

Bitte bereiten Sie diese Praktikumsaufgabe für den 4. Termin vor.  
Für die Realisierung sind die zwei Termine – 4 und 5 – vorgesehen.

### **Übersicht:**

**Ziel:** Praktische Anwendung des CAN-Protokolls auf die verteilte Umgebung einer Fahrzeugsimulation

**Aufgabe:** Vier Fahrzeug-Subsysteme werden von je einer Gruppe in C/C++ realisiert und über CAN zu einem funktionsfähigen Gesamtsystem vernetzt und getestet.

**Termin 1:** Einführung in die Entwicklungsumgebung (LINUX, snavigator, GNU-gcc) und Verteilung der Teilaufgaben (Subsysteme) auf einzelne Gruppen.

**Termin 2:** Vorführung des Gesamtsystems, Diskussion und Testat.

Mit der Aufgabenstellung steht in Anlage eine lauffähige Demo-Version zur Verfügung,  
s. Anlage.

**Jede Gruppe soll nur eines der unten beschriebenen Subsysteme realisieren!**

Eine enge Absprache und Zusammenarbeit der Gruppen ist daher ausdrücklich erwünscht.

### **Beschreibung der Entwicklungsumgebung:**

Im Labor stehen fünf mit einer CAN-Karte ausgerüstete und fertig konfigurierte PC's unter LINUX zur Verfügung. Empfohlen wird die Verwendung der IDE 'snavigator' mit dem 'gnu'-Compiler und dem 'insight'-Debugger.

Alle PC's sind über einen CAN-Bus miteinander verbunden. Am CAN-Bus hängt ferner ein Combi-Instrument aus dem Mercedes S-Klasse Cockpit. Hiervon wird mindestens die Geschwindigkeits- und Drehzahlanzeige verwendet.

Es stehen fertige Hilfsprogramme zum Senden und Empfangen von CAN-Nachrichten zur Verfügung.  
(Achtung: der CAN-Controller empfängt nicht die selbst gesendeten Nachrichten)

### **Anforderung und Parameter:**

Das System bestehe aus 4 Komponenten + Anzeigeelement (Combi)

- Das Combi-Instrument sendet zyklisch zwei Zeittakte alle
  - 20 ms
  - 100 ms
- Fahrersimulation über Tastatur
  - Gas (fuel)
    - + mehr Gas, Erhöhung um Schrittweite
    - - weniger Gas, Erniedrigung um Schrittweite
    - i (idle) Leerlauf-Gas (Kraftstoff Mindestmenge, fuel = idle)
    - k (kick-down) Vollgas (fuel = full)
    - o (off) Motor aus (Gas = 0)
  - Gangschaltung ( Gang 1 bis 5, Leerlauf = 0)
    - u (up) einen Gang höher
    - d (down) einen Gang niedriger
    - n (neutral) Leerlauf
  - Bremse
    - B (brake)
- Motor
  - Die Mindestdrehzahl r ist 600 rpm
    - unterhalb 500 rpm bleibt der Motor stehen
  - Die Höchstdrehzahl ist 6000 rpm (Beginn roter Bereich)

- Der Motor erzeugt abhängig von der Drehzahl  $r$  [1/min = rpm] und der Kraftstoffmenge (fuel) ein Drehmoment  $M$  [Nm = Newton meter], welches durch das Getriebe in eine Kraft  $F$  [N = Newton] umgesetzt wird.
- Höchstes Drehmoment bei Vollgas und 5500 rpm erreicht:  $M_{5500,full} = 310$  Nm
- Drehmoment fällt auf 0 bei 6400 rpm:  $M_{6400,full} = M_{6400, idle} = 0$  Nm
- Die Drehmomente bei Leerlaufdrehzahl seien:  
 $M_{600, idle} = 20$  Nm,  $M_{600, full} = 80$  Nm
- Zwischen diesen Eckpunkten soll das Drehmoment in Abhängigkeit von der Drehzahl  $r$  und der Kraftstoffmenge genähert und interpoliert werden:
  - Obere Hüllgeraden für Vollgas (fuel = full) aus drei Punkten:  
 $M_{600, full} = 80$  Nm,  $M_{5500,full} = 310$  Nm und  $M_{6400,full} = 0$  Nm
  - untere Hüllgerade für Standgas (fuel = idle)  
 $M_{600, idle} = 20$  Nm und  $M_{6400, idle} = 0$  Nm
  - dazwischen soll für  $M$  für fuel = idle und fuel = full linear interpoliert werden.
- Eckdaten ggf. in der Konfigurationsdatei 'ERTSconfig.h' ändern/ergänzen
- Getriebe
  - Übersetzungsverhältnisse 1:i für Gang  $g \in \{1, \dots, 5\}$   
 $i \in \{10.43, 6.13, 4.14, 2.91, 2.28\}$
  - Der Zusammenhang von Geschwindigkeit  $v$  und Drehzahl  $r$  ergibt sich aus:  
(Gl.1a)  $r = c_{rv} * v * i$  [km/h], mit der Konstanten  $c_{rv} = 10$ . [1/min \* h/km]  $\Leftrightarrow$   
(Gl.1b)  $v = r / (c_{rv} * i)$  [1/min]
  - Für das Anfahren bei  $v = 0$  im 1. Gang ist eine automatische Kupplung zu simulieren, um ein Abwürgen des Motors zu verhindern.
- Fahrzeug und Fahrzeugeigenschaften
  - Die Masse des Fahrzeugs beträgt  $m = 1700$  kg
  - Auf das Fahrzeug wirken die folgenden Kräfte in [N = Newton]:
    - Rollwiderstand  $F_R = -184$  N für  $v > 0$ ,  $F_R = 0$  für  $v = 0$
    - Luftwiderstand  $F_L$  ist abhängig von dem Quadrat der Geschwindigkeit:  
(Gl.2)  $F_L = -c_w * v^2$ ;  $v$  in [m/s],  $c_w = 0.25$  N \* s<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>
    - Antriebskraft  $F_A$  aus Übersetzungsverhältnis  $i$  und Drehmoment  $M$   
(Gl.3)  $F_A = M * i * c_A$ ; mit der Konstanten  $c_A = 3.4 * 1/m$
  - Die Beschleunigung  $a$  berechnet sich  $F = m * a \Leftrightarrow a = F / m$  (Gl.4), wobei  
(Gl.5)  $F = F_R + F_L + F_A$
  - Die Beschleunigung  $a$  bedeutet die Geschwindigkeitsänderung aus Gl.4  
 $a = dv / dt$ . Die Geschwindigkeitsänderung in einen Zeitintervall  $\Delta t$  ergibt  
 $\Delta v = a * \Delta t = F/m * \Delta t$   
Dies ergibt im Zeitintervall  $\Delta t$  (20ms oder 100ms vom Combiinstrument) die Geschwindigkeit  $v_{n+1}$  zum Zeitpunkt  $t_{n+1}$  aus der Geschwindigkeit  $v_n$  zum Zeitpunkt  $t_n$  und der Kraft  $F$ :  
(Gl.6)  $v_{n+1} = F/m * \Delta t + v_n$  mit  $v$  in [m/s]!

### Aufgabe 1:

- a) Machen Sie sich mit der Entwicklungsumgebung vertraut.
- b) Verstehen und testen Sie das Beispielprogramm 'ertsdemo.cpp'
- c) Sprechen Sie die Teilaufgaben und Subsysteme untereinander ab.
- d) was muss man beachten, damit Ihre Entwicklung leicht und schnell an andere Fahrzeugparameter angepasst werden kann?
- e) Skizzieren Sie die Subsysteme (z.B. an der Tafel) und vereinbaren Sie die Nachrichten, welche untereinander ausgetauscht werden sollen. Achten Sie dabei besonders auf das Datenformat der Informationen und die physikalischen Einheiten, z.B. [m/s], [km/h] etc.
- f) Benutzen Sie einen der Systemtakte zur Synchronisation der Subsysteme!

**Aufgabe 2:**

- a) Übersicht über Gesamtsystem, Aufgabe/Verantwortung der Subsysteme und Nachrichten. Kann gemeinsam abgegeben werden.
- b) Übersicht über Ihr Subsystem
- c) Bringen Sie alle Subsysteme zusammen, testen Sie und führen Sie die Simulation des Fahrzeugs gemeinsam vor.
- d) Diskussion der Vorgehensweise und (Teil-)Lösungen

(→ Testat)

**Aufgabe 3:** (nicht für Testat erforderlich, jedoch Diskussion und ggf. Lösungsansätze in Termin 2 erwünscht):

Betrachten Sie mögliche Erweiterungen des Systems, beispielsweise

- a) Bremse. Wie kann diese in das System eingefügt werden?
- b) Einführung einer drehzahlabhängigen Motorreibung (was passiert im Leerlauf, wenn man die Treibstoffmenge erhöht? Ist Motorbremse möglich?)
- c) dynamische Änderung der Fahrumgebung (Bergauf-, Bergab-Fahrt)
- d) Änderung verschiedener Parameter (Drehmoment, CW-Wert, Übersetzungsverhältnisse etc.)
- e) Verbrauchsanzeige (auf einem Monitor, zB. der Fahrersimulation)

Viel Spaß und Erfolg!

**Anlagen:**

Programm-Beispiel zur Vorbereitung:

**ertsdemo.cpp:** voll funktionsfähige Demo mit einfacher Simulation

**kbhit.c, kbhit.h:** nonblocking Eingabe von Tastatur unter Linux

**ERTSconfig.h:** CAN-Id's, Parameter etc.

und weitere Dateien.

Nur die zur Vorbereitung benötigten Dateien sind beigelegt, weitere und notwendige Includes sind auf der Entwicklungsumgebung vorhanden.

**Quellen und Hinweise:**

[1] [https://wiki.h-da.de/fbi/technische-systeme/index.php/Ansteuerung\\_des\\_Mercedes\\_Kombi\\_Instruments](https://wiki.h-da.de/fbi/technische-systeme/index.php/Ansteuerung_des_Mercedes_Kombi_Instruments)

[2] [https://wiki.h-da.de/fbi/technische-systeme/index.php/Automobile\\_Sensorik\\_und\\_Anbindung\\_an\\_den\\_Fahrzeugbus](https://wiki.h-da.de/fbi/technische-systeme/index.php/Automobile_Sensorik_und_Anbindung_an_den_Fahrzeugbus)

[3] <http://www.peak-system.com/>