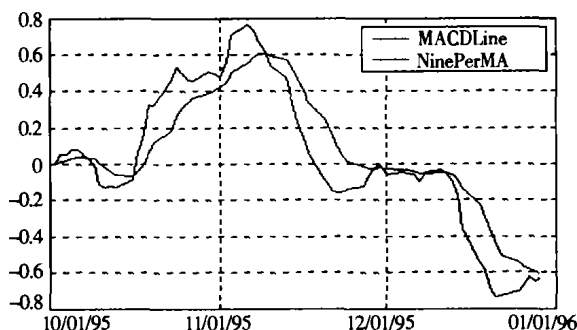


图 1 IBM 股票收盘价平滑异同平均线

2.2 威廉指标(William's %R)

William's %R 用来度量金融市场行情买卖程度的指标,其取值介于 -100% ~ 0%。一般认为,William's %R 高于 -20% 为超买状态,行情即将见顶,应考虑卖出;William's %R 低于 -80% 为超卖状态,行情即将见底,应考虑买进。

语法: `wpctrts = willpctr(tsobj, nperiods);`
说明: `nperiods` (可选项,默认为 14) 为周期;
实例: 计算 IBM 公司的 William's %R;
`wpctr.ibm = willpctr(part.ibm);`
`plot(wpctr.ibm); datetick('x', 'mm/dd/yy');`

结果如图 2 所示。

2.3 相对强弱指标(RSI)

RSI 以一特定时期内股价的变动情况来推测价格未来的变动方向,并根据价格涨跌幅度显示市场的强弱。

语法: `rsits = rsindex(tsobj, nperiods, ParameterName, ParameterValue);`
说明: `nperiods` 参数表示天数;
实例: 计算 IBM 公司的 RSI;

`rsi.ibm = rsindex(part.ibm);`
`plot(rsi.ibm);`

结果如图 3 所示。

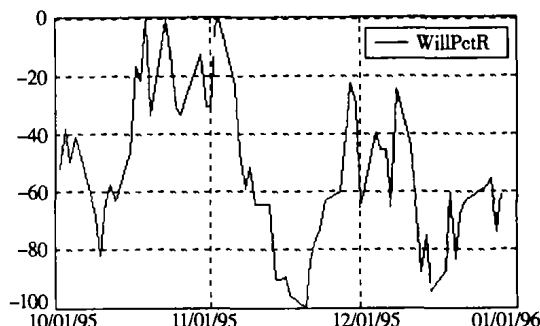


图 2 IBM 股票的威廉指标

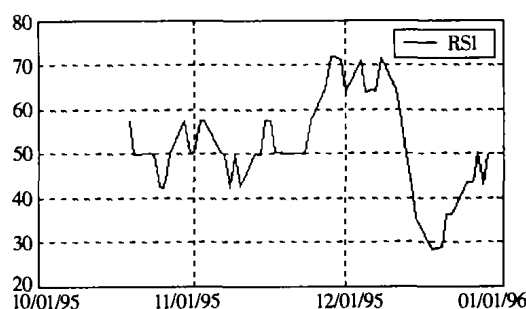


图 3 IBM 股票的相对强弱指标

3 金融时间序列建模

我们可以把某金融变量的一组观察值 $y(1), y(2), \dots, y(T)$ 看作是一个随机过程的某组特别实现值,记为 $\{y(t)\}_t$, 并称其为金融时间序列。可见,金融时间序列是一个单变量的随机过程。

3.1 金融时间序列建模常用的几个函数

3.1.1 自相关函数

自相关函数(Autocorrelation Function, 简称 ACF)的一般形式为: $\rho_k = \frac{Cov[y(t), y(t-k)]}{[V(y(t)) \cdot V(y(t-k))]^{1/2}}$, 它度量过程中的某个值与历史值之间的相关程度,常用来拟合观察值之间的相依性,显示了系列的“记忆”长度和强度。

语法: `[ACF, Lags, Bounds] = autocorr(Series, nLags, M, nSTDs);`
说明: `Series` 为时间序列向量, `nLags` (可选项) 表示要计算 ACF 的阶数, `M` (可选项) 设定为当 `Lags > M` 时,理论的 ACF 显著为 0, `nSTDs` (可选项) 设定样本 ACF 的标准差。ACF 返回自相关系数的计算结果, `Lags` 为对应的阶数, `Bounds` 返回 ACF 的近似置信区间。
实例: 现有上海证券交易所指数数据文件 `szzs.txt`, 计算其中 2000 年收盘价的自相关系数。

`szzs = ascii2fts('szzs.txt', 1, 3);`
`part_szs = szzs('01/04/2000::12/24/2000');`
`closepri = fts2mtx(part_szs, close);`
`[ACF, Lags, Bounds] = autocorr(closepri, (length(closepri) - 1));`
`autocorr(closepri, (length(closepri) - 1));`

计算结果: `Bounds = (-0.1307, 0.1307)`, 自相关函数 ACF 及对应阶数 `Lag` 如图 4 所示。

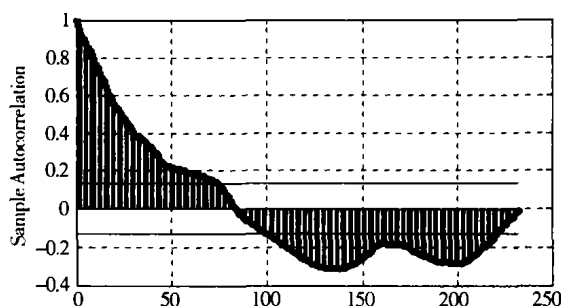


图4 沪股市场收盘价自相关函数

3.1.2 偏自相关函数(Partial ACF, 简称 PACF)

k 阶偏自相关系数是 $AR(k)$ 过程: $y(t) = \phi_{k1}y(t-1) + \dots + \phi_{kk}y(t-k) + \alpha_t$ 中的系数 ϕ_{kk} , ϕ_{kk} 可从对应的 Yule-Walker 方程得出, 它测量了对于介于其间的滞后值做出调整后所得到的额外相关性。

语法: [PartialACF, Lags, Bounds] = parcorr(Series, nLags, R, nSTDs);
说明: 各参数设置同 ACF, 将计算偏自相关系数返回给向量 PartialACF;
实例: 计算 2000 年上证指数收盘价的偏自相关系数: parcorr(closepri, (length(closepri) - 1));

结果如图 5 所示。

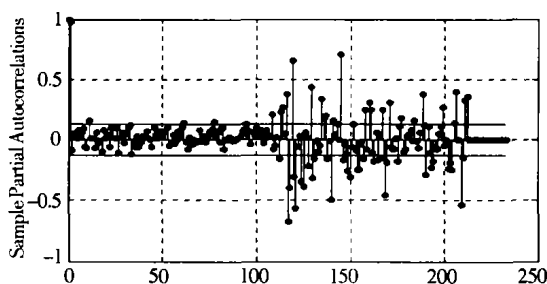


图5 沪股市场收盘价偏自相关函数

3.2 单变量线性随机模型

一般的 na 阶自回归模型 $[AR(na)]$ 可以写作:

$$A(q)y(t) = e(t)$$

其中, $A(q) = 1 + a_1q^{-1} + a_2q^{-2} + \dots + a_naq^{-na}$, $|a_i| < 1$, q 为时滞运算符, 一般 $q^{-m}\mu = \mu$ (μ 为常数), $q^{-m}y(t) = y(t-m)$, $e(t) \sim WN(0, \sigma^2)$, 即 $\{e(t)\}$ 不相关, 且具有有限的方差。

一般的 nc 阶移动平均过程 $[MA(nc)]$ 可以写作:

$$y(t) = C(q)e(t)$$

其中, $C(q) = 1 + c_1q^{-1} + \dots + c_nq^{-nc}$ 通过结合 $AR(na)$ 和 $MA(nc)$ 过程, 可以得到更一般的 $ARMA(na, nc)$ 过程:

$$A(q)y(t) = C(q)e(t)$$

零均值平稳时间序列的自相关函数和偏自相关函

数的统计特性如表 1 所示。

表 1 自相关函数和偏自相关函数的统计特性

模型	$AR(na)$	$MA(nc)$	$ARMA(na, nc)$
自相关函数	拖尾	截尾	拖尾
偏自相关函数	截尾	拖尾	拖尾

可以根据表 1 判断序列的类型, 确定模型的阶数可以采用过度拟合法。

在 MATLAB 实现 $ARMA(na, nc)$ 参数估计的过程如下:

语法: $m = armax(data, orders)$ 。
说明: $data$ 为时间序列数据, $orders = [na nc]$ 是自回归移动平均的阶数, na, nc 为非负整数; 当 $na = 0$ 时, 表示移动平均模型 $MA(nc)$, 当 $nc = 0$ 时, 表示自回归模型 $AR(na)$ 。 m 返回模型参数估计的结果和效果, 其中 FPE 项表示估计模型的 Akaike 最终预测误差。
实例: 由 2000 年上证指数收盘价的 ACF(图 4) 和 PACF(图 5), 不能明显看出其尾部的形状。先对收盘价 closepri 作对数变化后, 再观察其 ACF 和 PACF:

```
logclose = log(closepri);
subplot(2,1,1); autocorr(logclose);
subplot(2,1,2); parcorr(logclose);
```

从图 6 可以看出 $\log(closepri)$ 的 ACF 拖尾、PACF 截尾, 属于一个 $AR(na)$ 模型, 并且在第 2 阶截尾, 经试算, $ARIMA(2,0)$ 拟合误差最小。

$$M = armax(logclose, [2 0])$$

运行结果为: $A(q) = 1 - 1.147q^{-1} + 0.1468q^{-2}$

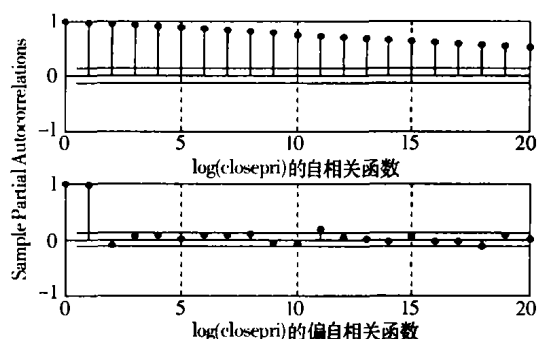


图6 对 closepri 作对数变化后的 ACF 和 PACF

3.3 单变量非线性随机模型

自回归条件异方差模型 $ARCH(q)$ 的一般形式为:

$$y(t) = \mu + \sigma_t U_t$$

其中, U_t 是一个标准化过程, 即对所有的 t , $E(U_t) = 0$, $V(U_t) = 1$, 其条件标准差 $\sigma_t = (\alpha_0 + \sum_{i=1}^q \alpha_i (y(t-i) - \mu)^2)^{1/2}$ 。

但是, $ARCH$ 模型实践起来比较困难, 应用很不灵活, 研究者将其延伸至一般的 $ARCH$ 模型 (Generalized ARCH, 简称 GARCH) 过程 (Bollerselv, 1986, 1988)。 $GARCH(p, q)$ 模型的条件异方差函数为:

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \sum_{i=1}^q \alpha_i \epsilon_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^p \beta_j \sigma_{t-j}^2$$

其中, $p > 0$ 并且 $\beta_j \geq 0, 1 \leq j \leq p$ 。

可以把异方差理解为随着时间变化序列的方差不同,把条件理解为序列值依赖于过去的观察值,把自回归理解为现在的序列值是对过去观察值的一个反馈规律。更确切地说,GARCH是用过去的方差预测未来的方差。近年来,GARCH模型常用来解决金融时间序列里常见的重尾现象(Fat Tails)和波动聚集现象(Volatility Clustering)。

MATLAB 的 GARCH 工具箱提供了计算 GARCH 模型的工具。下面以 2000 年上证日收益率为例,说明它的使用方法:

(1) 估计前的分析。

```
returnmtx = price2ret(closepri); % Create the daily return vector:
returnmtx
subplot(2,2,1); plot(returnmtx); title('The Daily Return');
subplot(2,2,2); autocorr(returnmtx); title('ACF of Daily Return');
subplot(2,2,3); parcorr(returnmtx); title('PACF of the Daily Return');
subplot(2,2,4); autocorr(returnmtx.^2); title('ACF of the Square of Daily Return');
```

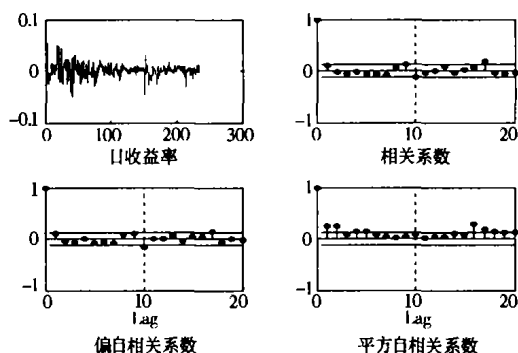


图7 上证2000年日收益率、相关系数、偏自相关系数、平方自相关系数

从图7可以看出,日收益率出现明显的波动聚集,从日收益率的 ACF 和 PACF 看不出日收益率具有明显的相关性,但从日收益率平方的 ACF 看出,日收益率的方差仍具有很大的相关性。也可以通过 Q-检验和 ARCH 检验来检验日收益率序列的相关性:

```
[H,pValue,Stat,CriticalValue] = lbqtest(returnmtx-mean(returnmtx),[10 15 20]',0.05)
[H,pValue,Stat,CriticalValue] = archtest(returnmtx-mean(returnmtx),[10 15 20]',0.05)
Q-检验:0 0.071 4 17.134 1 18.307 0
0 0.193 2 19.469 4 24.995 8
0 0.058 0 30.788 6 31.410 4
ARCH 检验:1.0 0.001 5 28.586 8 18.307 0
1.0 0.010 2 30.505 0 24.995 8
1.0 0.018 5 35.319 0 31.410 4
```

Q-检验 $H = 0$,说明序列不具有线性相关性;
ARCH 检验 $H = 1$,说明序列具有 ARCH 效应。

(2) 参数估计。

```
[coeff, errors, LLF, innovations, sigma, summary] = garchfit(returnmtx); garchdisp(coeff, errors)
```

计算结果表明 GARCH(1,1)模型拟合观察值

效果最好,其方程如下:

$$y(t) = 0.0018753 + \epsilon_t, \sigma_t^2 = 2.0624e - 005 + 0.50595\sigma_{t-1}^2 + 0.49405\epsilon_{t-1}^2$$

(3) 估计效果分析。

除了参数估计值和标准差,garchfit 同时计算了最优化对数似然函数值(LLF)、残差(innovations)、条件标准差(sigma),可以用 garchplot 语句来画出它们的图形:garchplot(innovations, sigma)。

从图8可以看出,残差和标准差都出现了波动聚集现象,显示出了很强的非平稳性。经过标准化的拟合残差:plot(innovations./sigma),波动聚集现象不明显,具有平稳性,如图9所示。

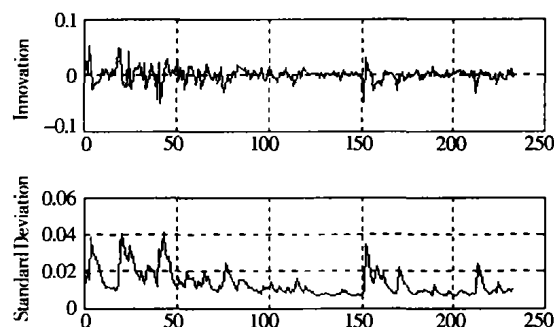


图8 残差和条件标准差

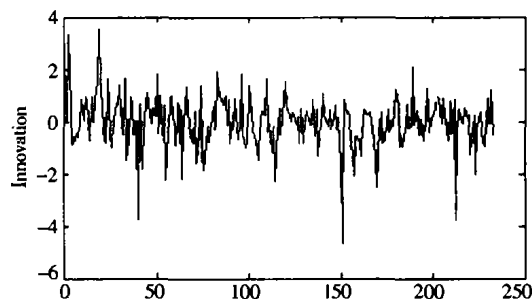


图9 标准化的残差

也可以作 Q-检验和 ARCH 检验如下:

```
[H,pValue,Stat,CriticalValue] = lbqtest((innovations./sigma).^2,[10 15 20]',0.05)
[H,pValue,Stat,CriticalValue] = archtest(innovations./sigma,[10 15 20]',0.05);
Q-检验:0 0.980 8 3.027 6 18.307 0
0 0.997 3 4.113 2 24.995 8
0 0.989 7 8.300 0 31.410 4
ARCH 检验:0 0.970 8 3.386 0 18.307 0
0 0.995 7 4.487 0 24.995 8
0 0.995 5 7.310 9 31.410 4
```

检验结果 $H = 0$,表明 GARCH(1,1)模型拟合效果显著,不能拒绝新序列不具有 ARCH 效果。

4 结束语

在进行金融时间序列分析和建模过程中,利用 MATLAB 强大的数学处理功能,配合使用相关

工具箱,能够高效率地实现所需算法,具有其它时间序列计算软件不可比拟的优势。本文主要阐述了应用 MATLAB 进行金融时间序列分析及建模的方法和过程。另外,近年广泛兴起研究的神经网络具有强大的复杂函数(如非线性)处理能力,能够用来刻画和预测具有频繁波动性的金融时间序列, MATLAB 的神经网络工具箱提供了此功能,需进一步探讨。

参考文献:

- [1] [英]T C Mills.俞卓菁译.金融时间序列的经济计量学模型.第2版[M].北京:经济科学出版社,2002.
- [2] 王洙然. MATLAB 6.0 与科学计算[M].北京:电子工业出版社,2001.
- [3] [美]G E P Box,等.顾岚主译.时间序列分析:预测与控制[M].北京:中国统计出版社,1997.

(上接第 99 页)

$$\begin{aligned}
 & \xrightarrow{\tau} (\bar{x}) AP1(t1, s1, m) | t(t') \cdot MS(t', s) | (\bar{m} \text{ rmove} \cdot m(\text{smove}, t) \cdot AP2(t, s2, m)) \\
 & \xrightarrow{t'} (\bar{x}) AP1(t1, s1, m) | MS(t', s) | (\bar{m} \text{ rmove} \cdot m(\text{smove}, t) \cdot AP2(t, s2, m)) \\
 & \xrightarrow{\tau} (\bar{x}) \bar{m}(\text{smove}, t) \cdot \text{IdentAP1}(s1, m) | MS(t', s) | m(\text{smove}, t) \cdot AP2(t, s2, m) \\
 & \xrightarrow{\tau} (\bar{x}) \text{IdentAP1}(s1, m) | MS(t2, s) | AP2(t2, s2, m) \\
 & = \text{System2}
 \end{aligned}$$

至此,我们证明了该切换过程的一致性,其证明过程可以通过图 2 到图 3 的演化来说明。

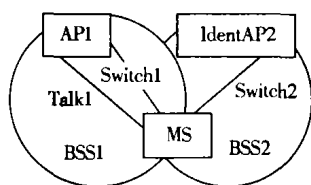


图 2 进入 Handoff 过程

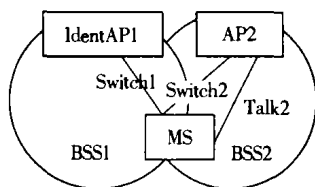


图 3 完成 Handoff 过程

图 2 是 MS 准备进入切换过程的状态。它与当前 AP 保持着一个数据通信信道,在这个信道上进行数据的交换;同时,MS 在它保留的用于广播探测包的信道 s 上定期进行广播探测,直到判断出(即上面证明过程中的 $\text{select} = \text{true}$)需要进行切换处理,从而与新的接入点 AP 交换信息,建立新的连接,这表现为图 3 中的信道 $t2$;随之,新的

AP 根据获得的信息通知老的 AP 解除连接,释放信道 $t1$ 。这个过程是通过它们之间的信道 m 来完成的。最后表现为图 3 的状态。

5 结束语

π 演算及其扩展演算是一个重要的、分析移动系统行为的工具,具有严格的数学严谨性。本文基于 π 演算模型,分析了 802.11 MAC 层的切换过程,并证明了它的一致性。在建模过程中,我们做了一些 π 演算规则内的简化。作为一般化,我们可以考虑多个接入点参与切换过程的 π 演算模型,也可以用 π 演算及其扩展演算来分析、验证更一般的协议实现,发现其中的缺陷等。这正是将来我们要做的工作。

参考文献:

- [1] R Milner, J Parrow, D Walker. A Calculus of Mobile Processes [A]. Information and Computation [M]. 1992.
- [2] D Sangiorgi, D Walker. The π -Calculus: A Theory of Mobile Processes [M]. Cambridge University Press, 2001.
- [3] R Milner. Communicating and Mobile Systems: The π -Calculus [M]. Cambridge University Press, 1999.
- [4] M Abadi, A D Gordon. A Calculus for Cryptographic Protocols: The Spi-Calculus [A]. Information and Computation [M]. 1999.
- [5] L Cardelli, S D Gordon. Mobile Ambient [A]. Proc of Foundations of Software Science and Computation Structures (ToSSaCS), European Joint Conf on Theory and Practice of Software [C]. 1998.
- [6] C Fournet, G Gonthier. The Receive CHAM and the Join Calculus [A]. 23rd ACM Symp on Principles of Programming Languages (POPL'96) [C]. 1996.
- [7] Engberg, Nielsen. A Calculus of Communicating Systems with Label Passing [R]. Research Report DAIMI PB-208, Computing Science Department, University of Aarhus, 1986.
- [8] C A R Hoare. Communicating Sequential Processes [M]. Prentice-Hall International, 1985.
- [9] R Milner. Communication and Concurrency [M]. Prentice-Hall International, 1989.
- [10] IEEE 802.11. Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications [S]. 1999.
- [11] IEEE. Recommended Practice for Multi-Vendor Access Point Interoperability via an Inter-Access Point Protocol Across Distribution Systems Supporting IEEE 802.11 Operation [Z]. IEEE Draft 802.11/D3, 2002.