

12th IEEE Real-Time Systems Symposium に参加して

竹垣 盛一

三菱電機（株）中央研究所
尼崎市塚口本町 8-1-1

あらまし 本稿は昨年 12 月にテキサス州サンアントニオで開催された 12th IEEE Real-Time Systems Symposium および、これに先立って開かれた Workshop on Architecture Supports of Real-Time Systems の概要について報告するものである。本シンポジウムはリアルタイムコンピューティングを標榜するユニークな会議であり、リアルタイムコンピューティングに関する広範囲なジャンルの最新の研究成果が発表されている。また、本分野における主要な研究者が一同に会する場ともなっている。リアルタイムコンピューティングに関心のある研究者、技術者には極めて価値の高いシンポジウムと言えよう。

Report on 12th IEEE Real-Time Systems Symposium

Morikazu TAKEGAKI

CENTRAL RESEARCH LABORATORY, MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION
1-1, TSUKAGUCHI-HONMACHI 8-CHOME, AMAGASAKI, HYOGO

ABSTRACT This is a report on 12th IEEE Real-Time Systems Symposium, and Workshop on Architecture Supports of Real-Time Systems, which were held in last December at San Antonio, Texas. This symposium is an unique conference that advocates the real-time computing technology. Up-to-date research papers in all aspects of real-time computing are presented. Almost all principal researchers are meeting in the conference. Therefore, it can be said that the symposium is extremely valuable for researchers and engineers who are interested in real-time computing technology.

1. はしがき

昨年12月3日～6日にかけて米国テキサス州サンアントニオで開かれた12th IEEE Real-Time Systems Symposium (RTSS)に参加する機会を得たので、その概要を報告させていただく。RTSSは、リアルタイムコンピューティングを標榜した数少ない学術会議の中でもおそらく最もアカデミックなシンポジウムであろう。日本では、実時間処理というと実用技術、応用技術という印象だけが持たれがちであるが、RTSSはコンピュータサイエンスとしての色彩がかなり強く、基礎的、理論的研究が大半を占めていた。もっとも、このような傾向は3～4年前からということであり、それ以前はアカデミックサイドからのコントリビューションは少なく、主にアプリケーションに関する発表が大半を占めていたということである。本シンポジウムでいうところのリアルタイムコンピューティングは極めて新しい技術分野であり、発表者の多くは若い研究者たちであった。会場ではかなり熱の入った質疑・応答、ディスカッションが展開され（残念ながら筆者にはとてもついていけなかったが）、この場で次の新しい研究テーマが生まれているような気が感じられた。

RTSSには、リアルタイムコンピューティングの分野をリードしているほとんどの主要研究者が一同に会しており、それだけでも本分野に関心のある研究者・技術者には価値があるといえよう。

本シンポジウムおよび、それに先立って開かれたワークショップ（Workshop on Architecture Supports for Real-Time Systems）の会議内容を報告するのが本稿の目的であるが、何分にもテーマが多岐にわたり、また、中身の濃い論文が多かったため、その全体を詳しくサーベイすることは筆者の力量ではとてもできない。以下では、筆者が興味を覚えたいいくつかの論文の概要を紹介するとともに、RTSS全体に対する筆者の印象・感想を述べさせていただくことにする。このため、内容が筆者の興味本位に片寄っていることを予めお断りしておく。

2. Workshop on Architecture Supports for Real-Time Systems

本ワークショップはRTSS開催の前日に開催され、21件の研究速報的な発表があった。発表論文のキーワードを拾いあげてみると、リアルタイム分散コンピューティング、リアルタイムネットワーク、フォールトトレランス、リアルタイムデータベース、リアルタイムスケジューリング、など、リアルタイム分散環境に注目が集まっていた。まだこれからの研究テーマばかりであるが、今後のリアルタイムコンピューティング研究が指向するところが窺えた。本ワークショップで特に興味深かった発表を以下にいくつか紹介する。

II.3 "SpringNet: A Scalable Architecture for High Performance, Predictable and Distributed Real-Time Computing," J. Stankovic, D. Niehaus, and K. Ramamritham (University of Massachusetts)

本論文は、リアルタイムコンピューティング研究分野のリーダーの一人であるマサチューセッツ大学のProf. Stankovicらが推進しているSpring Projectの新しい成果の一つであるリアルタイム指向ネットワークアーキテクチャに関するものである。Stankovic先生が発表された。Spring Projectについては、IEEE ComputerやCACMなどで既に解説されているのでご存じの方も多いと思うが、次世代のリアルタイム分散システムを目指したハードウェアアーキテクチャ、ネットワーク、OS、からソフトウェア開発環境にいたるまでの広範囲な研究開発が展開されている。今回の発表は其中でリアルタイムネットワークに焦点を当てている。その特徴は、通信ネットワークのハードウェアに光ファイバーで結合された特殊なレジスタ挿入リング（SCRAMNETという商用ネットワーク）を採用した分散共有メモリ（複製メモリ）方式にある。このSCRAMNETを用いると粗結合分散計算環境でありながら密結合共有メモリ並みの高速アクセスが可能となり、また、データ転送は完全にハードワイアードであるので、プロトコルオーバーヘッドやコンテンションはなく、潜在する通信遅延を正確に見積ることができる。これらの特長を活かして、ノード間にわたるend-to-endの予測性を得るためのリアルタイムスケジューリングやリアルタイムバーチャルサーキットなどのソフトウェアが構築されている。

この他にもSpringNetアーキテクチャには様々なレベルにおいて柔軟性と予測性の共存を追究した試みがなされており、今後の分散リアルタイムシステムにおける通信方式として注目される。

II.3 "Recovery Manager for Replicated Real-Time Imprecise Computations," A.C. Yu, K.-J. Lin

II.4 "An Imprecise System Architecture for Enhanced Dependability," J. Liu, K.-J. Lin, C.L. Liu

この二つの論文はイリノイ大（Urbana-Champaign校）のJ. Liu、K.-J. Linらが推進しているImprecise Computingに関する最近の成果に関するものである。Imprecise Computingは、計算処理のデッドラインを守るために計算結果の品質のトレードオフを取ることであり、スケジューリングの柔軟性を提供する計算手法を総称

したものである。これは、例えば、システムが正確な結果を算出することが間に合わない時にはユーザーに許容可能な品質の近似的な計算結果を提供することにより、タイミング故障の回避、および優美な機能縮退を実現しようとするものであり、最近注目を集めているリアルタイム技術の一つである。

一つ目の論文では、タスクが冗長化実行されているリアルタイムシステムにおける故障検出・診断、タスク再構成の各アルゴリズムを検討しているが、その中で、ノード故障後の新しいタスク配置を決定するところに Imprecise Computing が使われている。すなわち、ノード故障検出の情報は健全ノード間では矛盾しないことから、タスク再構成アルゴリズムは（計算の途中結果を使うようにして）段階的に構成できることを利用して、これを Imprecise Computing として取り扱っている。

二つ目の論文では、リアルタイムシステムのフォールトトレランスの観点から Imprecise Computing のためのアーキテクチャを考察している。Imprecise Computing の世界では計算途中の近似的な結果を用意しておくことにより故障時のエラーリカバリの操作や複製化のオーバーヘッドを軽減することができるが、本論文では、種々の Imprecise Service の確立、imprecise な結果を保存するためのプロトコル、imprecise な結果を正当に使うことを保証するための imprecision 管理、および imprecise な結果を用いたエラーリカバリーをサポートするシステムアーキテクチャの概要が述べられている。基本的にはクライアント-サーバモデルに基づいており、サーバは、タスクの本体とスーパーバイザーより構成されリフレクティブな機能を提供する。スーパーバイザーが窓口となってクライアントと処理結果の品質についてネゴシエーションをとる。

imprecise な結果を許容するという状況は多くのリアルタイムシステムで見受けられることであり、OS レベルでその点に着目しているのが興味深い。

IV.1 "Bridging the Gap between Scheduling Theory and Reality," D.Katcher, H.Arakawa, J.Strosnider (CMU)

この論文では、最近のリアルタイムスケジューリング理論の一つの基盤となっている Rate Monotonic Scheduling Theory で得られているスケジューラビリティのクライテリアが、現実の実行環境(OS)下ではどのように修正されるのかが議論されている。Rate Monotonic Scheduling Theory は良く知られているように、C.L.Liu & J.Layland によって1973年に発表された理論を1980年代の後半になってCMUの J.Lehoczky, Lui Sha らが中心になって発展させたものであり、近年のリアルタイムスケジューリング研究の隆盛の一つの要因になっているものである。筆者らもRate Monotonic Scheduling Theory をベースとしたスケジューリング方式の実際の実行環境下におけるスケジューラビリティ性能を評価中であり、大変参考になった。ここでは Lehoczky 流の手法で問題を解析的に取り扱っており、周期タスクのプリエンブションのタイミングを、割り込み駆動型およびタイムチェック（システムクロック）駆動型のいくつかの形態に分類し、それぞれの形態について考えられるあらゆるオーバーヘッドを考慮したスケジューラビリティ公式（制約不等式）を導出している。種々のタスクセットについて計算結果が示されたが、例えば、実際の多くのリアルタイムOSで採用されているタイムチェック駆動型の場合には、タイムチェックの間隔がタスク周期に対して大きな比率を持つてくると急激にスケジューラビリティが劣化していることが示されていた。

以上の他にも、（日本では電総研の戸田氏らが先に手掛けているが）オメガ網などの多段相互結合網における優先度逆転の問題を取り扱ったもの、コンティニューアス・メディア応用のためのアーキテクチャ、リアルタイムデータベースやリアルタイム通信のアーキテクチャなど、興味深い発表が相次ぎ、熱心な質疑・応答があった。

3. IEEE Real-Time Systems Symposium

シンポジウムは4,5,6の三日間、One Through で進行し、九つのセッションで計29件の発表があった。また、毎日、昼前のセッションは、アプリケーションや新しいアイデアの速報のためのThe Current System Development Sessionに当てられ、そこでも25件の発表があった。ちなみに、今回のシンポジウムには120件程度の論文が投稿されており、採択率は25%程度ということであった。

各セッションは、・ネットワークと分散システム、・ソフトウェアとシステム、・スケジューリング、・データベース、・仕様と検証、・フォールトトレランスとアーキテクチャ、・ベンチマーク、標準、ケーススタディの七つのジャンルに分類されている。スケジューリング理論、ソフトウェアとシステム、を中心に（特に筆者にとっては）かなり難度の高い発表が続き、その意味でかなりハードであった。また、会場よりもフロアで熱心な議論がなされていたように思う。以下、各ジャンルごとの概要と、印象に残ったいくつかの発表を紹介したい。

(1) ネットワークと分散システム

このジャンルには三つの論文が含まれる。

最初の論文は筆者が発表した"The Diffusion Model Based Task Remapping for Distributed Real-Time Systems" (M.Takegaki, H.Kanamaru, M.Fujita)で、柔軟な資源活用とネットワークワイドなフォールトトレランスを実現するための分散タスク／データ管理方式について述べており、特にタスクバックアップのためのチェックポイント機構と拡散モデルに基づいた動的タスク配置アルゴリズムによるシステム再構成機構を提案し、プロトタイプシステムによる機能検証を示している。

二つ目の論文はリアルタイム通信に関する発表 ("Version Selection Schemes for Hard Real-Time Communications" (N.Malcolm, W.Zhao; Texas A&M Univ.)) で、最近コンティニュアスメディアなどで使われているマルチバージョンメッセージを用いてハードリアルタイム環境下でのメッセージロスを最小にするための手法が論じられている。マルチバージョンメッセージのスキームでは、情報の完全性とメッセージロスのトレードオフの観点から、伝達時間および情報量 (パケットサイズ) の異なるいくつかのバージョンを持ち、状況に応じてそのバージョンが使い分けられるが、このバージョン選択を、メッセージのデッドラインに基づいて決める方法とネットワークのトラフィックに基づいて決める方法が提案され、シミュレーションにより性能が評価されている。

三つ目の論文 "Efficient Synchronization of Clocks in a Distributed System" (S.Rangarajan, S.Tripathi; Univ. Mayland) では、分散システムにおける分散型の (マスター／スレーブ方式ではない) クロック同期化のための分散プロトコルでボトルネックとなるタイムスタンプメッセージの交換を効果的に行なうためのノード (プロセッサ) のグルーピングの方法が提案され、これに基づくクロック同期化アルゴリズムの手数およびクロックの同期化精度が理論的に解析されている。良く知られているように、分散環境におけるクロック同期化の問題はLamport が最初に考察しているが、この論文ではLamport 流の確定的手法が持つ種々の制約を緩和するために確率的なアルゴリズムを展開している。

(2) スケジューリング

本シンポジウムの最もホットなジャンルであり、6 件の論文が発表されたが、どれも質の高い論文ばかりである。そのうちのいくつかを簡単に紹介する。

・ "Fixed Priority Scheduling of Periodic Tasks with Varying Execution Priority" M.Harbour, M.Klein, J.Lehoczky (CMU)

発表はProf. Lehoczky が行った。この論文ではタスクのプライオリティが実行中に変化するような場合の固定プライオリティスケジューリングが考察されている。プライオリティが実行中にシリアルに変化するタスクのモデルは、割り込み処理、同期化、ノンプリエンプティブセクション、などの現実のリアルタイムタスクで良く使われるメカニズムを取り扱うためのものである。このモデルには当然ながらピュアなRate-Monotonic Scheduling Theory はそのままでは使えないが、スケジューラビリティ解析のアプローチはやはり最悪のタスク実行フェーズをベースにして行なわれる。実際のアプリケーションの形態に近い形でスケジューラビリティが解析できる点、応用面でも重要な研究といえる。ただし、現在のところスケジューラビリティチェックの手続きはピュアなタスクモデルのそれに比べてかなり複雑で、各タスクごとに最悪タスク実行フェーズを探すことから始めて、何段階かの探索とチェックの末にフィジブルかどうかやと判定できるようである。

・ "On Non-Preemptive Scheduling of Periodic and Sporadic Tasks" K.Jeffay (Univ. North Carolina)

上の論文と関連するが、ノンプリエンプティブなタスクスケジューリングの厳密な理論解析がなされている。まず最初に、周期タスクあるいはスプラディックタスクの集合が任意のリリースタイムに対してスケジュール可能であるための必要十分条件を求め、これを満足する任意の周期タスクあるいはスプラディックタスクの集合は、Earliest Deadline First (EDF) ポリシーによりスケジュール可能であることを示している。次に、特定のリリースタイムについて検討し、スプラディックタスクについては先程の条件がやはり必要十分条件になるが、周期タスクについては十分であるが必要でないことを示している。さらに、周期タスクについては、特定のリリースタイムに関してスケジュール可能であるかどうかの判定の問題はNPハードであることも示している。

従来、ノンプリエンティブなタスクスケジューリングの問題は一般的な離散的組み合わせ最適化問題として捉えられており（従って、Rate Monotonic Theory のようなスタイルのディスパッチルールの解析は行なわれない）、これまで、モダン・リアルタイムスケジューリング理論としてはほとんど成果らしいものは筆者の知るかぎり見当たらなかった。本論文は、EDFポリシーによってスケジューラブルになるタスク集合の条件をタスク周期（スボラディックの場合は最小の起動間隔）と実行時間に関する制約条件として Rate Monotonic Theory と同様なスタイルで求めており、ノンプリエンティブでは初めての基本的な成果ではないかと思われる。

・ "A Priority Ceiling Protocol for Multiple-Instance Resources" M.Chen(IBM), K.-J.Lin(Univ. Illinois)

この論文は、多重リソースのための Priority Ceiling Protocol について考察している。Priority Ceiling Protocol (PCP) というのは RTSS では既にポピュラーになっている Priority Inheritance 手法（CMU で R.Rajkumar, J.Lehoczky, L.Sha らによって開発された優先度逆転を解消するためのリソースアクセス制御に関するアプローチ）の一つの具体例であり、優先度逆転とデッドロック回避を同時に実現できる方式である。多重リソース（通信チャンネルなど）は通常、リソースプール化されるので、個々のインスタンスリソースへのアクセス効率は上がるが、リソースプールに関係してくるタスクは増加するので、最悪のブロッキング時間はかえって増加する恐れがある。この点を考慮して PCP を拡張するとともに、優先度逆転の影響を最小にするために、インスタンスリソースをタスクのサブセットに分配するための最適アルゴリズムも提案している。

・ "Load Adjustment in Adaptive Real-Time Systems" T.kuo, A.K.Mok (Univ. Texas, Austin)

この論文では、タイミングパラメータ（タスク周期、デッドライン、など）が時間とともに変化するような周期タスクを取り扱うために、どのように負荷を調整すればよいかが考察されている。タイミングパラメータを時間とともに変化させるのは、例えば、領域監視システムにおいて、その領域へ侵入してくる物体の数によって監視タスクのロードが変わってくるというような場合に有効であろう。環境変化に応じて、タスクがそのタイミングパラメータを変えていく（例えば、周期を長くしたり、短くしたりする）ような適応的なシステムをタスクスケジューリングレベルで理論的に取り扱ったのは本論文がおそらく最初のものと思われる。まず、プリエンティブ固定プライオリティスケジューリングによるタイミングパラメータ調整可能な周期タスクのスケジューラビリティの問題を配置選択問題として定式化する。これは、各タスクについて予め選択可能な周期とランタイムのペアをいくつか用意しておき、その組み合わせを状況に応じて選択するというものである。この時、各タスクの周期をスケジュール可能条件を満足する中で指定する問題は NP-完全であることが示されている。そこで実用的に計算可能な近似アルゴリズムが提案され、その性能が解析的に評価されている。この結果は、オーバーロードからの回復、フォールトトレランスと優美な縮退などを実現する適応的なタスクスケジューリングの理論的基礎を与えると考えられる。

これらの論文の他にも、実時間制約下での組み合わせ最適化問題を扱ったもの、将来のタスク到着を考慮にいられたリアルタイムロードバランシングなど、スケジューリングに関する興味深い研究発表が相次いだ。

(3) データベース

・ "On Using Priority Inheritance in Real-Time Database" J.Huang, J.Stankovic, K.Ramamritham (Univ. of Massachusetts)

この論文では 2 相ロックが排他制御に使われているリアルタイムデータベースの優先度逆転の問題を取り扱っている。シングルスプロセッサ内のリソース競合における優先度逆転と大きく異なる点は、リソース競合時間がかなり長いことである。このような観点から、通常の Priority Inheritance の方法はうまく働かないことが述べられ、その代替案として優先度逆転が起こったら単純にロープライオリティのトランザクションをアボートする Priority Abort の方が有効であることが議論されている。さらに、条件付き Priority Inheritance といって、トランザクション終了までの時間が長い時には Priority Abort を使い、トランザクションが終了に近くなったら Priority Inheritance を用いるというプロトコルを提案している。これらのプロトコルの性能は、実際に RT-CARAT という彼らが作ったリアルタイムデータベースのテストベッド上での実験により検証されている。リアルタイムデータベースのトランザクション管理に関する研究はほとんどが現段階ではシミュレーションベースであるのに対し、実機によって実験し、実用的なレベルでの成果が得られている点は高く評価されよう。

この他、データベース関係では、リアルタイム環境におけるマルチバージョンデータのための排他制御とプライオリティベースのディスクスケジューリング方式を提案しているもの、過負荷状況に対応するためのEarliest Deadline First方式の拡張に関する発表があった。本シンポジウムにおけるリアルタイムデータベース研究の傾向としては、Concurrency Control & Real-Time Transaction Schedulingに議論が集中しているようであり、データベースそのもののアーキテクチャやデータ構造と検索方式などに関する研究は見受けられなかった。

(4) フォールトトレランスとアーキテクチャ

- ・ "Using Objects and Actions to Provide Fault Tolerance in Distributed Real-Time Applications"

S.Shrivastava, A.Waterworth (Univ. Newcastle)

リアルタイム分散システムにおいてフォールトトレランスを提供するためのリアルタイムオブジェクト指向モデルについて議論されており、アトミックアクションと例外処理手法が具体的にフォールトトレランスを導入するために用いられている。さらに、アプリケーションおよびデバイスに特有なコミット&アボート処理のための技法が説明されている。リアルタイムシステムでは、オブジェクトは自己のローカルな処理を実行しつつ、外界のイベントに対して応答しなければならない。そのため、オブジェクト内に複数の並行動作するスレッドを持つアクティブオブジェクトの考え方がARTSのリアルタイムオブジェクトなどで導入されているが、フォールトトレランスの実現において不可欠なオブジェクトの複製化についてさらに詳しい考察を要する。特に、アクティブオブジェクト内部の並列性を考慮したレプリカ間の一貫性保持が問題になる。ここでは、アトミックアクションに基づいてメソッドを構築する枠組みを提案している。OLTPドメインでは基本的にクライアント-サーバーモデルに基づいてアトミックトランザクションのコミットおよびアボートの処理が行なわれているが、この論文では、アクティブオブジェクト指向の枠組みの中にアトミックアクションの機構を埋め込んでいる点がこれまでのアプローチとは異なっている。

- ・ "The Transient Server Approach to Scheduling Time-Critical Recovery Operations"

S.Ramos-Thuel, J.Strosnider (CMU)

故障からの復旧処理をリアルタイムコンピューティングの枠組みで取り扱うことを試みている。提案されているTransient Serverは復旧操作タスクをサービスするためのものであるが、これはJ.Strosniderらが提案している非周期タスクサーバ(Deferrable Server, Sporadic Server)を拡張したようなもので、リアルタイムタスクの過負荷の検出により起動され、非周期タスクサーバと同様の手法によりリアルタイムタスクのデッドラインを保証しつつ、なるべく速やかに復旧操作を完了させるというのが基本的な考え方である。ノード過負荷時対応のタスク管理手法を提供しており、オンライン復旧を行なうような場合に有効になると思われる。ただし、フォールトトレラント機構との関係については議論されていなかった。

以上の他にも、「ベンチマーク、標準、ケーススタディ」のセッションでは、Adaをリアルタイム向けに拡張したAda9Xの仕様に関する論文、アビオニクスシステムへのリアルタイムスケジューリング手法(Rate Monotonic Scheduling Theoryベース)の適用性に関するフィージビリティスタディ、リアルタイムOSのIEEE標準であるPOSIX1003.4およびPOSIX1003.4aのインプリメンテーションの経験に関する論文などが発表された。また、「ソフトウェアとシステム」のセッションではリアルタイムのタイミングと並行性の記述をサポートする言語、リアルタイムシステムのランタイムモニタリング手法、並列リアクティブシステムのためのオブジェクトモデル、など計7件、「仕様化と検証」のセッションでも3件の発表があったが、最初にお断りしたように筆者の力量では要領よく全てのジャンルを紹介できないので省略させていただく。興味深い研究も多く含まれていると思うがご容赦願いたい。

4. あとがき

最後に、RTSS全体を通じての印象をいくつか述べさせていただく。

○ジャンルが多岐に亘る。；セッションテーマを見てもわかるように、ハードウェア、OS、からソフトウェア、システムまで、人工知能を除いた計算機技術の分野を広くカバーしている。ただし、全てにおいて(当然ながら)リアルタイムコンピューティングというターゲットに向けて議論が集中しているのがRTSSの特徴である。特に、

スケジューリングやトランザクション管理、フォールトトレランスについてはリアルタイムコンピューティングという視点は、確かに問題は難しくなるが、それ以上に、むしろ概念を明確化することに役立っているように思われる。また、今後の研究の方向としてリアルタイム分散コンピューティングを指向した傾向が窺え、通信システム／ネットワーク技術との関わりもさらに深まっていくと考えられる。

○参加者にオリエンタル系が多い。；参加者に中国／台湾系、朝鮮／韓国系、インド系が目立った。特にスケジューリング、データベースに関する発表の大半はオリエンタル系であった。（反対にソフトウェア、仕様化と検証などでは白人系が多かったように思う。）オリエンタル系の中で日本人からのコントリビューションは、RTSSの中心メンバーである慶応・CMUの徳田先生を除いてはほとんどないのが現状である。技術の内容から見て、日本人に結構向いている分野であると思うのだが。

○アカデミックサイドに若干偏っている。；これは最初に述べたことである。産業界からの参加も呼びかけているが、現状では、IBMやDECなどの特定の企業を除いてはなかなか参加しづらいかも知れない。

○フレンドリーであるがハードである。；この手の小さいシンポジウムはどこでもそうであるかも知れないが、フレンドリーな雰囲気の中で仲よくやると同時に、議論は結構ホットにやっているようであった。また、国際会議ではなく、アメリカのローカルなシンポジウムであるから、彼らで好きなようにやっているという感じがした。RTSSを本当の議論の場とするために、ローカルでスモールに保っていこうとしているようである。このため、特に筆者のように英語に弱い人間にはやはりハードな印象が強い。しかし、リアルタイムコンピューティングに携わる研究者、技術者には参加することに大きな価値のあるシンポジウムであることは間違いない。

以上、とりとめのない、また、筆者の興味のある領域に片寄った内容の報告になりましたが、RTSSに関心をお持ちの方に何がしか参考になれば幸いです。なお、今年のRTSSは12月1日～4日（1日はImprecise Computationに関するワークショップ）、アリゾナ州のフェニックスで開かれるそうです。ご参考まで。