

RTミドルウェアコンテスト必勝法

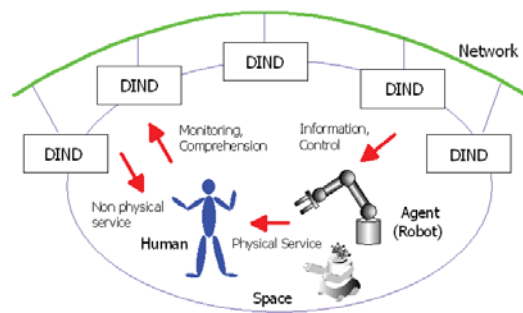
佐々木毅
芝浦工業大学
デザイン工学部デザイン工学科

RTミドルウェアコンテスト2007

分散レーザレンジファインダの
キャリブレーション支援
コンポーネント群

開発の背景

- 知能化空間
 - センサやアクチュエータを空間に分散配置し、ネットワーク化
- センサのキャリブレーションが必要
 - 各センサの座標系(ローカル座標系)において得られたデータを知能化空間の座標系(ワールド座標系)へ変換
 - 多数のセンサのキャリブレーションには多くの手間を要する



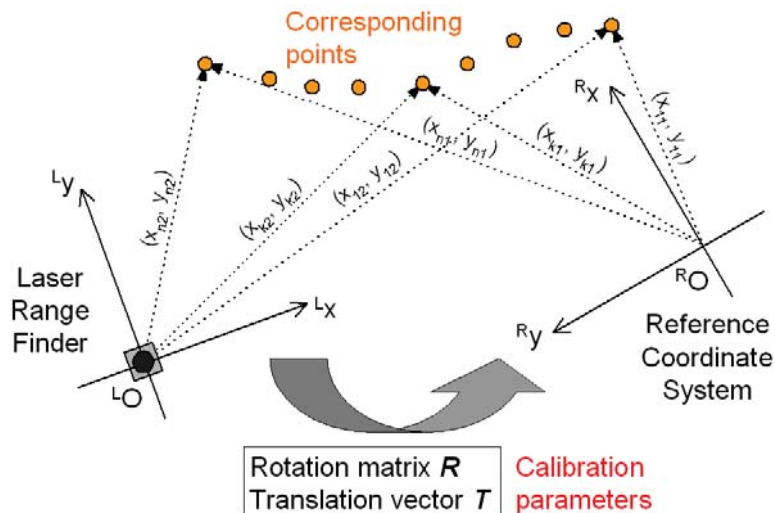
- 分散センサのキャリブレーション支援コンポーネント群を開発する

開発の背景

- レーザレンジファインダ(LRF)は主要なセンサの1つとして期待される
 - 設置が比較的容易
 - 知能化空間の基本機能の1つである物体トラッキングにおいても対象に特別なタグを持たせる必要がない
 - 空間の地図も獲得可能
- 本コンポーネント群では特にLRFの位置・姿勢のキャリブレーションに着目

LRFの位置・姿勢のキャリブレーション

- 環境中の2点以上の点について、それらのローカル座標系とワールド座標系の位置が既知ならばその対応から計算可能



開発したコンポーネント群

- LRFコンポーネント (LRFComponent)
 - 北陽電機(株)のLRF (URG-04LX)をRTコンポーネント化※
- 移動体トラッキングコンポーネント (SimpleTracker)
 - LRFのスキャンデータから移動物体の位置を出力
- キャリブレーションコンポーネント (LRFCalibration)
 - 同一物体の2つの座標系での位置を入力として受け取り、その対応点から2つの座標系の位置・姿勢の関係を出力
- 座標変換コンポーネント (CoordTrans2D)
 - キャリブレーションパラメータに基づいてセンサ座標系から基準座標系への座標変換を実行
- 入力コンポーネント (ConsoleIn2)
 - コンソールから入力した値を順に2つのOutPortに出力

※デバイス処理には商品付属のサンプルプログラムの一部を使用

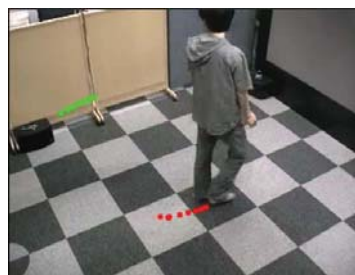
キャリブレーション

- キャリブレーションオブジェクト(LRFで検知しやすい物体)を既知の位置に配置
- ConsoleIn2のコンソールからキャリブレーションオブジェクトの位置の座標を入力



キャリブレーション

- 2台のLRFの観測領域の重なり部分で、人間やロボットなどを移動させる



まとめ

- 分散レーザレンジファインダ (LRF) のキャリブレーション支援コンポーネント群の開発
 - 各機能要素のコンポーネント化
 - LRF(北陽電機URG04-LX)
 - 移動物体トラッキング
 - キャリブレーション
- コンポーネント群の使用例の提案と動作確認
 - キャリブレーションオブジェクトを用いた絶対的な位置・姿勢の手動キャリブレーション
 - 移動物体を用いたLRF間の相対的な位置・姿勢の自動キャリブレーション

他の応募作品

- 移動ロボット用の周辺ライブラリ
- 屋外自律移動ロボットにおけるGPSコンポーネント
- 分散制御ロボットにおけるCANコンポーネント
- スクリプト言語によるRTコンポーネント用コネクタモジュール
- CLUEリーダーコンポーネント
- OpenCV を使った画像処理コンポーネントの作成例
- VoiceCell
- 複数CPUのための共有メモリコンポーネント
- GUIを用いたUSBカメラとURGの制御モジュール
- GPSを用いた誘導システム
- CANコネクタ

審査委員のコメント

- URGセンサーのメインのロジックがクラス化されており、サービスポートも利用したコンポーネントとなっているため、再利用性は高い。また、作品全体で一つのアプリケーションとしてもほぼ完成されており、有用性も高い。マニュアルについても、操作方法だけでなく、データポートの仕様なども詳細に記述されており、再利用するユーザの立場に立って書かれている。コメントや例外処理(エラーの場合はRTC_ERRORを返す)などしっかり記述されたソースコードである。

コンテストを終えて

- RTミドルウェアを使う中で、結果的に全て自分で作成していくことに
- 開発・運用段階で誰でも使える汎用的なコンポーネントが必要

RTミドルウェアコンテスト2008

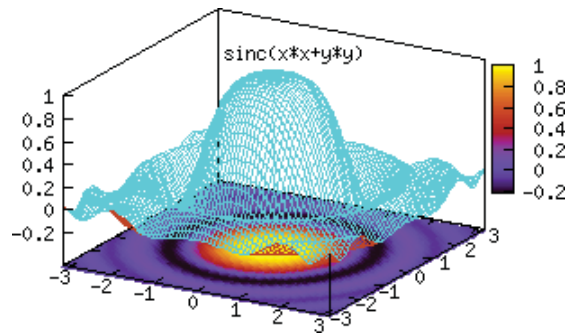
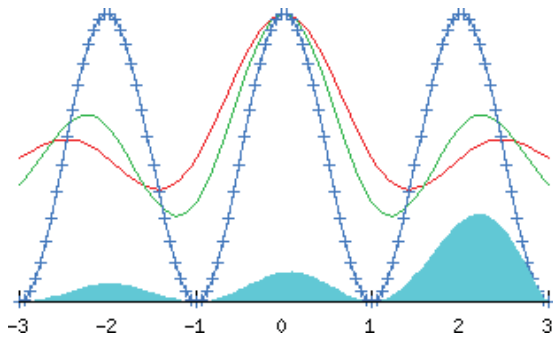
効率的なRTシステム開発および
運用のための汎用ビューワ
コンポーネント

開発の背景

- RTコンポーネントによるシステム
 - 開発段階
 - それぞれのコンポーネントの動作確認
 - 運用段階
 - センサデータやその処理結果などの表示
 - 異常発生時の原因の早期発見
- 情報の**視覚化**が有効
- **コンポーネントの出力を視覚化するビューワ
コンポーネントを開発する**

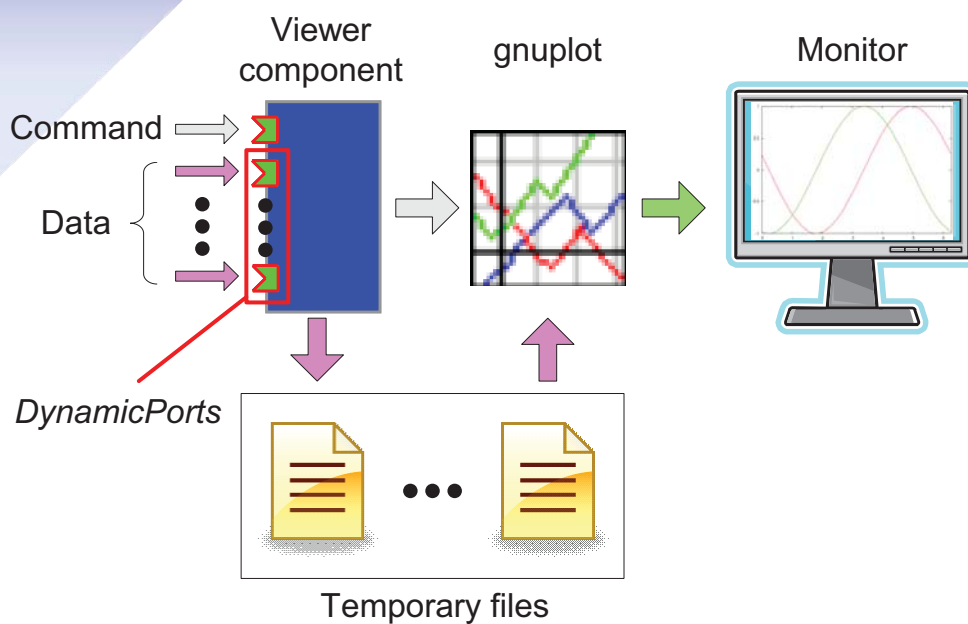
様々な形式でのデータ表示への対応

- グラフ描画ツールとして広く用いられている gnuplot を利用



gnuplot homepage: <http://www.gnuplot.info/>より

ビューワコンポーネントの構成

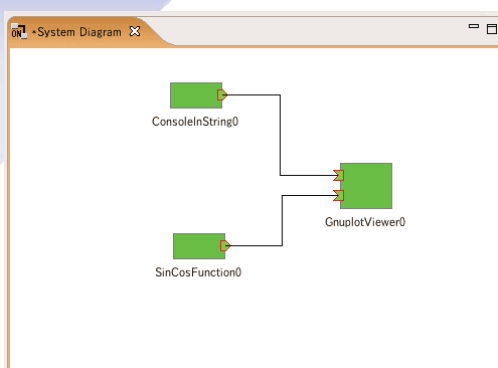


開発したコンポーネント群

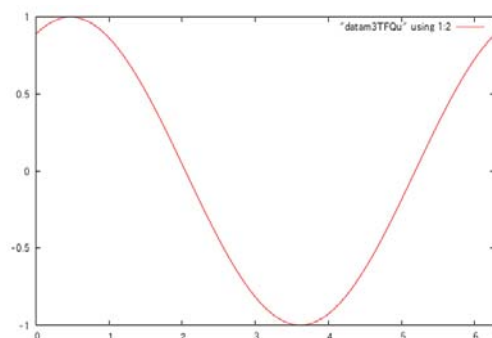
- ビューワコンポーネント(GnuplotViewer)
 - gnuplot を用いた汎用ビューワ
- コンソール文字列入力コンポーネント(ConsoleInString)
 - コンソールから入力した文字列をOutPort に出力
- 正弦・余弦関数出力コンポーネント(SinCosFunction)
 - 正弦波、余弦波を出力
- LRFコンポーネント (LRFComponent) ※
 - 北陽電機(株)のLRF (URG-04LX)をRTコンポーネント化
- 移動体トラッキングコンポーネント (SimpleTracker) ※
 - LRFのスキャンデータから移動物体の位置を出力
- 動的入力ポートテストコンポーネント (DynamicInPortTest)
 - 動的入力ポートのプログラム例および動作テスト用コンポーネント

※昨年度の出品作品を開発成果プレゼンテーションでの指摘を基に改良したもの

コンポーネントのアクティブ化と接続



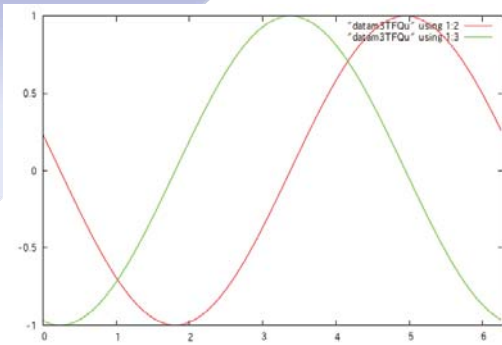
コンポーネントの接続図



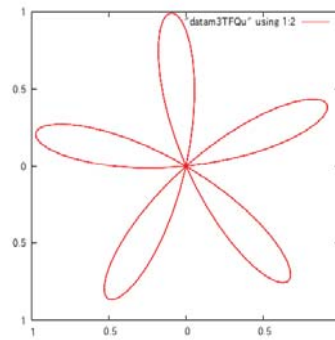
プロット結果

- ConsoleInStringコンポーネントを使って
GnuplotViewerコンポーネントに直接コマンドを送る
ことも可能
 - 上記のプロット結果も表示範囲を調整して見やすくしたもの

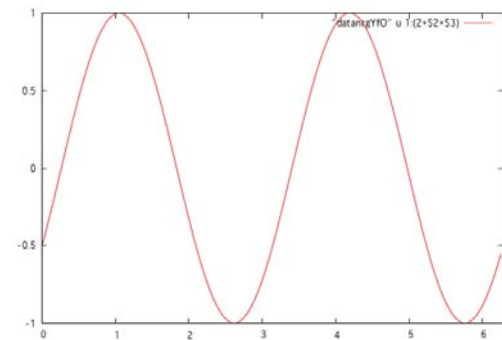
その他のプロット例



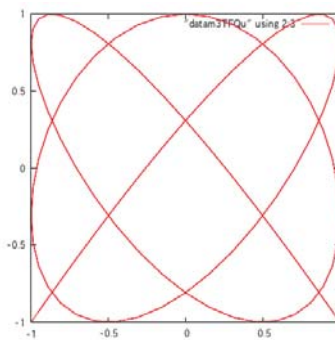
2つの系列を同時に表示 $y = \sin(x)$, $y = \cos(x)$



極座標プロット $r = \sin(5\theta)$

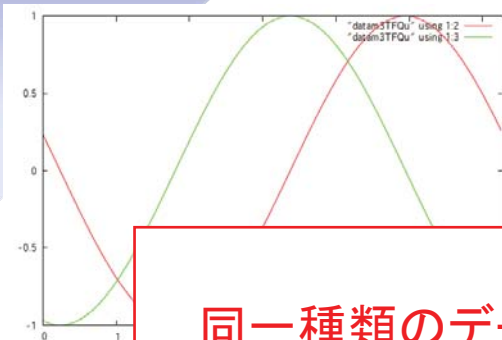


系列同士の演算 $y = 2\sin(x)\cos(x) = \sin(2x)$

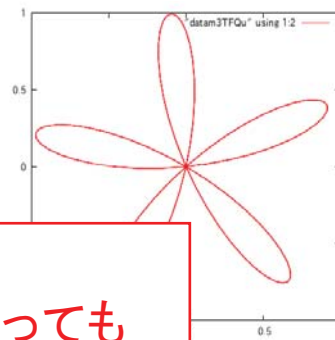


媒介変数表示 $x = \sin(5t)$, $y = \cos(6t)$

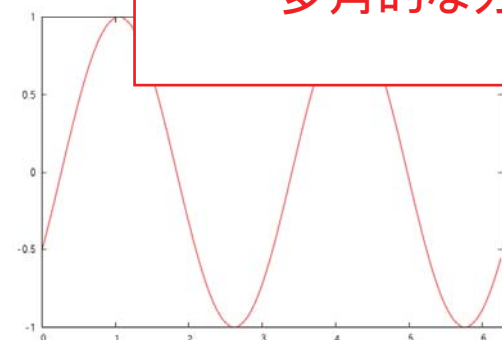
その他のプロット例



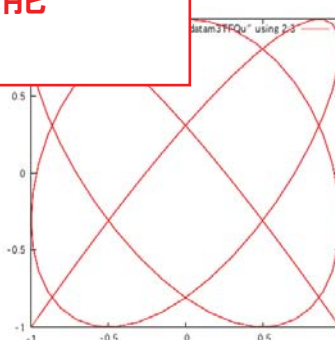
2つの系列を



$r = \sin(5\theta)$



系列同士の演算 $y = 2\sin(x)\cos(x) = \sin(2x)$



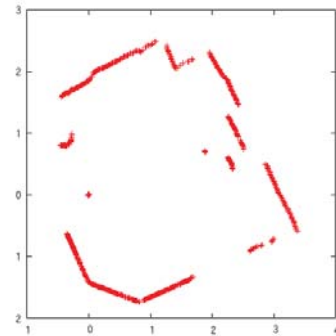
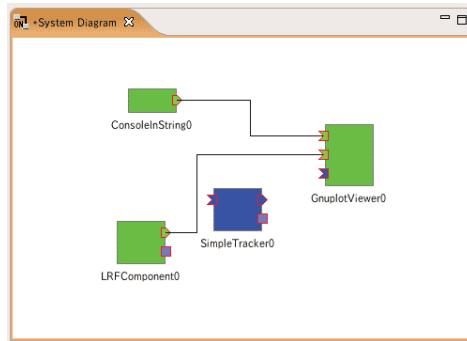
媒介変数表示 $x = \sin(5t)$, $y = \cos(6t)$

同一種類のデータであっても
多角的な分析が可能

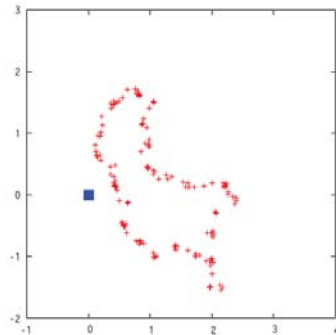
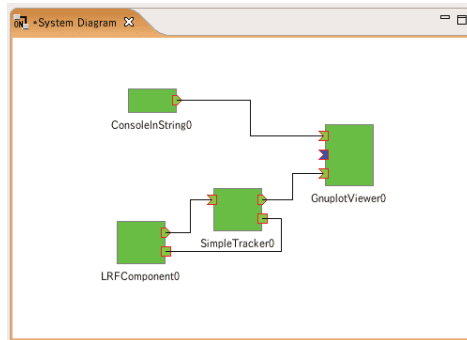
GnuplotViewerの実用例

-レーザレンジファインダのデータのプロット-

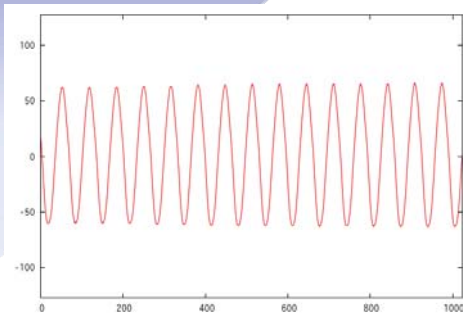
スキャンデータの表示



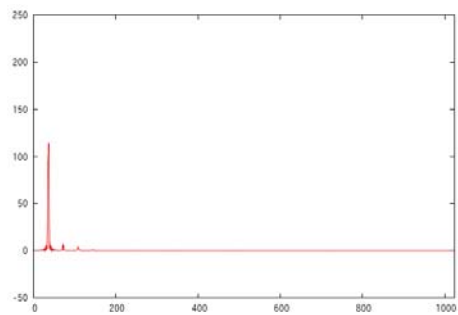
トラッキング結果の表示



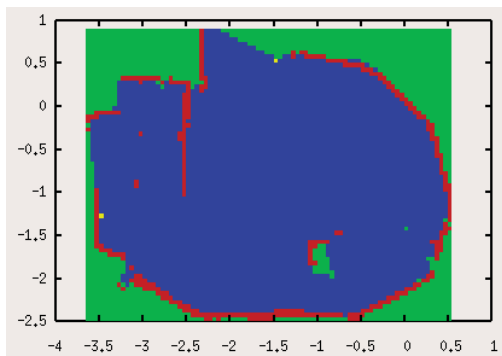
GnuplotViewerの実用例



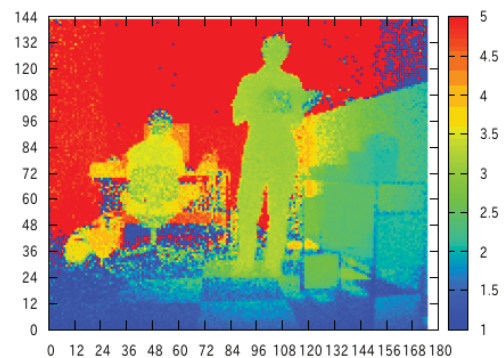
マイクから入力した音声データの表示



音声データのフーリエ解析結果の表示

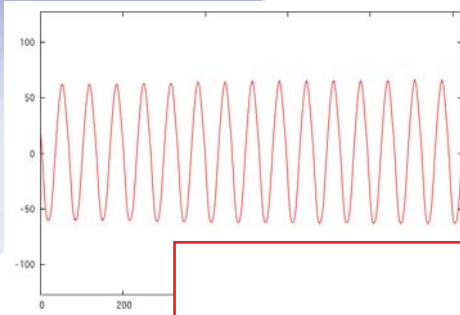


レーザレンジファインダによる occupancy gridの表示

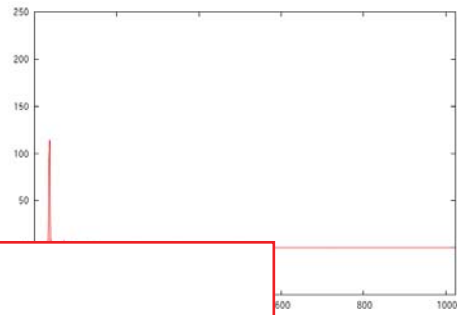


3次元距離測定カメラ(SwissRanger SR-3000)の距離画像の表示

GnuplotViewerの実用例

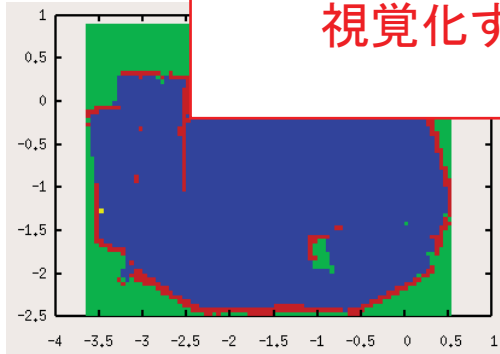


マイクから入力

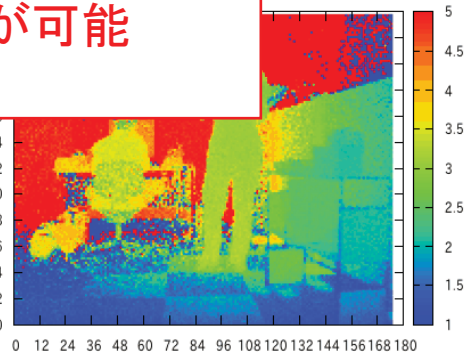


解析結果の表示

多種多様なデータを
視覚化することが可能



レーザレンジファインダによる
occupancy gridの表示



3次元距離測定カメラ(SwissRanger
SR-3000)の距離画像の表示

まとめ

- RT コンポーネントの出力データを可視化するための汎用ビューワコンポーネントの開発
 - コンポーネントに対する要求事項と設計指針
 - 基本的なデータ型のサポート
 - 様々な形式でのデータ表示への対応
 - 容易な使用法の提供
 - コンポーネント群の実装
 - 動的入出力ポート
 - gnuplotを利用
 - ビューワコンポーネントの動作確認
 - 多角的な分析
 - 多種多様なデータの可視化

他の応募作品

- 自律移動ロボットにおけるDFITコンポーネント
- RTコンポーネント接続制御モジュールの開発
- AR表示のためのUbiquitousDisplayシステム開発
- RTミドルウェアを用いた名刺受けマスコットロボットの開発
- 再利用可能なマニピュレータ制御RTコンポーネント群
- SimuLike: コンポーネントのデータ接続性向上のためのアダプタツール群の開発
- PICおよびdsPIC対応版軽量版RTコンポーネント(RTC-Lite)
- 画像処理学習用RTコンポーネントライブラリ
- RtcHandle

コンテストを終えて

- 自身の作品としてはアイデア、完成度ともに最も良くできている(と、今でも思っている)
- 自身の考えが伝えられただろうか
- 汎用性を訴える上で、具体例を示すことも重要では

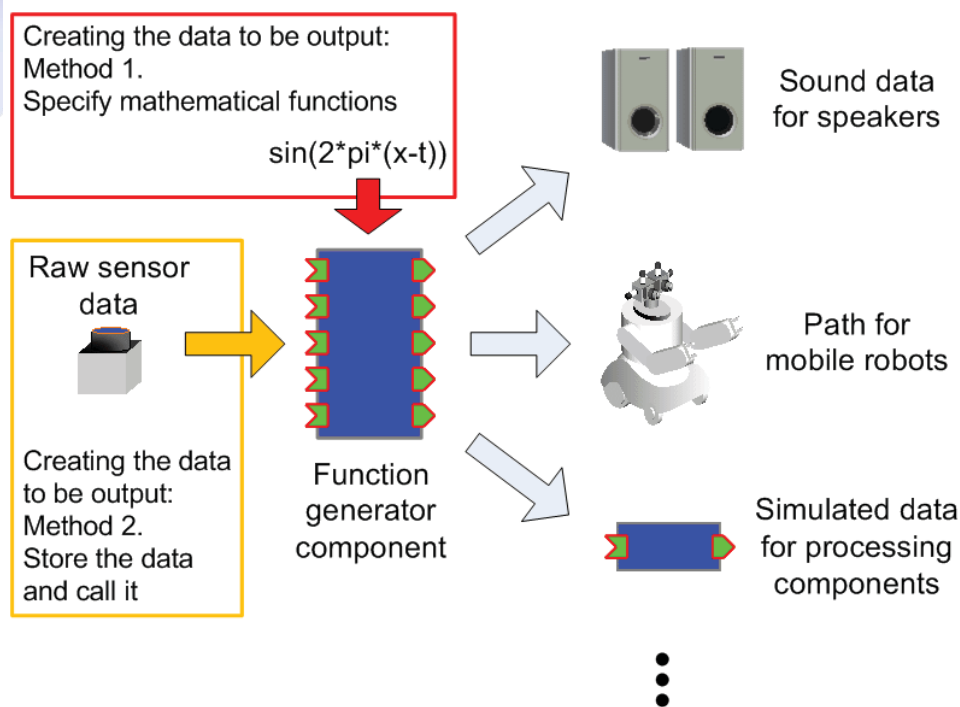
RTミドルウェアコンテスト2009

効率的な入力データ生成のための
ファンクションジェネレータ
コンポーネント

開発の背景

- RTコンポーネントによるシステム
 - 開発段階
 - コンポーネントやそれらを統合したシステムが様々な入力に対して正常に動作するかを確認するための動作テスト
 - 運用段階
 - アクチュエータへの指令の生成
- 効率的に**入力データを作成**することが望まれる
- **様々なパターン**の入力データを生成することが可能な**ファンクションジェネレータコンポーネント**を開発する

ファンクションジェネレータコンポーネント (FunctionGenerator)の構成

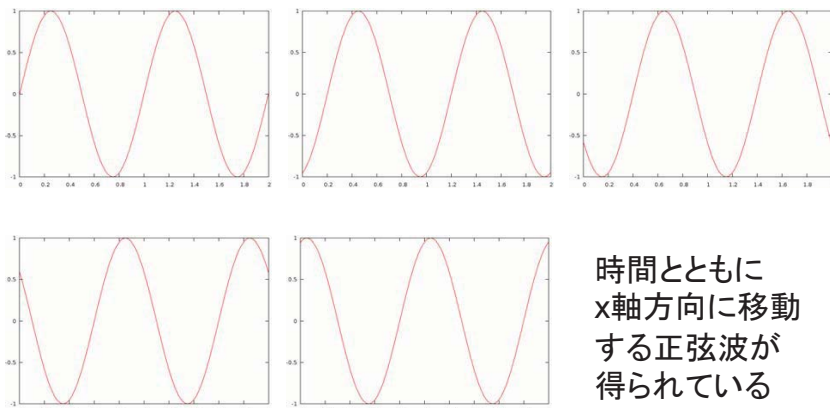


FunctionGeneratorの利用例

–ビューワコンポーネントを用いた出力データの可視化–

- ビューワコンポーネント GnuplotViewer
 - RTミドルウェアコンテスト2008応募作品1L3-2
 - 佐々木毅, 橋本秀紀, “効率的なRTシステム開発および運用のための汎用ビューワコンポーネント”

$x: \sin(2 \cdot \pi \cdot (x-t))$
 $0 \leq x \leq 2, \Delta x = 0.01$
 $0 \leq t \leq 0.8, \Delta t = 0.2$



FunctionGeneratorの利用例 – 音声入出力コンポーネントを用いた音によるデータの提示 –

- 音声入出力コンポーネント VoiceIn, VoiceOut
 - RTミドルウェアコンテスト2007応募作品 [2007103109]
 - MIKS, “VoiceCell”
- 出力データを音として提示
- ファイル出力機能により録音、再生も可能



FunctionGeneratorの利用例 – パン-チルト-ズームカメラコンポーネントを用いた広範囲観測 –

- 画像表示コンポーネント ShowImage
 - RTミドルウェアコンテスト2008応募作品1L4-4
 - 田窪朋仁, 大原賢一, 吉岡健伸, “画像処理学習用 RTコンポーネントライブラリ”



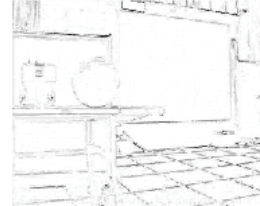
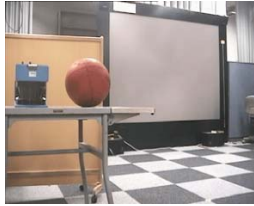
FunctionGeneratorの実用例

– 人間の網膜特性に着目したエッジ抽出 –

- 人間の眼球運動に着目したエッジ抽出手法
- random()関数を用いてランダムな振動を付与

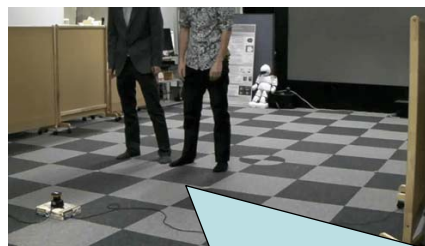
振動なし

振動あり



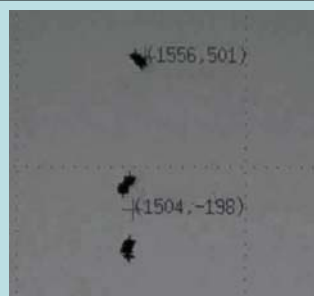
振動を利用することでメカニカルにフィルタリングを行い、エッジを抽出

FunctionGeneratorの実用例 – LRFを用いた人間トラッキングにおけるパラメータの影響の検証 –



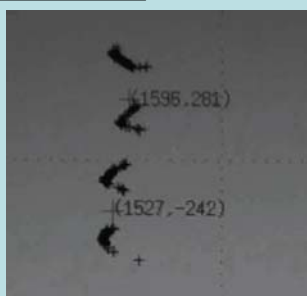
このときのトラッキング
コンポーネントによる
位置推定結果

クラスタリング
パラメータ



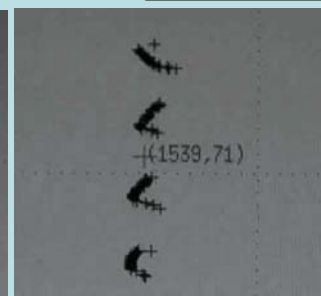
小

十分な大きさの
クラスタが構成できず、
片足を見失っている



中

クラスタの構成が
適切に行われ、
正しい位置を計測



大

クラスタが大きくなりすぎてしまい、
2人を1人として計測

まとめ

- 他のRTコンポーネントに対する入力データを生成するためのファンクションジェネレータコンポーネント
 - システム開発及び運用段階において様々な利用することが可能
 - 様々な入力データパターンに対する動作テスト
 - 情報処理コンポーネントの処理パラメータの影響の評価
 - 複数の情報処理コンポーネントの同一の入力条件での性能比較
 - アクチュエータなどへの入力データ生成
- 利用例、実用例を挙げ有効性を示した
 - 過去のRTミドルウェアコンテスト作品との連携

他の応募作品

- SciPyを用いたロボット制御用RTコンポーネント
- OpenRTM-aist上でのマイクロマニピュレーションシステムの実現
- WiiRTCコンポーネントの開発
- iPhoneを用いた移動ロボットの地図上ナビゲーション
- 実用化に向けた上肢に障害のある人用ロボットアームのRTコンポーネント群
- 関節角速度制御アームRTCの使い方
- 画像処理学習・教育用ソフトウェア
- 共有メモリを用いたRTコンポーネント間の大容量データ通信
- 3DCADモデルを利用した汎用的なロボット動作モニターコンポーネントの開発
- RTコンポーネントシステム運用のための状態監視インターフェースの構築
- Wiiリモコンとゆかいな仲間たち

コンテストを終えて

- 自分の考えは伝えられたと思う
- ただ、これで終わるのではなく、この流れを進めていくことも重要
 - 実際は、本業が忙しくコンテストに時間が取れなくなってきたというのもあるのだが...

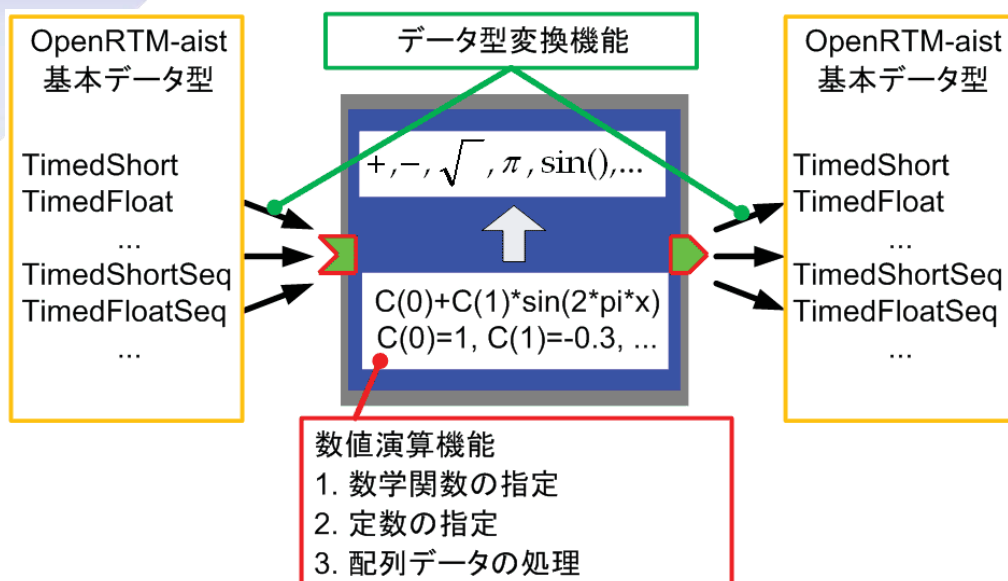
RTミドルウェアコンテスト2010

汎用データ処理のための
演算コンポーネント

開発の背景

- RTミドルウェアを用いたシステム構築
 - 様々なコンポーネントを組み合わせることで行われる
 - アクチュエータなどのハードウェアに関連するコンポーネント
 - 入力データに処理を行って出力するソフトウェアコンポーネント
 - 単純な演算に対して多数のコンポーネントを用意?
 - コンポーネント作成の手間やコンポーネント間の通信に伴うオーバーヘッドを考えると非効率
- 様々な入力データに対し、
必要に応じた処理を行うことが可能な汎用演算コンポーネントを開発する

演算コンポーネント(DataProcessing) の構成



DataProcessingの利用例 – 座標変換 –

- 2次元極座標系で表されたデータ $\mathbf{x}=(r_0, \theta_0, r_1, \theta_1, \dots)$ をデカルト座標系で表されたデータ $\mathbf{x}'=(x'_0, y'_0, x'_1, y'_1, \dots)$ へ変換

OutputFunction =
x(0,2,xsize()-1)*cos(x(1,2,xsize()-1)): $x = r \cos \theta$
x(0,2,xsize()-1)*sin(x(1,2,xsize()-1)) $y = r \sin \theta$

- 2次元デカルト座標系で表されたデータ $\mathbf{x}=(x_0, y_0, x_1, y_1, \dots)$ を極座標系で表されたデータ $\mathbf{x}'=(r'_0, \theta'_0, r'_1, \theta'_1, \dots)$ へ変換

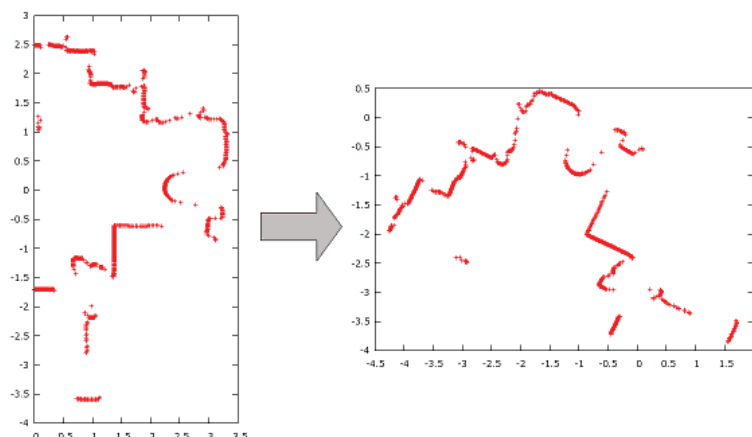
OutputFunction =
sqrt(x(0,2,xsize()-1)^2+x(1,2,xsize()-1)^2): $r = \sqrt{x^2 + y^2}$
atan2(x(1,2,xsize()-1),x(0,2,xsize()-1)) $\theta = \text{atan2}(y,x)$

DataProcessingの利用例 – 座標変換 –

- 2次元デカルト座標系で表されたデータ $\mathbf{x}=(x_0, y_0, x_1, y_1, \dots)$ に対する回転・並進変換 $\mathbf{x}'=(x'_0, y'_0, x'_1, y'_1, \dots)$

OutputFunction = x(0,2,xsize()-1)*cos(C(2)) - x(1,2,xsize()-1)*sin(C(2))+C(0):
x(0,2,xsize()-1)*sin(C(2)) + x(1,2,xsize()-1)*cos(C(2))+C(1)
ConstantList=(x方向の並進量):(y方向の並進量):(回転角度)

(例)ConstantList =
-2:-3:65*pi/180



DataProcessingの利用例 – 画像処理 –

- カメラから取得したRGBデータ
 $x=(B_0, G_0, R_0, B_1, G_1, R_1, \dots)$ に対して処理を行う

- 画像の上下左右反転

OutputFunction = $x(xsize()-3, -3, 0):x(xsize()-2, -3, 1):x(xsize()-1, -3, 2)$



DataProcessingの利用例 – 画像処理 –

- RGB 値の割合の変更

OutputFunction = $C(0)*x(0,3,xsize()-1):C(1)*x(1,3,xsize()-1):C(2)*x(2,3,xsize()-1)$
ConstantList = (B の割合):(G の割合):(R の割合)

- グレイスケール画像への変換

OutputFunction = $(x(0,3,xsize()-1)+x(1,3,xsize()-1)+x(2,3,xsize()-1))/3$

- 二値画像への変換

OutputFunction =
 $127.5*(\text{sign}((x(0,3,xsize()-1)+x(1,3,xsize()-1)+x(2,3,xsize()-1))/3-C(0))+1)$
ConstantList = (二値化の閾値)



(例) ConstantList =
0:0.5:1

(例) ConstantList =
127.5

DataProcessingの利用例 – 指令生成 –

- パン-チルトカメラへの指令生成
 - カメラ画像上でクリックされた位置が画像の中心となるように指令値(パン角、チルト角[deg])を生成

OutputFunction = (180/pi)*atan2(x(0)-C(1)/2,C(0)):
(-180/pi)*atan2(x(1)-C(2)/2,C(0))



まとめ

- RTシステムにおいてユーザが指定した処理を行う汎用データ処理用の演算コンポーネント
- 利用例を挙げ有効性を示した
 - データ型変換
 - 単位換算
 - 座標変換
 - 画像処理
 - 指令生成

他の応募作品

- RTコンポーネントとscilabを繋ぐツールボックス「RTC-scilab」の開発
- ロボットモデル作成ツールの開発
- 車輪型移動ロボットのための総合開発環境コンポーネント群
- 可変構造ソフトウェアのためのノードコンポーネント
- シミュレーションと実記制御をシームレスに実現するためのRTコンポーネント
- 移動ロボットのネットワーク化と制御用RTコンポーネント
- 自己拡張するRTコンポーネントの実装

コンテストを終えて

- システムを作るためのツールはRTミドルウェアコンテストでも多くみられるようになった
- 独立したツールという者が多く初心者でも使えるコンポーネントという形は少ない??

これまでの結果から見る要件の 考察

必勝法再考

- 作品のコンセプトを明確にする
 - とはいってもあなたの考えにユーザや審査員が共感してくれるとは限らない!
 - 如何にそれを伝えるかも重要
- 今後のRTミドルウェアに少しでも影響を与えるものを作ってほしい
- (+時間を作る)

Thank you for
your attention!

ロボティクスシステムデザイン 佐々木研究室
Robotics System Design Laboratory – Sasaki Lab.

<http://www.sic.shibaura-it.ac.jp/~sasaki-t/>