

# 多媒体组通信机制——服务质量受控型组管道\*

王兴伟<sup>1</sup>, 才国清<sup>1</sup>, 刘积仁<sup>2</sup>

<sup>1</sup>(东北大学 计算中心, 辽宁 沈阳 110004);

<sup>2</sup>(东北大学 软件中心, 辽宁 沈阳 110004)

E-mail: wangxw@mail.neu.edu.cn

http://www.neu.edu.cn

**摘要:** 提出一种服务质量受控型组管道, 作为基于服务质量的平台层多媒体组通信抽象, 以支持分布式多媒体组通信机制的描述与开发. 给出了服务质量受控型组管道的形式定义, 详细讨论了其工作过程. 该抽象已被成功地用于指导分布式多媒体信息系统、计算机会议系统、远程教学系统等系统中的组通信机制的开发工作. 实验结果表明, 服务质量受控型组管道可以作为分布式多媒体组通信机制的开发指南.

**关键词:** 分布式多媒体; 组; 组通信; 服务质量; 管道

中图法分类号: TP393 文献标识码: A

传统组通信机制难以满足多媒体组通信的服务质量 QoS(quality-of-service)要求. 为此, 计算机工作者深入研究了如何解决网络层与传送层的多媒体组通信问题, 如差错控制、流控、拥挤控制、QoS 异构等<sup>[1-3]</sup>. 但是, 总的来看, 缺乏直接支持分布式多媒体组应用的平台层多媒体组通信抽象. 本文提出了一种服务质量受控型组管道 QCGPIPE(QoS controlled group PIPE), 作为平台层组通信抽象, 以方便分布式多媒体组通信机制的描述与开发.

## 1 QCGPIPE 定义

**定义 1(QCGPIPE).** 八元组  $\langle qcgp\text{id}, m, P, C, QOS, \pi, I, GP \rangle$  是一个 QCGPIPE 当且仅当在 GP 作用下有

$$\forall i \forall j (\exists (qos_{ij} \in QOS) \rightarrow \exists (p_i \in P) \wedge \exists (c_j \in C) \wedge \exists (I_{ij} \in I) \wedge \exists (\pi_{ij} \in \pi)).$$

其中,  $qcgp\text{id}$  是该 QCGPIPE 的惟一标识符;  $m$  是媒体;  $P = \{p_i | p_i \text{ 是 } m \text{ 的 QoS 受控型生产者}, i \geq 0\}$ ;  $C = \{c_j | c_j \text{ 是 } m \text{ 的 QoS 受控型消费者}, j \geq 0\}$ ;  $QOS = \{qos_{ij} | \text{如果 } p_i \text{ 和 } c_j \text{ 之间存在媒体 } m \text{ 的生产与消费关系, 则 } qos_{ij} \text{ 存在且表示 } p_i \text{ 和 } c_j \text{ 之间的 QoS 合同}, |P| \geq i \geq 0, |C| \geq j \geq 0\}$ ;  $I = \{I_{ij} | \text{如果 } p_i \text{ 和 } c_j \text{ 之间存在媒体 } m \text{ 的生产与消费关系, 则 } I_{ij} \text{ 存在且表示 } p_i \text{ 和 } c_j \text{ 之间维持满足 } qos_{ij} \text{ 要求的生产与消费关系的时间区间}, |P| \geq i \geq 0, |C| \geq j \geq 0\}$ ,  $I_{ij}$  用  $\langle t_{ijs}, t_{ije} \rangle$  表示,  $0 \leq t_{ijs} < t_{ije}, t_{ijs}$  代表开始时间,  $t_{ije}$  代表结束时间,  $t_{ijs}$  非无穷大;  $\pi = \{\pi_{ij} | \text{如果 } p_i \text{ 和 } c_j \text{ 之间存在媒体 } m \text{ 的生产与消费关系, 则 } \pi_{ij} \text{ 存在且表示 } p_i \text{ 和 } c_j \text{ 之间关系的一个谓词}, |P| \geq i \geq 0, |C| \geq j \geq 0\}$ ,  $\pi_{ij}(p_i, c_j, qos_{ij}, I_{ij}, m, t)$  是一个谓词, 代表  $c_j$  在时刻  $t(t_{ijs} \leq t \leq t_{ije})$  按  $qos_{ij}$  消费由  $p_i$  生产的媒体  $m$ ;  $GP$  是组管理政策. 假设系统计时从 0 开始.

**推论 1.**  $I$  和 QOS 的存在分别使 QCGPIPE 有能力支持资源预先预约和 QoS 异构<sup>[2]</sup>.

**命题 1.** 如果 QCGPIPE 中的某个 QoS 受控型媒体生产者正在同时为多个 QoS 受控型媒体消费者生产媒

\* 收稿日期: 2000-08-17; 修改日期: 2001-03-01

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(60003006); 国家高技术研究发展计划资助项目(2001AA121064); 国家教育部现代远程教育关键技术与支持服务系统资助项目; 沈阳市科委(基金)资助项目

作者简介: 王兴伟(1968 - ), 男, 辽宁盖州人, 博士, 教授, 主要研究领域为分布式多媒体信息处理, IP/DWDM; 才国清(1972 - ), 男, 辽宁锦县人, 工程师, 主要研究领域为计算机网络; 刘积仁(1955 - ), 男, 辽宁丹东人, 博士, 教授, 博士生导师, 主要研究领域为分布式多媒体信息处理技术与方法学, 组件技术.

体  $m$ , 则该生产者按这些消费者的最高 QoS 需求生产媒体  $m$ , 而这些消费者按各自的 QoS 需求消费媒体  $m$ , 即

$$\forall i \forall j ((\exists (p_i \in P) \wedge \exists (c_j \in C) \wedge \exists (qos_{ij} \in QOS) \wedge \exists (\pi_{ij} \in \pi) \wedge \exists (I_{ij} \in I) \wedge (t_{ijs} \leq t_c \leq t_{ije})) \rightarrow \\ ((p_i \bullet qos_p = \text{MAX} QOS \{ qos_{ij} | (qos_{ij} \in QOS) \wedge (t_{ijs} \leq t_c \leq t_{ije}) \}) \wedge (c_j \bullet qos_c = qos_{ij}))).$$

MAXQOS 表示取集合中 QoS 最高的元素,  $qosp, qosc, t_c$  和算子  $\bullet$  的定义见文献[2,3].

命题 2. QCGPIPE 需要 QoS 过滤机制提供支持<sup>[2]</sup>.

定义 2(QCGPIPE 生命期). QCGPIPE 生命期用  $(\min\{t_{ijs} | i \leq |P| \wedge j \leq |C|\}, \max\{t_{ije} | i \leq |P| \wedge j \leq |C|\})$  表示.

性质 1. 正常情况下, 一经启动, QCGPIPE 将运行至生命期结束为止.

定义 3(QCGPIPE 建立操作). QCGPIPE 建立操作  $CQGP(P, C, m, QOS, I, GP)$  表示在 GP 约束下, 媒体  $m$  的 QoS 受控型生产者  $p_i \in P$  和 QoS 受控型消费者  $c_j \in C$  之间建立在  $I_{ij} \in I$  期间  $\pi_{ij}(p_i, c_j, qos_{ij}, I_{ij}, m, t)$  为真的满足  $qos_{ij} \in QOS$  要求的媒体  $m$  的生产与消费关系, 即

$$CQGP(P, C, m, QOS, I, GP) = \begin{cases} \langle qcgp_{id}, m, P, C, QOS, \pi, I, GP \rangle & \text{成功} \\ \varepsilon & \text{失败} \end{cases}$$

命题 3. QCGPIPE 是通过 CQGP 建立的, 且 CQGP 具有原子性.

命题 4. CQGP 分成 QoS 受控型静态组管道 QCSGPIPE(QoS controlled static group PIPE) 建立操作 CQSGP 和 QoS 受控型动态组管道 QCDGPIPE(QoS controlled dynamic group PIPE) 建立操作 CQDGP.

定义 4(QCSGPIPE). 通过 CQSGP 建立的 QCGPIPE 是 QoS 受控型静态组管道 QCSGPIPE.

定义 5. CQSGP 是 CQGP 操作, 成功当且仅当: (1) 建立一个 QCGPIPE  $\langle qcgp_{id}, m, P, C, QOS, \pi, I, GP \rangle$ ; (2)  $P, C, QOS, \pi, I$  均非空; (3)  $\forall i \forall j (\exists (qos_{ij} \in QOS) \rightarrow (\exists (\pi_{ij} \in \pi) \wedge \exists (I_{ij} \in I)))$ ; (4)  $\forall i \forall j (\exists (\pi_{ij} \in \pi) \rightarrow (\exists (qos_{ij} \in QOS) \wedge \exists (I_{ij} \in I)))$ ; (5)  $\forall I (\exists (I_{ij} \in I) \rightarrow (\exists (\pi_{ij} \in \pi) \wedge \exists (qos_{ij} \in QOS)))$ ; (6)  $\forall i \forall j (\exists (qos_{ij} \in QOS) \rightarrow (\exists (p_i \in P) \wedge \exists (c_j \in C)))$ ; (7)  $qcgp_{id}, m, P, C, QOS, \pi, I, GP$  在正常工作期间均不发生改变.

定义 6(QCDGPIPE). 通过 CQDGP 建立的 QCGPIPE 是 QoS 受控型动态组管道 QCDGPIPE.

定义 7. CQDGP 是 CQGP 操作, 成功当且仅当: (1) 建立一个 QCGPIPE  $\langle qcgp_{id}, m, P, C, QOS, \pi, I, GP \rangle$ ; (2)  $P, C, QOS, \pi, I$  可以是空集  $\emptyset$ ; (3)  $\forall x ((x \in \{QOS, \pi, I\} \wedge x = \emptyset) \rightarrow (\forall y ((y \in \{QOS, \pi, I\} \wedge y \neq x) \rightarrow y = \emptyset)))$ ; (4)  $\forall x ((x \in \{QOS, \pi, I\} \wedge x \neq \emptyset) \rightarrow (\forall y ((y \in \{QOS, \pi, I\} \wedge y \neq x) \rightarrow y \neq \emptyset)))$ ; (5)  $\forall i \forall j (\exists (qos_{ij} \in QOS) \rightarrow (\exists (\pi_{ij} \in \pi) \wedge \exists (I_{ij} \in I)))$ ; (6)  $\forall i \forall j (\exists (\pi_{ij} \in \pi) \rightarrow (\exists (qos_{ij} \in QOS) \wedge \exists (I_{ij} \in I)))$ ; (7)  $\forall i \forall j (\exists (I_{ij} \in I) \rightarrow (\exists (\pi_{ij} \in \pi) \wedge \exists (qos_{ij} \in QOS)))$ ; (8)  $\forall i \forall j (\exists (qos_{ij} \in QOS) \rightarrow (\exists (p_i \in P) \wedge \exists (c_j \in C)))$ ; (9)  $P, C, QOS, \pi, I$  在正常工作期间可以改变.

推论 2. 在正常情况下, QCSGPIPE 的生命期是固定的, 而 QCDGPIPE 的生命期是可变的.

定义 8(QCGPIPE 启动). QCGPIPE 启动当且仅当  $\min\{t_{ijs} | i \leq |P| \wedge j \leq |C|\} = t_c$ .

定义 9(即时启动 QCGPIPE). QCGPIPE 是即时启动 QCGPIPE 当且仅当建立时的  $t_c$  等于  $\min\{t_{ijs} | i \leq |P| \wedge j \leq |C|\}$ .

定义 10(定时滞后启动 QCGPIPE). QCGPIPE 是定时滞后启动 QCGPIPE 当且仅当建立时的  $t_c$  小于  $\min\{t_{ijs} | i \leq |P| \wedge j \leq |C|\}$ .

推论 3. 定时滞后启动 QCGPIPE 需要资源预先预约的支持.

定义 11(活跃 QCGPIPE). QCGPIPE 一经启动即成为活跃 QCGPIPE.

定义 12(寂静 QCGPIPE). QCGPIPE 成为寂静 QCGPIPE 当且仅当以下条件至少有一个成立: (1)  $(P = \emptyset) \vee (C = \emptyset)$ ; (2)  $(P = \emptyset) \wedge (C = \emptyset)$ ; (3)  $\min\{t_{ijs} | i \leq |P| \wedge j \leq |C|\} \leq t_c$ ; (4)  $\max\{t_{ije} | i \leq |P| \wedge j \leq |C|\} \leq t_c$ .

定义 13(QCGPIPE 拆除操作). QCGPIPE 拆除操作  $DQGP(qcgp_{id})$  是 CQGP 的逆操作.

命题 5.  $DQGP(qcgp_{id})$  具有原子性.

命题 6. QCGPIPE 拆除操作分成正常拆除与异常拆除两种.

定义 14(QCGPIPE 正常拆除操作).  $DQGP(qcgp_{id})$  是正常拆除操作当且仅当 QCGPIPE 是寂静的.

定义 15(QCGPIPE 异常拆除操作).  $DQGP(qcgp_{id})$  是异常拆除操作当且仅当 QCGPIPE 是活跃的.

定义 16(QCDGPIPE 生产者加入操作).  $PRODUCER\_JOIN\_QCDGPIPE(pid, qcgp_{id})$  是 QCDGPIPE 生产者加入操作, 成功当且仅当: (1) 新加入由  $qcgp_{id}$  代表的 QCDGPIPE 的由  $pid$  代表的生产者  $P_i$  服从该 QCDGPIPE

的组管理政策;(2) 由  $qcgpid$  代表的 QCDGPIPE 的生产者集合  $P$  增加一个新成员  $P_i$ , 即  $P=P \cup \{P_i\}$ .

**定义 17(QCDGPIPE 生产者退出操作).**  $PRODUCER\_LEAVE\_QCDGPIPE(pid, qcgpid)$  是 QCDGPIPE 生产者退出操作.

**命题 7.** QCDGPIPE 生产者退出操作分成正常退出与异常退出两种.

**定义 18(QCDGPIPE 生产者正常退出操作).**  $PRODUCER\_NORMAL\_LEAVE\_QCDGPIPE(pid, qcgpid)$  是 QCDGPIPE 生产者正常退出操作当且仅当下列依次均成立:(1)  $\exists((p_m \in P) \wedge (p_m \bullet pid = pid))$ ;(2)  $\{qos_{ij} | (qos_{ij} \in QOS) \wedge (i=m)\} = \emptyset$ ;(3)  $P=P - \{p_m\}$ . 即由  $qcgpid$  代表的 QCDGPIPE 生产者集合减少一个成员.

**定义 19(QCDGPIPE 生产者异常退出操作).**  $PRODUCER\_ABNORMAL\_LEAVE\_QCDGPIPE(pid, qcgpid)$  是 QCDGPIPE 生产者异常退出操作当且仅当下列依次均成立:(1)  $\exists((p_m \in P) \wedge (p_m \bullet pid = pid))$ ;(2)  $\{qos_{ij} | (qos_{ij} \in QOS) \wedge (i=m)\} \neq \emptyset$ ;(3)  $P=P - \{p_m\}$ ;(4)  $QOS=QOS - \{qos_{ij} | (qos_{ij} \in QOS) \wedge (i=m)\}$ ;(5)  $\pi = \pi - \{\pi_{ij} | (\pi_{ij} \in \pi) \wedge (i=m)\}$ ;(6)  $I=I - \{I_{ij} | (I_{ij} \in I) \wedge (i=m)\}$ . 即生产者集合减少一个成员且连带缩减  $QOS, \pi$  和  $I$ .

**命题 8.**  $PRODUCER\_JOIN\_QCDGPIPE$  和  $PRODUCER\_LEAVE\_QCDGPIPE$  均具有原子性.

**定义 20(QCDGPIPE 消费者加入操作).**  $CONSUMER\_JOIN\_QCDGPIPE(cid, qcgpid)$  是 QCDGPIPE 消费者加入操作, 成功当且仅当:(1) 由  $cid$  代表的新加入由  $qcgpid$  代表的 QCDGPIPE 的消费者  $c_j$  服从该 QCDGPIPE 的组管理政策;(2) 由  $qcgpid$  代表的 QCDGPIPE 的消费者集合  $C$  增加一个新成员  $c_j$ , 即  $C=C \cup \{c_j\}$ .

**定义 21(QCDGPIPE 消费者退出操作).**  $CONSUMER\_LEAVE\_QCDGPIPE(cid, qcgpid)$  是 QCDGPIPE 消费者退出操作.

**命题 9.** QCDGPIPE 消费者退出操作分成正常退出与异常退出两种.

**定义 22(QCDGPIPE 消费者正常退出操作).**  $CONSUMER\_NORMAL\_LEAVE\_QCDGPIPE(cid, qcgpid)$  是 QCDGPIPE 消费者正常退出操作当且仅当下列依次均成立:(1)  $\exists((c_m \in C) \wedge (c_m \bullet pid = pid))$ ;(2)  $\{qos_{ij} | (qos_{ij} \in QOS) \wedge (j=m)\} = \emptyset$ ;(3)  $C=C - \{c_m\}$ . 即由  $qcgpid$  代表的 QCDGPIPE 消费者集合减少一个成员.

**定义 23(QCDGPIPE 消费者异常退出操作).**  $CONSUMER\_ABNORMAL\_LEAVE\_QCDGPIPE(cid, qcgpid)$  是 QCDGPIPE 消费者异常退出操作当且仅当下列依次均成立:(1)  $\exists((c_m \in C) \wedge (c_m \bullet pid = pid))$ ;(2)  $\{qos_{ij} | (qos_{ij} \in QOS) \wedge (j=m)\} \neq \emptyset$ ;(3)  $C=C - \{c_m\}$ ;(4)  $QOS=QOS - \{qos_{ij} | (qos_{ij} \in QOS) \wedge (j=m)\}$ ;(5)  $\pi = \pi - \{\pi_{ij} | (\pi_{ij} \in \pi) \wedge (j=m)\}$ ;(6)  $I=I - \{I_{ij} | (I_{ij} \in I) \wedge (j=m)\}$ . 即消费者集合减少一个成员且连带缩减  $QOS, \pi$  和  $I$ .

**命题 10.**  $CONSUMER\_JOIN\_QCDGPIPE$  和  $CONSUMER\_LEAVE\_QCDGPIPE$  均具有原子性.

**定义 24(QCPIPE).** 对于每个  $p_i \in P$  和  $c_j \in C$ , 如果在  $p_i$  和  $c_j$  之间存在媒体  $m$  的生产与消费关系, 则称  $p_i$  和  $c_j$  之间存在概念 QCPIPE——QCPIPE(conceptual QCPIPE), 用  $\langle cqcpid, m, p_i, c_j, qos_{ij}, \sigma_{ij}, \rho_{ij}, I_{ij} \rangle$  表示, 记作  $CQCPIPE_{ij, cqcpid}$  是 QCPIPE 内部使用的  $CQCPIPE_{ij}$  的惟一标识符. 组管理政策决定  $cqcpid$  对 QCPIPE 外部是否透明.

$\sigma_{ij}$  和  $\rho_{ij}$  的定义见文献[2,3].

**定义 25(QCPIPE 启动操作).**  $CQCPIPE_{ij}$  启动当且仅当  $t_c$  等于  $t_{ijs}$ .

**定义 26(活跃 QCPIPE).** QCPIPE 一经启动即成为活跃 QCPIPE.

**性质 2.** 正常情况下, 一经启动, 有限期  $CQCPIPE_{ij}$  将运行至  $I_{ij}$  满期时结束.

**定义 27(即时启动 QCPIPE).**  $CQCPIPE_{ij}$  是即时启动 QCPIPE 当且仅当建立时的  $t_c$  等于  $t_{ijs}$ .

**定义 28(定时滞后启动 QCPIPE).**  $CQCPIPE_{ij}$  是定时滞后启动 QCPIPE 当且仅当建立时的  $t_c$  小于  $t_{ijs}$ .

**定义 29(QCPIPE 追加操作).**  $ACQCP(pid, cid, qcgpid, qos_{ij}, I_{ij})$  是 QCPIPE 追加操作, 表示要在由  $pid$  代表的  $p_i \in P$  和由  $cid$  代表的  $c_j \in C$  之间建立在  $I_{ij}$  内满足  $qos_{ij}$  要求的  $CQCPIPE_{ij}$  并且完成与  $\langle qcgpid, m, P, C, QOS, \pi, I, GP \rangle$  的归并, 成功当且仅当:(1)  $t_c \leq t_{ijs}$ ;(2) 建立起  $CQCPIPE_{ij}$  即  $\langle cqcpid, m, p_i, c_j, qos_{ij}, \sigma_{ij}, \rho_{ij}, I_{ij} \rangle$ ;(3)  $QOS=QOS \cup \{qos_{ij}\}$ ;(4)  $\pi = \pi \cup \{\pi_{ij}\}$ ;(5)  $I=I \cup \{I_{ij}\}$ .

**命题 11.** ACQCP 分为推式和拉式两种.

**定义 30.** 由 QoS 受控型媒体生产者发起的 ACQCP 操作称为推式 QCPIPE 追加操作, 支持生产者主动向消费者推送媒体.

定义 31. 由 QoS 受控型媒体消费者发起的 ACQCP 操作称为拉式 CQCPPIPE 追加操作,支持消费者主动从生产者拉入媒体.

定义 32(CQCPPIPE 退出操作).  $LCQCP(cqcpid, qcgpid)$  是一个 CQCPPIPE 退出操作,表示从由  $qcgpid$  代表的 QCGPIPE 即  $\langle qcgpid, m, P, C, QOS, \pi, I, GP \rangle$  中撤销由  $cqcpid$  代表的  $CQCPPIPE_{ij}$  即  $\langle cqcpid, m, p_i, c_j, qos_{ij}, \sigma_{ij}, \rho_{ij}, I_{ij} \rangle$  并且完成与 CQCPPIPE 的脱离,成功当且仅当:(1)  $QOS = QOS - \{qos_{ij}\}$ ; (2)  $\pi = \pi - \{\pi_{ij}\}$ ; (3)  $I = I - \{I_{ij}\}$ .

命题 12. LCQCP 分成隐式与显式两种.

定义 33.  $LCQCP(cqcpid, qcgpid)$  是 CQCPPIPE 隐式退出操作当且仅当由  $cqcpid$  代表的 CQCPPIPE 是有限期的而且运行至  $I_{ij}$  满期时正常自行拆除而从由  $qcgpid$  代表的 QCGPIPE 自行脱落.

定义 34.  $LCQCP(cqcpid, qcgpid)$  是 CQCPPIPE 显式退出操作当且仅当在  $I_{ij}$  期间 CQCPPIPE 正常运行时由生产者、消费者或其他授权方主动发起 CQCPPIPE 退出操作.

命题 13. ACQCP 和 LCQCP 均具有原子性.

推论 4. ACQCP 和 LCQCP 均有可能引起其 QoS 受控型媒体生产者生产的媒体的 QoS 的改变.

推论 5.  $|QOS| = |\pi| = |I|$ .

定义 35(活跃 CQCPPIPE 断裂). 在生产者、消费者或者系统崩溃时将造成活跃 CQCPPIPE 断裂,记作  $BREAKCQCP(cqcpid)$ .

命题 14.  $BREAKCQCP(cqcpid)$  是一种异常现象,需要异常处理机制加以解决.

定义 36(QCGPIPE 异常). 当有构成 QCGPIPE 的活跃 CQCPPIPE 出现断裂时,称该 QCGPIPE 异常.

命题 15. QCGPIPE 异常需要异常处理机制加以解决;对于 QCDGPIPE,将活跃 CQCPPIPE 断裂转换为 CQCPPIPE 退出;对于 QCSGPIPE,将活跃 CQCPPIPE 断裂转换为 QCSGPIPE 拆除.

命题 16. QCGPIPE 具有透明性,一经建立,正常情况下 QCGPIPE 内部运行机制对 QCGPIPE 使用者透明.

推论 6. 一个 QCGPIPE 可以看作是由  $N$  根  $CQCPPIPE_{ij}$  合成的,其中  $N = |QOS|$ .如何合成取决于组管理政策.

推论 7. QCSGPIPE 可以看作是在建立之时一次性地在所有存在媒体生产与消费关系的  $p_i$  与  $c_j$  之间建立起  $CQCPPIPE_{ij}$  同时完成整个 QCSGPIPE 的建立.

推论 8. QCDGPIPE 可以看作是首先建立初始 QCDGPIPE 其后随着  $p_i$  与  $c_j$  之间媒体生产与消费关系的动态建立/撤销而动态地追加/退出  $CQCPPIPE_{ij}$  同时完成与当前 QCDGPIPE 的合并/脱离.

## 2 QCGPIPE 工作过程

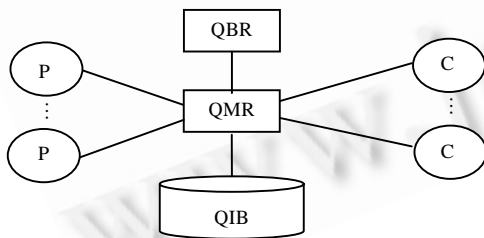


Fig.1 Logical structure of QCGPIPE system

图1 QCGPIPE 系统逻辑结构

如图 1 所示为 QCGPIPE 系统的逻辑结构.在图 1 中,QBR 代表 QCGPIPE 建立者,QMR 代表 QCGPIPE 管理器,QIB 代表 QCGPIPE 信息库,P 代表 QoS 受控型媒体生产者,C 代表 QoS 受控型媒体消费者.同 QCPPIPE<sup>[2,3]</sup>相比,QCGPIPE 要增加组管理机制和组 QoS 协调机制.生产者一侧增加反馈协调器,对来自多个消费者的反馈信息按照组政策加以整理;消费者一侧增加反馈控制器,防止造成在生产者一侧出现反馈爆炸;网络节点增加 QoS 过滤器,以支持异构 QoS;端系统与网络节点都提供基于 QoS 的组通信路由选择机制.此外,通过运行网络时间协

议而达到时间同步<sup>[2]</sup>.

### 2.1 QCSGPIPE 工作过程

QBR 向 QMR 申请建立 QCSGPIPE.QMR 负责通过 QoS 建立过程<sup>[2]</sup>在基于 QoS 的静态组通信路由选择机制<sup>[2]</sup>的支持下建立 QCSGPIPE.如果建立成功,则在有媒体  $m$  的生产与消费关系的  $p_i \in P$  和  $c_j \in C$  之间建立在  $I_{ij}$  内满足  $qos_{ij}$  要求的  $CQCPPIPE_{ij}$ ,完成 QCSGPIPE 的组建工作,同时将有关该 QCSGPIPE 的所有信息(包括有关

$qcgpid, m, P, C, QoS, \pi, I, GP$  的信息)记录于 QIB. 对于即时启动 QCSGPIPE, 则立即启动所有相关的即时启动 CQCPipe; 对于定时滞后启动 QCSGPIPE, 则定时启动 QCSGPIPE. 定时滞后启动 QCSGPIPE 对于需要预先安排好时间且需要较高 QoS 的分布式多媒体组应用是必要的. 如果在启动之前, 定时滞后启动 QCSGPIPE 所涉及的端系统或(和)网络节点出现崩溃, 则必须加以处理, 为此, QMR 定期轮询定时滞后启动 QCSGPIPE 所涉及的所有端系统与节点, 如果发现异常, 则在线动态重新选择构件或在线动态路由选择更换构件并且实施动态再绑定, 使之恢复正常; 如果均告失败, 则 QMR 撤销该 QCSGPIPE, 消除所有与该 QCSGPIPE 有关的构件与信息. QCSGPIPE 一经启动, 即进入运行状态, 直至生命期满. 如果该 QCSGPIPE 的某个生产者正在同时为多个消费者生产媒体  $m$ , 则该生产者按这些消费者的最高 QoS 生产媒体  $m$ , 通过网络节点中的 QoS 过滤器对媒体  $m$  进行适当的过滤而将符合这些消费者各自 QoS 要求的媒体最终送达各消费者. 在运行期间, 为了抑制来自多个消费者对同一生产者的 QoS 反馈信息, QCSGPIPE 规定每个消费者在发出 QoS 反馈信息之前要随机退避一段时间. 退避时间的取值范围随应用类型与运行环境而变. 当有多个 QoS 反馈信息同时到达时, 生产者对这些信息按照组管理政策的要求进行综合之后作出适当的反应. 为了对 QCSGPIPE 运行期间出现的各种反馈信息进行定序, QCSGPIPE 要求在每个反馈报文中嵌入时间戳. 由于运行环境时间同步, 因此可以对反馈信息提供完全定序. 反馈控制、协调与定序策略同时适用于 QCSGPIPE 和 QCDGPIPE.

对每一个活跃 QCSGPIPE, 在运行期间, QMR 都定期轮询相关的生产者、消费者和连接系统各构件的工作情况. 如果发现由于某一(些)构件出现异常而造成某一(些)CQCPipe 发生断裂, 则通过动态在线构件更换、在线动态路由选择、动态再绑定尝试修复, 仅当不可恢复时才拆除 QCSGPIPE. 此外, 对于活跃 QCSGPIPE, QBR 或 QMR 也可能出于某种原因而主动发起拆除操作. 当 QCSGPIPE 生命期满时, QMR 正常拆除 QCSGPIPE.

## 2.2 QCDGPIPE的工作过程

QCDGPIPE 建立与启动过程与 QCSGPIPE 基本相同. 值得注意的是, QCDGPIPE 建立之时可能只是一个 QCDGPIPE 框架, 即在建立的 QCDGPIPE 中没有 CQCPipe 存在, 其目的只是在 QIB 登记注册, 此时需等待 CQCPipe 的加入才能启动. 启动之前可能出现的端系统或(和)网络节点崩溃现象的处理方法与 QCSGPIPE 相同. 一经启动, QCDGPIPE 即进入运行状态. 在此期间, 随着生产者、消费者、CQCPipe 动态加入/退出, QCDGPIPE 可以在活跃与寂静状态之间迁移变换. QMR 负责对 QCDGPIPE 的运行状态进行监控, 处理异常.

QoS 受控型媒体生产者/消费者可以向 QMR 申请加入某一 QCDGPIPE. 若成功, 则它成为在该 QCDGPIPE 组管理政策控制之下的生产者/消费者, 同时 QMR 将该生产者/消费者的有关信息添加到 QIB 中. 已经加入 QCDGPIPE 的生产者/消费者都可以向 QMR 要求建立到其他已经加入同一 QCDGPIPE 的消费者/生产者的 CQCPipe. CQCPipe 追加操作需要得到 QoS 建立过程<sup>[2]</sup>和基于 QoS 的动态组路由选择机制<sup>[2]</sup>的支持. 若成功, 则生产者和消费者之间建立起 QoS 受控型媒体生产与消费关系, 同时在 QIB 中添加必要的信息. 如果该 CQCPipe 的生产者在该 CQCPipe 追加之时正在为其他消费者生产媒体, 则该生产者生产媒体的 QoS 可能发生改变.

QoS 受控型媒体生产者/消费者可以向 QMR 申请退出它所加入的某一个 QCDGPIPE. 对于正常退出, 生产者/消费者只是简单自行退出, 同时 QMR 将该生产者/消费者从该 QCDGPIPE 的生产者/消费者集合中注销. 对于异常退出, QMR 先通知与该生产者/消费者有生产与消费关系的消费者/生产者该事件, 然后在该生产者/消费者退出的同时撤销与之相关的所有 CQCPipe 并且注销该生产者/消费者.

有限期 CQCPipe 在其生命期满时自行拆除. 对于活跃 CQCPipe, 生产者、消费者、连接系统也可以主动显式要求拆除该 CQCPipe. CQCPipe 退出操作可能影响媒体生产者生产媒体的 QoS.

当 QCDGPIPE 处于寂静期时, QCDGPIPE 建立者或者 QMR 可以发起正常拆除操作. 当 QCDGPIPE 处于活跃期时, QCDGPIPE 建立者或者 QMR 可以发起异常拆除操作.

CQCPipe 断裂与 QCDGPIPE 异常的处理方法与 QCSGPIPE 基本相同.

## 2.3 QCGPIPE的健壮性

QCGPIPE 的管理与异常处理都依赖于 QMR, 因此, QMR 的健壮性决定 QCGPIPE 系统的健壮性, 可以考虑

采用复制策略,将多个 QMR 组织成“簇”模式或“协调者/队员”模式且以单一映像方式出现<sup>[2]</sup>.

### 3 结束语

QCGPIPE 通信抽象已经成功地被用于指导国家经贸委重大技术开发项目“分布式多媒体信息系统”、计算机会议系统、远程教学系统等多个项目中的多媒体组通信机制的开发<sup>[2]</sup>,取得了良好的实际应用效果.期望 QCGPIPE 能对多媒体组通信机制的研究与发展起到一定的推动作用.

#### References:

- [1] Guerin, R., Peris, V. Quality-of-Service in packet networks: basic mechanisms and directions. *Computer Networks*, 1999,31(1-2): 169~189.
- [2] Wang Xing-wei. Research on quality-of-service management and group communication mechanisms in distributed multimedia systems [Ph.D. Thesis]. Shenyang: Northeastern University, 1998 (in Chinese).
- [3] Wang Xing-wei, Cai Guo-qing, Liu Ji-ren. A multimedia communication mechanism——QoS-controlled pipe. *Journal of Software*, 2002,13(4):580~585 (in Chinese).

#### 附中文参考文献:

- [2] 王兴伟.分布式多媒体系统服务质量管理与组通信机制的研究[博士学位论文].沈阳:东北大学,1998.
- [3] 王兴伟,才国清,刘积仁.一种多媒体通信机制——服务质量受控型管道.软件学报,2002,13(4):580~585.

## A Multimedia Group Communication Mechanism——QoS Controlled Group Pipe\*

WANG Xing-wei<sup>1</sup>, CAI Guo-qing<sup>1</sup>, LIU Ji-ren<sup>2</sup>

<sup>1</sup>(Computer Center, Northeastern University, Shenyang 110006, China);

<sup>2</sup>(Software Center, Northeastern University, Shenyang 110006, China)

E-mail: wangxw@mail.neu.edu.cn

http://www.neu.edu.cn

**Abstract:** In order to support distributed multimedia group communication mechanism description and development, QCGPIPE (QoS controlled group PIPE) is presented as a QoS-based platform multimedia group communication abstraction. The formal definitions of QCGPIPE are introduced and its enforcement procedures are discussed in detail. QCGPIPE has been applied as the guidelines of the development of group communication mechanisms in distributed multimedia information systems, computer conferencing systems and distance education systems successfully. Experimental results show that QCGPIPE can act as the development guidelines of distributed multimedia group communication mechanisms.

**Key words:** distributed multimedia; group; group communication; QoS (quality of service); pipe

\* Received August 17, 2000; accepted March 1, 2001

Supported by the National Natural Science Foundation of China under Grant No.60003006; the National High-Tech Research and Development Plan of China under Grant No.2001AA121064; the Modern Distance Education Key Technology and Supporting Service System Program of Ministry of Education of China; the Foundation of Shenyang Science and Technology Committee of China