

KogMo-RTDB: Einfuehrung in die Realzeitdatenbasis fuer Kognitive Automobile (C3)

Matthias Goebel (RCS) <matthias.goebel*kogmo-rtdb.de>
©2006,2007 Lehrstuhl für Realzeit-Computersysteme, Technische Universität München

Version 529+

1 Einfuehrung und Anwendungsbereich

Ein Kognitives Automobil kann sich in seiner Umgebung nur sicher bewegen, wenn von der sensoriiellen Wahrnehmung (Video, Radar, Lidar) bis zur Regelung des Fahrzeugs eine schritthaltende Datenverarbeitung garantiert wird. Dazu muessen zum einen schnelle und deterministische Algorithmen effizient implementiert werden. Auf der anderen Seite muss eine Laufzeitumgebung existieren, die diesen Algorithmen die notwendigen Ressourcen wie Rechenzeit und Speicher zur Verfuegung stellt.

Im SFB/TR 28 „Kognitive Automobile“ ist es Aufgabe des Teilprojekts C3, eine realzeitfaehige Entwicklungsplattform fuer alle Wahrnehmungs-, Kommunikations-, Kooperations- und Verhaltensfunktionen zu definieren und bereitzustellen. Die Definition der zu verwendenden Hardware ist Teil eines weitem Dokuments. Die hier vorgestellte Realzeitdatenbasis ist Teil der Software dieser Plattform und dient dem transparenten Datenaustausch zwischen den Software-Modulen der jeweiligen Teilprojekte.

Die zu erfuellenden (Zeit-)Anforderungen sind grob skizziert:

- Zu erwartende Fahrzeuggeschwindigkeit: mindestens $100 \frac{km}{h}$, damit bewegt sich das Fahrzeug in der Sekunde mindestens $27.8m$.
- Zu erwartende Zykluszeit fuer Sensordaten: maximal $33.3ms$ bei einer angenommenen Videoframerate von $30 \frac{frames}{s}$
- Das Fahrzeug bewegt sich daher pro angenommenem Zyklus $1m$ fort
- Pro Zyklus sollen mindestens 100 Objekte abgefragt und aktualisiert werden koennen
- Die Datenbasis selbst soll dabei auf keinen Fall mehr als 10% der Rechenzeit beanspruchen, da ja die Hauptaufgabe des Systems die Wahrnehmung ist
- Die Datenbasis soll realzeitfaehig sein, d.h. die Antwortzeiten muessen kurz und deterministisch sein. Dies impliziert, dass zum Beispiel bei einem Speichern nicht erst Daten aufwendig konvertiert, serialisiert oder geparkt werden duerfen.
- Im Kognitiven Automobil wird es Wahrnehmungsprozesse mit unterschiedlicher zeitlicher Aufloesung geben. Die Datenbasis muss daher die verwalteten Daten fuer eine kurze Zeit zwischenspeichern um eine zeitliche Entkopplung der Prozesse zu ermoeeglichen.
- Auf die Datenbasis soll programmiersprachenunabhaengig zugegriffen werden koennen, z.B. von C, C++, Ada, Java.

2 Funktionalitaet

Die Realzeitdatenbasis dient als Framework fuer Kommunikation verschiedener TPs: Jedes Projekt kann Daten publizieren und alle koennen die Daten dann abrufen (kann man verhindern, wenn man nicht will). Der Datenbestand wird fuer eine kurze Zeit (z.B. 10 s) in einem Ringpuffer vorgehalten (die Verwaltung des Ringpuffers geschieht automatisch). Zur zeitlichen Entkopplung muss bei Abfragen der gewuenschte Zeitpunkt angegeben werden. Die zu verwaltenden Daten werden in Datenbloecke gepackt, die hier Objekte genannt werden. Dies ist aber nicht mit der objektorientierten Programmierung zu verwechseln - es existiert jedoch auch ein objektorientiertes Interface fuer die Datenbasis (s.u.).

Grundlegende Funktionen der Datenbasis:

- Neues Objekt, bestehend aus Informationsblock (Name, Besitzer, ...) und Datenblock (beliebiger Inhalt) anlegen und wieder loeschen
- Datenblock eines Objekt aktualisieren
- Nach Object mit bestimmten Attributen im Informationsblock suchen, sowie Informations- und Datenblock abrufen
- Datenblock zu einem bestimmten Zeitpunkt abrufen, sofern verfuegbar
- Auf die Aktualisierung eines Datenblocks warten („Trigger“)
- Auf das Anlegen eines bestimmten Objekts warten

Die Spezifikation der genauen Inhalte ist nicht Aufgabe von C3, dies geschieht in der QAG3. In der SAG2 wurde durch die Spezifikation von CSV-Dateien zum Datenaustausch fuer die Simulation eine sehr gute Arbeitsgrundlage gelegt. Aus den im Kopf der CSVs enthaltenen Parametern fuer einen Simulationsschritt laesst sich ein Datenblock definieren. Darueber lassen sich dann auch simulierte Daten einspielen.

3 Struktur der Daten

Jedes „Objekt“ in der Datenbasis besteht aus einem Informationsblock, der beim Eintragen des Objekts einmalig angelegt wird, und einem Datenblock, der sich periodisch aendert.

3.1 Der Informationsblock (Datencontainer/Metadata)

Der Informationsblock enthaelt die Metadaten eines Objekts, er ist wie ein „Etikett“. Er laesst sich voraussichtlich nach dem Anlegen eines Objekts nicht mehr aendern¹. Er enthaelt folgende Daten:

Inhalte des statischen Informationsblocks eines jeden Realzeit-Datenbasis-Objekts		
Datenfeldname	Datentyp	Beschreibung
Vom Benutzer vorzugebende Daten		
otype	kogmo_rtdb_objtype_t	Objekt-Typkennung
name	kogmo_rtdb_objname_t	Beliebiger Name, beginnend mit Teilprojekt, z.B. c3_test
parent_oid	kogmo_rtdb_objid_t	Objekt-ID des Vaterobjekts in einem hierarchischen Szenenbaum. 0=unverlinkt
size_max	kogmo_rtdb_objsize_t	Maximale Groesse, die ein Datencontainer annehmen kann
history_interval	float	Zeitspanne, fuer die alte Versionen von geaenderten Datencontainern in einem Ringpuffer aufgehoben werden
avg_cycletime	float	Angenommene Zykluszeit fuer Aktualisierungen des Datencontainers
max_cycletime	float	Maximale Zykluszeit
flags.read_deny	bool	1= andere Prozesse duerfen den Datencontainer nicht lesen 0= jeder darf lesen (default)
flags.write_allow	bool	1= andere Prozesse duerfen den Datencontainer aktualisieren 0= nur der Besitzer nur aktualisieren (default)
flags.unique	bool	1= Einzigartiger Objekttyp, d.h. es duerfen keine anderen Objekte dieses Typs existieren 0= beliebig viele Objekte dieses Typs (default)
Von der RTDB automatisch eingesetzte Daten		
oid	kogmo_rtdb_objid_t	Eindeutige Objekt-ID
created_ts	kogmo_timestamp_t	Zeitpunkt, zu dem das Objekt in die RTDB eingetragen wurde
created_proc	kogmo_rtdb_objid_t	Objekt-ID des Prozesses, der das Objekt in die RTDB eingetragen hat
deleted_ts	kogmo_timestamp_t	0 (Objekt wurde nicht geloescht) oder Zeitpunkt, zu dem das Objekt geloescht wurde
deleted_proc	kogmo_rtdb_objid_t	0 oder Objekt-ID des Prozesses, der das Objekt geloescht hat

Die obigen Datentypen sind in `kogmo_rtdb_types.h` definiert, der Informationsblock ist ein `kogmo_rtdb_obj_info_t` (typedef struct).

¹Problem: was tun, wenn sich der Typ eines Objekts aendert? Moegliche Alternative: Ein neues Objekt „ersetzt“ ein altes, d.h. es wird „atomar“ geloescht und neu angelegt, ausserdem wird ein Link von dem geloeschten auf das neue gesetzt

3.1.1 Suche nach Objekten

Eine Suche nach Objekten in der Datenbasis (mittels `kogmo_rtdb_obj_searchinfo()`) kann nach folgenden Kriterien geschehen:

- Name (mit der Moeglichkeit von regular Expressions)
- Objekt-ID
- Objekt-Typ
- Objekt-ID des Vaters
- Objekt-ID des Prozesses, der das Objekt eingefuegt hat
- Zeitpunkt, zu dem das Objekt existiert(e)

3.2 Der Datenblock eines Objekts (Dateninhalte)

Der Datenblock eines Objekts ist der Teil des Objekts, der sich periodisch, z.B. mit dem Videozyklus von 33ms, aendert. Die vergangenen Inhalte des Datenblocks werden ueber eine vorher spezifizierte Zeit (`history_interval`) in Ringpuffern gelagert, bevor sie ueberschrieben werden. Damit ist es moeglich, dass auch Wahrnehmungsprozesse mit einer niedrigeren Periode, z.B. 0,5 Sekunden, die angefallenen Daten auswerten, ohne dabei Daten zu verliegen oder Inkonsistenzen zu bekommen².

Um die zeitliche konsistenz bei mehreren Abfragen innerhalb eines Zyklus zu bewahren, ist es sinnvoll, sich zu Beginn des Zyklus einen Zeitstempel zu holen, und diesen fuer alle Abfragen innerhalb dieses Zyklus zu verwenden. Die RTDB liefert dann jeweils die Daten, die fuer den gegebenen Zeitpunkt gueltig waren. Diese schliesst auch die Daten von geloeschten Objekten ein: diese bleiben auch nach dem Loeschen fuer mindestens die Zeit `history_interval` in der RTDB!

Der Datenblock kann fast beliebige Daten enthalten, er muss jedoch mit folgender Struktur beginnen:

Basis-Inhalte des dynamischen Datenblocks eines jeden Realzeit-Datenbasis-Objekts		
Datenfeldname	Datentyp	Beschreibung
Vom Benutzer vorzugebende Daten		
<code>size</code>	<code>kogmo_rtdb_objsize_t</code>	Objektgroesse, mindestens die Groesse dieses Basisblocks maximal <code>size_max</code> aus dem Informationsblock
<code>data_ts</code>	<code>kogmo_timestamp_t</code>	Zeitpunkt, auf den sich die Daten beziehen, bei einem Videobild z.B. die Zeit der Aufnahme
Von der RTDB automatisch eingesetzte Daten		
<code>committed_ts</code>	<code>kogmo_timestamp_t</code>	Zeitpunkt, zu dem diese Daten in die RTDB eingetragen wurden
<code>committed_proc</code>	<code>kogmo_rtdb_objid_t</code>	Objekt-ID des Prozesses, der diese Daten in die RTDB eingetragen hat

²Die Laufzeit der Wahrnehmungsprozesse darf dabei natuerlich nicht laenger als die spezifizierte Zeit `history_interval` sein

3.3 Eigene Datenblöcke, von Teilprojekten definiert

Die einzelnen Teilprojekte können sich eigene Objekte definieren, die sich in der Definition der Inhalte der Datenblöcke unterscheiden. Voraussetzung ist, dass ein Datenblock mit obigem Basis-Datenblock beginnt. Praktisch sieht das so aus:

```
typedef struct {
    kogmo_rtdb_subobj_base_t    base;    // Basisdaten, siehe oben
    kogmo_rtdb_subobj_TP_XXXXXX_t XXXXXX; // Eigener Datenblock XXXXXX des Teilprojekts TP
} kogmo_rtdb_obj_TP_XXXXXX_t;          // Gesamt-Datenblock eines solchen Objekts
```

Wie man ein den Datenblock für ein eigenes Objekt definiert zeigt Kapitel 5

3.3.1 Suche nach Objektinhalten

Hier ist verfügbar:

- Suche nach Daten, die zu einem gegebenen Zeitpunkt zuletzt geschrieben wurden (d.h. nach committed_ts)
- Suche nach Daten, deren Datenzeitstempel jünger als ein gegebener ist
- Suche nach Daten, deren Datenzeitstempel älter als ein gegebener ist

4 Uebersicht ueber das API der Datenbasis

Alle (C-)Funktionen liefern im Fehlerfall einen negativen Wert.
Die C++-Klassen werfen einen DBError.

4.1 Verbindung auf- und abbauen

Die Informationen ueber die beabsichtigte Verbindung werden erst in ein `kogmo_rtdb_connect_info_t dbinfo` eingetragen:

```
kogmo_rtdb_connect_initinfo (&dbinfo, "", "a2_roadtracker_example", 0.033)
```

`a2_roadtracker_example` ist der beabsichtigte eigene Prozessname, `0.033` die geschaetzte Prozesszykluszeit (wird spaeter verwendet, um tote Prozesse zu finden).

`kogmo_rtdb_connect (&dbc, &dbinfo)` baut nun die Verbindung auf und traegt den eigenen Prozess ein. Das Handle `kogmo_rtdb_handle_t *dbc` wird nun fuer alle weiteren Anfragen benutzt (dann ohne `&`).

Den Verbindungsabbau erledigt `kogmo_rtdb_disconnect(dbc, NULL)`.

In C++ geschieht der Verbindungsaufbau so, ein Abbau ist nicht noetig:
`RTDBConn dbc("a2_roadtracker_example_cxx", 0.033, "")`

4.2 Objekte hinzufuegen, suchen und loeschen

Durch das Einfuegen eines Objekte wird ein „Datencontainer“ mit einem „Etikett“ erstellt. Das Etikett enthaelt die (z.Zt. noch) unveraenderlichen Metadaten eines Objekts, wie ID, Name, Typ, Maximal-Containergrosse, Erstellungszeit und Besitzerprozess.

Die Datencontainer werden dann z.B. mit `kogmo_rtdb_obj_writedata()` (s.u.) beschrieben. Dabei wird eine Kurzzeit-Historie mit den letzten Veraenderungen in einem Ringpuffer gehalten. Die dabei notwendigen Locking-Mechanismen sind Teil der Datenbasis.

- `kogmo_rtdb_obj_info_t`: Struct, das Object-Metadaten enthaelt (Etikett)
- `kogmo_rtdb_obj_initinfo()`: Objekt-Metadaten initialisieren (Etikett saubermachen)
- `kogmo_rtdb_obj_insert()`: Objekt anlegen (Erstellt neues Objekt mit den Daten des Etiketts, legt Datencontainer fuer zukuenftige Inhalte an)
- `kogmo_rtdb_obj_delete()`: Objekt loeschen (Loescht das Objekt, dessen Etikett, und alle Datencontainer). Aber nicht sofort: je nach History-Tiefe bleiben die Inhalte noch ein paar Sekunden in der Datenbasis und koennen mit einem Zeitstempel der Vergangenheit noch referenziert werden. Damit kann man langsamen Wahrnehmungsprozessen nicht die Daten unter dem Hintern wegziehen.
- `kogmo_rtdb_obj_readinfo()`: Objekt-Metadaten zu einer ID holen

- `kogmo_rtdb_obj_searchinfo()`: Objekte mit bestimmten Metadaten (UND-Verknuepfung) suchen und ersten Treffer oder als Liste von IDs zurueckgeben.
- `kogmo_rtdb_obj_searchinfo_wait()`: Objekt(e) suchen. Wenn nicht vorhanden, warten, bis ein anderer Prozess ein solches Objekt anlegt.
- `kogmo_rtdb_obj_dumpinfo_str()`: Objekt-Metadaten in einen String packen.

4.3 Objektinhalte schreiben, lesen und durchsuchen

Wenn man nun einen Container angelegt oder gefunden hat, hat man nun eine eindeutige Objekt-ID (OID), die dieses referenziert.

- `kogmo_rtdb_obj_initdata()`: Damit wird ein lokaler Container initialisiert, den man dann beschreiben kann.
- `kogmo_rtdb_obj_writedata()`: Damit wird der Inhalt des lokalen Containers in die Datenbank kopiert.
- `kogmo_rtdb_obj_readdata()`: Damit wird der Inhalt eines Containers aus der Datenbank in den lokalen Containers kopiert.

Jeder Objektcontainer hat 2 Zeitstempel: Einen Commit-Timestamp, der eher die Datenbank interessiert, und einen Data-Timestamp, der den Zeitpunkt der Datenentstehung haben sollte, bei einem Bild z.B. der Aufnahmezeitpunkt. Der Commit-Timestamp wird automatisch beim Schreiben von Daten eingefuegt, um den Data-Timestamp muss sich die Applikation selbst kuemmern: Wenn die Bilddaten verarbeitet sind, sollte das Ergebnis ebenfalls den Aufnahmezeitpunkt als Data-Timestamp haben. An der Differenz der Commit-Timestamps sieht man, wie lange die Applikationen gerechnet haben.

Da sich der Inhalt der Datenbasis fortwaehrend aendert, ist es wichtig mit konsistenten Daten zu rechnen. Daher muss man zu jeder Anfrage einen Timestamp mitgeben (bei „0“ wird fuer Faulpelze die aktuelle Zeit eingesetzt).

`kogmo_rtdb_obj_readdata()` bezieht sich auf den Commit-Timestamp, d.h. den letzten Datensatz, der zum gegebenen Zeitpunkt aktuell war.

Achtung: Wenn man auf ein Objekt mit `kogmo_rtdb_obj_searchinfo_wait()` gewartet hat, sollte man mit `kogmo_rtdb_obj_readdata_waitnext()` das erste mal darauf zugreifen, da sich der Ersteller des Objekts zwischen dem `kogmo_rtdb_obj_insert()` und dem ersten `kogmo_rtdb_obj_writedata()` beliebig Zeit lassen kann und es sehr wohl erlaubt ist, dass die Metadaten da sind aber (noch) keine Daten.

- `kogmo_rtdb_obj_readdata_older()`: Liefert den Datensatz, dessen Data-Timestamp weiter in der Vergangenheit liegt als der gegebene.
- `kogmo_rtdb_obj_readdata_younger()`: Liefert den Datensatz, dessen Data-Timestamp weiter in der Zukunft liegt als der gegebene.

- `kogmo_rtdb_obj_readdata_waitnext()`: Wartet darauf, dass ein anderer Prozess den Datensatz aktualisiert (schreibt) und liefert ihn dann.

Die obigen Funktionen kopieren ihre Daten; Funktionen, die auf die Datenbasis direkt, ohne Kopie zugreifen werden bald freigegeben.

4.4 Prozesssynchronisation

`kogmo_rtdb_cycle_done`: Sollte von jedem Prozess am Ende jedes Zyklus aufgerufen werden. Andere Prozesse koennen dann ein `kogmo_rtdb_obj_readdata_waitnext()` auf das Prozess-Objekt machen und werden dann aufgeweckt, wenn der Prozess fertig ist.

Alternativ kann man auf die Aenderung eines bestimmten Daten-Objektes warten. Dabei wird es wichtig, in welcher Reihenfolge der zeitlich fruhere Prozess seine Objekte aktualisiert. Dies ist Vereinbarungssache zwischen den Teilprojekten, im Laufe des SFBs wird es sich zeigen, ob ein „bulk-commit“ ueber mehrere Objekte auf einmal notwendig wird.

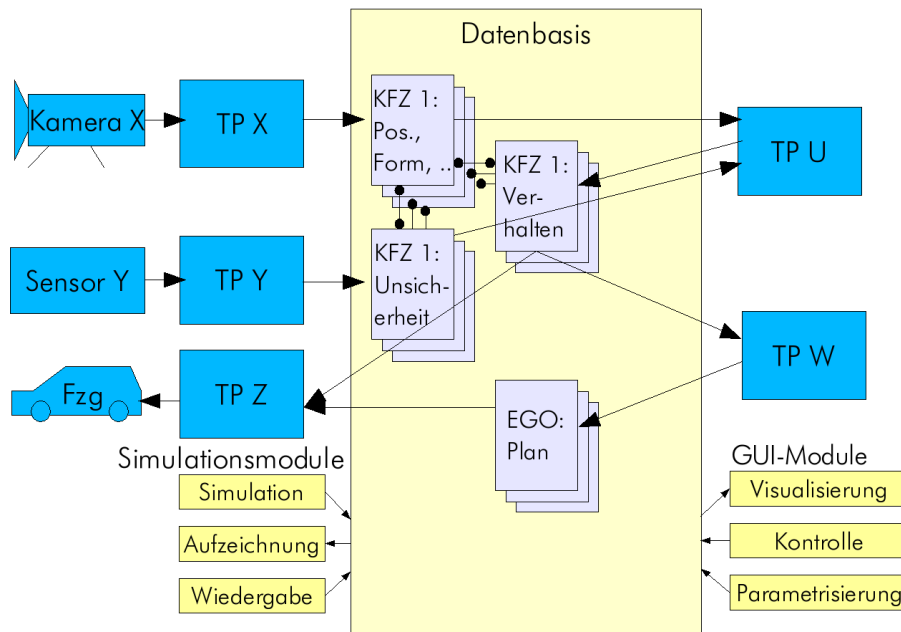


Abbildung 1: Skizze der Datenbasis

5 Erweiterung um ein neues Datenobjekt

1. Die Datei `objects/kogmo_rtdb_obj_typeids.h` editieren und die Typliste um eigenen Objekttyp ergaenzen und eigene Includes hinzufuegen:

```
enum kogmo_rtdb_objtype {
...
    // A2: Spurdaten nach Klothoidenmodell, erste Version:
    KOGMO_RTDB_OBJTYPE_A2_ROADKLOTH_V1 =    0xA20101,
...
};
...
// A2:
#include "kogmo_rtdb_obj_a2.h"
...
```

2. Wir gehen aus von der CSV-Beschreibung (`A2_fahrspur.csv`):

```
# Spezifikations-Datei A2_Spec_Fahrspur.txt V 0.0 (RCS/TAS)
# Eigenfahrspur als Klothoide modelliert.
time[ns];n[];l_0[m];c0_0[rad/m];c1_0[rad/m^2];b0_0[m];b1_0[m/m];l_1[m];c0_1[rad/m];c1_1[rad/m^2];b0_1[m];b1_1[m/m];...
114969163000000000;5;100.0;0.0;0.0;3.80;0.0;100;0.0;1.0e-4;3.80;0.0;100;1.0e-2;0.0;3.80;0.0;25;1.0e-2;-4.0e-4;3.80;...
...
```

3. Die Datei `kogmo_rtdb_obj_a2.h` erstellen:

```
/*! \addtogroup kogmo_rtdb_objects */ /*@{*/
//! Maximalanzahl der Segmente im folgenden Klothoidenmodell
#define A2_ROADKLOTH_SEGMAX 5

/*! \brief Eigenfahrspur als Klothoide modelliert
 * Modellbeschreibung wie folgt/zu finden in: ...
 */
typedef struct
{
    int n;
    /*!< Anzahl der Segmente (d.h. wieviele Eintraege der folgenden Arrays
    /*!< gueltig sind)
    float l [A2_ROADKLOTH_SEGMAX];
    /*!< Segmentlaenge
    float c0 [A2_ROADKLOTH_SEGMAX];
    /*!< Kruemmung
    float c1 [A2_ROADKLOTH_SEGMAX];
    /*!< Kruemmungsaenderung
    float b0 [A2_ROADKLOTH_SEGMAX];
    /*!< Breite
    float b1 [A2_ROADKLOTH_SEGMAX];
    /*!< Breitenaeenderung
} kogmo_rtdb_subobj_a2_roadkloth_t;

/*! \brief Vollstaendiges Objekt mit Spurdaten
 */
typedef struct
{
    kogmo_rtdb_subobj_base_t base;
    /*!< Basisdaten
    kogmo_rtdb_subobj_c3_sixdof_t sixdof;
    /*!< Relativpostion zum projizierten Fahrzeug-Schwerpunkt-Koordinatensystem (K_CGP)
    kogmo_rtdb_subobj_a2_roadkloth_t roadkloth;
    /*!< Die Daten des eigentlichen Klothoidenmodells
} kogmo_rtdb_obj_a2_roadkloth_t;
```

4. In der Datei `kogmo_rtdb_obj_a2_funcs.h` koennte man Funktionen definieren, die (unter C) auf diesen Daten arbeiten. Im einfachsten Fall koennte hier eine Funktion definiert sein, die die Daten in eine Textform bringt („dump“).

Dann muss man `objects/kogmo_rtdb_obj_funcs.h` ergaenzen:

```
...
// A2:
#include "kogmo_rtdb_obj_a2_funcs.h"
...
```

5. In der Datei `kogmo_rtdb_obj_a2_classes.h` koennte man nun Klassen definieren, die diese Daten in eine Klasse packen („wrappen“) und inline definiert sind (damit bleibt das Interface „C“).

Dann muss man `objects/kogmo_rtdb_obj_classes.hxx` ergaenzen:

```
...
// A2:
#include "kogmo_rtdb_obj_a2_classes.hxx"
...
```

6 Beispiel: Ein Objekt anlegen und periodisch aktualisieren

```
#include <stdio.h> /* printf */
#include <unistd.h> /* sleep,getpid */
#include <math.h> /* sin,cos */
#include "kogmo_rtdb.h"

#define DIEonERR(value) if (value<0) { \
    fprintf(stderr,"%i DIED in %s line %i with error %i\n",getpid(),__FILE__,__LINE__,-value);exit(1);}

int
main (int argc, char **argv)
{
    kogmo_rtdb_handle_t *dbc;
    kogmo_rtdb_connect_info_t dbinfo;
    kogmo_rtdb_obj_info_t roadobj_info;
    kogmo_rtdb_obj_a2_roadkloth_t roadobj;
    kogmo_rtdb_objid_t oid;
    int err, i, imax;

    // Verbindung zur Datenbasis aufbauen, unsere Zykluszeit is 33 ms
    err = kogmo_rtdb_connect_initinfo (&dbinfo, "", "a2_roadtracker_example", 0.033); DIEonERR(err);
    oid = kogmo_rtdb_connect (&dbc, &dbinfo); DIEonERR(oid);

    // Object fuer Fahrspur erstellen
    err = kogmo_rtdb_obj_initinfo (dbc, &roadobj_info,
        "a2_eigenfahrspur", KOGMO_RTDB_OBJTYPE_A2_ROADKLOTH_V1, sizeof (roadobj)); DIEonERR(err);
    oid = kogmo_rtdb_obj_insert (dbc, &roadobj_info); DIEonERR(oid);

    // Datenobjekt initialisieren
    err = kogmo_rtdb_obj_initdata (dbc, &roadobj_info, &roadobj); DIEonERR(err);

    // Fixe Werte eintragen
    roadobj.sixdof.x      = 2.5;
    roadobj.sixdof.y      = 0;
    roadobj.sixdof.z      = -0.5;
    roadobj.sixdof.yaw    = 0;
    roadobj.sixdof.pitch  = 0;
    roadobj.sixdof.roll   = 0;

    imax = 100; // demo
    for ( i=1; i<=imax; i++ )
    {
        // Von welchem Zeitpunkt sind die Daten?
        roadobj.base.data_ts = kogmo_timestamp_now();
        // Nun die eigentlichen Daten (Achtung: sinnlos! Nur zur Demo!)
        roadobj.roadkloth.n=1; // nur ein Klothoidensegment
        roadobj.roadkloth.l[0] = 1.5; // Beispieldaten, die sich aendern...
        roadobj.roadkloth.c0[0] = 10.0*i;
        roadobj.roadkloth.c1[0] = 10.0/i;
        roadobj.roadkloth.b0[0] = sin((float)i/imax);
        roadobj.roadkloth.b1[0] = cos((float)i/imax);

        // Daten schreiben
        err = kogmo_rtdb_obj_writedata (dbc, roadobj_info.oid, &roadobj); DIEonERR(err);

        sleep (1); // Zykluszeit 1s zur Demo
    }

    err = kogmo_rtdb_obj_delete (dbc, &roadobj_info); DIEonERR(err);
    err = kogmo_rtdb_disconnect (dbc, NULL); DIEonERR(err);
    return 0;
}
```

7 Beispiel: Ein Objekt finden und dessen Aenderungen verfolgen

```
/*! \file kogmo_rtdb_reader.c
 * \brief Example for reading from the RTDB
 *
 * Copyright (c) 2005,2006 Matthias Goebel <matthias.goebel*goebel.net>
 * Lehrstuhl fuer Realzeit-Computersysteme (RCS)
 * Technische Universitaet Muenchen (TUM)
 */

#include <stdio.h> /* printf */
#include <unistd.h> /* getpid */
#include "kogmo_rtdb.h"

#define DIEonERR(value) if (value<0) { \
    fprintf(stderr,"%i DIED in %s line %i with error %i\n",getpid(),__FILE__,__LINE__,-value);exit(1);}

int
main (int argc, char **argv)
{
    kogmo_rtdb_handle_t *dbc;
    kogmo_rtdb_connect_info_t dbinfo;
    kogmo_rtdb_obj_info_t roadobj_info;
    kogmo_rtdb_obj_a2_roadkloth_t roadobj;
    kogmo_rtdb_objid_t oid;
    int err;

    // Verbindung zur Datenbasis aufbauen, unsere Zykluszeit is 33 ms
    err = kogmo_rtdb_connect_initinfo (&dbinfo, "", "a2_roadviewer_example", 0.033); DIEonERR(err);
    oid = kogmo_rtdb_connect (&dbc, &dbinfo); DIEonERR(oid);

    // Auf Object fuer Fahrspur warten
    oid = kogmo_rtdb_obj_searchinfo_wait (dbc, "a2_eigenfahrspur",
        KOGMO_RTDB_OBJTYPE_A2_ROADKLOTH_V1, 0, 0); DIEonERR(oid);

    // Infoblock des Objektes holen und anzeigen
    err = kogmo_rtdb_obj_readinfo (dbc, oid, 0, &roadobj_info); DIEonERR(err);
    printf("rel K_CGP: x=%f, y=%f, z=%f, yaw=%f, pitch=%f, roll=%f\n",
        roadobj.sixdof.x, roadobj.sixdof.y, roadobj.sixdof.z,
        roadobj.sixdof.yaw, roadobj.sixdof.pitch, roadobj.sixdof.roll);

    while (1)
    {
        kogmo_timestamp_string_t timestring;
        err = kogmo_rtdb_obj_readdata_waitnext (dbc, oid, roadobj.base.committed_ts, &roadobj, sizeof(roadobj)); DIEonERR(err);
        kogmo_timestamp_to_string(roadobj.base.data_ts, timestring);
        printf("%s: l=%f, c0=%f, c1=%f, b0=%f, b1=%f,...\n", timestring,
            roadobj.roadkloth.l[0], roadobj.roadkloth.c0[0], roadobj.roadkloth.c1[0],
            roadobj.roadkloth.b0[0], roadobj.roadkloth.b1[0]);
    }

    err = kogmo_rtdb_disconnect(dbc, NULL); DIEonERR(err);

    return 0;
}
```

8 Beispiel in C++: Ein Objekt anlegen und periodisch aktualisieren

```
#include <iostream>
using namespace std;

#include "kogmo_rtdb.hxx"
using namespace KogniMobil;

int
main (int argc, char **argv)
{
try {

    // Verbindung zur Datenbasis aufbauen, unsere Zykluszeit is 33 ms
    RTDBConn DBC("a2_roadtracker_example_cxx", 0.033, "");

    // Object fuer Fahrspur erstellen
    A2_RoadKloth Road(DBC, "a2_eigenfahrspur");
    Road.RTDBInsert();

    // Datenobjekt initialisieren
    Road.setSixDoF (2.5, 0, -0.5, 0, 0, 0);

    int i, imax = 100; // demo
    for ( i=1; i<=imax; i++ )
    {
        // Von welchem Zeitpunkt sind die Daten?
        Road.setTimestamp();
        // Nun die eigentlichen Daten (Achtung: sinnlos! Nur zur Demo!)
        Road.setNumKlothSegs (1); // nur ein Klothoidensegment
        Road.setKlothSeg ( 1, // Beispieldaten, die sich aendern...
            1.5, 10.0*i, 10.0/i, sin((float)i/imax), cos((float)i/imax) );

        // Daten schreiben
        Road.RTDBWrite();

        sleep (1);
    }

    return 0;
}
catch(DBError err)
{
    cout << "Died on Error: " << err.what() << endl;
    return 1;
}
};
```

9 Beispiel in C++: Ein Objekt finden und dessen Aenderungen verfolgen

```
#include <iostream>
using namespace std;
#include "kogmo_rtdb.hxx"
using namespace KogniMobil;

int
main (int argc, char **argv)
{
try {

    // Verbindung zur Datenbasis aufbauen, unsere Zykluszeit is 33 ms
    RTDBConn DBC("a2_roadtracker_example_cxx", 0.033, "");

    // Auf Object fuer Fahrspur warten
    A2_RoadKloth Road(DBC);
    Road.RTDBSearchWait("a2_eigenfahrspur");

    while (1)
    {
        Road.RTDBReadWaitNext();
        cout << Road;
        cout << "Kruemmung des 1. Segments ist " << Road.getKlothSegC0(1) << endl;
    }
}
catch(DBError err)
{
    cout << "Died on Error: " << err.what() << endl;
    return 1;
}
};
```

10 Beispiel in C++: Ein Klasse fuer das Road-Modell

```
namespace KogniMobil {
class A2_RoadKloth : public C3_SixDoF
{
protected:
    kogmo_rtdb_subobj_a2_roadkloth_t *objroadkloth_p;
    A2_RoadKloth ( const A2_RoadKloth& ); // disable copy-constructor
public:
    A2_RoadKloth (class RTDBConn& DBC,
                  const char* name = "",
                  const int& otype = KOGMO_RTDB_OBJTYPE_A2_ROADKLOTH_V1,
                  const int32_t& child_size = 0, char** child_dataptr = NULL)
        : C3_SixDoF (DBC, name, otype, sizeof(kogmo_rtdb_subobj_a2_roadkloth_t) +
                    child_size, (char*)&objroadkloth_p)
    {
        // Pass a Pointer pointing right after the base data to our child
        if ( child_size && child_dataptr != NULL )
            *child_dataptr = (char*)objroadkloth_p + sizeof (kogmo_rtdb_subobj_a2_roadkloth_t);
        // Init Data..
        objroadkloth_p->n = 0;
    }

    void setKlothSeg (const int& n, const float& l, const float& c0,
                     const float& c1, const float& b0, const float& b1)
    {
        if ( n > objroadkloth_p -> n || n < 1 )
            throw DBError(-KOGMO_RTDB_ERR_INVALID);
        objroadkloth_p -> l [n-1] = l;
        objroadkloth_p -> c0[n-1] = c0;
        objroadkloth_p -> c1[n-1] = c1;
        objroadkloth_p -> b0[n-1] = b0;
        objroadkloth_p -> b1[n-1] = c1;
    }

...
    float getKlothSegC0 (const int& n)
    {
        if ( n > objroadkloth_p -> n || n < 1 )
            throw DBError(-KOGMO_RTDB_ERR_INVALID);
        return objroadkloth_p ->c0 [n-1];
    }

...
    std::string dump (void) const
    {
        std::ostringstream ostr;
        ostr << "* Road Model Parameters:" << std::endl;
        for (int i=0; i < objroadkloth_p -> n; i++)
            {
                ostr << "Segment " <<i <<":"
                    << " l=" << objroadkloth_p -> l [i]
                    << " c0=" << objroadkloth_p -> c0 [i]
                    << " c1=" << objroadkloth_p -> c1 [i]
                    << " b0=" << objroadkloth_p -> b0 [i]
                    << " b1=" << objroadkloth_p -> b1 [i] << std::endl;
            }
        return C3_SixDoF::dump() + ostr.str();
    };
};

inline std::ostream& operator<< (std::ostream& out, const A2_RoadKloth& O)
{
    return out << std::endl << O.dump() << std::endl;
};
}; /* namespace KogniMobil */
```