

# Le réseau FlexRay Comparaison avec TTP/C

Nicolas NAVET

INRIA Lorraine - projet TRIO

<http://www.loria.fr/~nnavet>

Certaines images de cet exposé proviennent de :

- [1] Slides FlexRay WorkShop 2002/2003

## Plan de l'exposé

---

1. Présentation du protocole de niveau Medium Access Control de FlexRay
2. Comparatif des services / fonctionnalités liées à la Sûreté de Fonctionnement entre FlexRay et TTP/C

# FLEXRAY

- Développé par un consortium issu de l'automobile (BMW, DC, Bosch, GM, Motorola, Philips)
- Spécification en cours et non publique...
- Objectif : répondre aux besoins nouveaux des applications des domaines **châssis et propulsion**
- Caractéristiques techniques :
  - concilie communication **Time-Triggered et Event-Triggered**
  - prise en compte des **besoins spécifiques de l'automobile**
  - spécifie essentiellement les **services de niveau MAC** (cf. CAN) – services pour la SdF laissés à des couches supérieures

⇒ un autre candidat pour le X-By-Wire ..

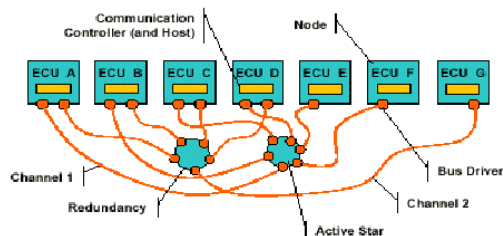
16/01/2004

N. Navet - GDR STRQDS

3

## Topologie du réseau / couche physique

- Bus simple ou redondant – possibilité d'être connecté sur un seul des supports physiques ( $\neq$ TTP/C)
- Bus ou étoile(s) (=TTP/C)



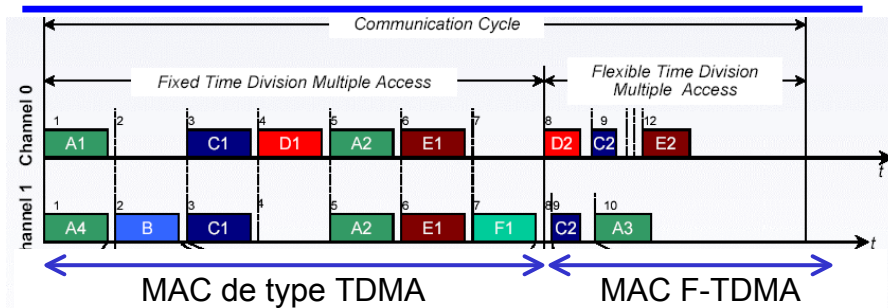
- Couche physique optique ou électrique (=TTP/C)
- Débit : entre 500kbit/s et 10Mbit/s ( $<$ TTP/C)

16/01/2004

N. Navet - GDR STRQDS

4

# Présentation du MAC



- Le cycle de communication est activé périodiquement, sa durée est inférieure à 64ms
- 3 modes de fonctionnement: **statique pure, dynamique pure, mixte statique/dynamique**
- **Format des trames:** identificateur de 12 bits, au plus 254 octets de données et 35 bits de CRC ( $\neq$ TTP/C, format précis non-spécifié mais pas d'identificateur)

16/01/2004

N. Navet - GDR STRQDS

5

## Segment statique (TDMA)

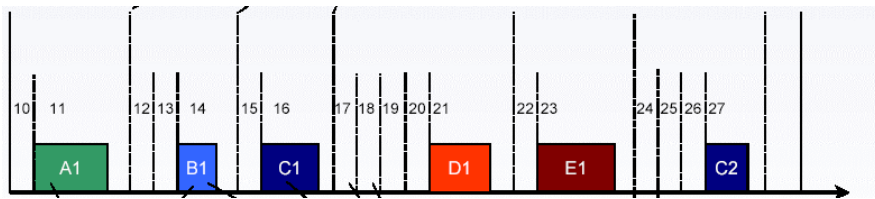
- Les slots ont **tous la même taille** définie en fonction de la taille max d'une trame ( $\neq$ TTP/C)
- Une même station peut obtenir **plusieurs slots par segment statique** (jusque 16,  $\neq$ TTP/C)
- Un seul segment statique ( $\neq$ TTP/C)
- **Au plus 4095 slots** dans le segment statique ( $\neq$ TTP/C)
- Existence d'un **gardien de bus** ( $=$ TTP/C)
- Les nodes sont **informées du «MEDL» au startup** ( $\neq$ TTP/C)
- Des slots peuvent être laissés libres pour des extensions futures ( $=$ TTP/C)

16/01/2004

N. Navet - GDR STRQDS

6

## Segment dynamique (F-TDMA) 1/2



- Chaque station possède un ou des identificateurs uniques sur l'ensemble du système (=CAN)
- A chaque identificateur est assigné un intervalle de temps (mini-slot) dans lequel la transmission de la trame correspondante peut commencer
- Les intervalles sont alloués dans l'ordre des identificateurs

## Segment dynamique (F-TDMA) 2/2

- Si redondance des canaux, les choix de transmettre ou non peuvent être différents sur chacun des canaux
- Des transmissions successives d'une trame de même identificateur peuvent être de tailles différentes
- Pas de retransmission si erreur ( $\neq$  CAN)
- Le segment dynamique se termine après une durée prédéterminée même si toutes les trames ne sont pas transmises
- Pas de gardien de bus dans le segment dynamique

➤ Sous certaines hypothèses sur le trafic, il est possible de calculer des pires temps de réponse (= CAN)

## Conclusions sur le MAC

---

- Meilleure utilisation de la bande passante que TTP/C d'où des débits moins élevés et des CPUs moins coûteux
- Réutilisation aisée d'applications Event-Triggered développées sur CAN
- Services spécifiques à l'automobile comme l'endormissement et le réveil des stations
- Grande flexibilité !

FlexRay	TTP/C
Redondance partiel au niveau médium	Changements de mode de marche
Trafic dynamique	Utiliser une partie des données pour du trafic dynamique
Formation des rounds	

16/01/2004

N. Navet - GDR STRQDS

9

## Caractéristiques / Services influant sur la Sûreté de Fonctionnement

Analyse des protocoles selon le modèle:

- Couche physique
- Couche Liaison de Données
- Couche Application

## Niveau Couche Physique

---

- **Support de transmission** : robustesse aux EMI, résistance aux torsions ...
  - rien n'est imposé par les 2 protocoles
- **Redondance des canaux**
  - TTP/C: redondance sur tout le réseau, FlexRay : redondance partielle possible
- **Topologie** : bus, étoile ou multi-étoiles
  - grande souplesse pour les 2 protocoles
- **Technique de codage**
  - Dans TTP/C v1.0 rien n'est imposé, NRZ pour FlexRay

## Niveau Liaison de Données (1/2)

---

- **Détection d'erreurs de transmission / correction d'erreurs**
  - CRC avec distance de Hamming de 6 pour les 2 protocoles
- **Retransmission automatique en cas d'erreur de transmission**
  - non pour les 2 protocoles (!= CAN), possibilité d'utiliser la partie dynamique pour FlexRay
- **Détection d'erreurs protocolaires** : erreur de communication, de synchronisation, de l'application
  - oui pour les 2 protocoles mais bien + efficace pour TTP/C car signalement d'erreurs par les autres stations

## Niveau Liaison de Données (2/2)

---

- Temps de réponse / gigues connues
  - oui pour les 2 protocoles
  
- Acquittement des données
  - TTP/C : oui - différé d'un round au plus
  - FlexRay : rien de prévu - pb des fautes byzantines !
  
- Gardien de bus: respect des caractéristiques d'émission en particulier évitement des «babbling idiots»
  - oui pour les 2 protocoles (seulement dans la partie statique pour FlexRay)

## Niveau Couche Application (1/2)

---

- Synchronisation sur une horloge globale
  - oui pour les 2 protocoles
  
- Support des changements de mode de marche
  - TTP/C oui, rien de prévu pour FlexRay
  
- Gestion des modes de veille
  - TTP/C non, FlexRay oui
  
- Support de la redondance calculateur
  - TTP/C oui , FlexRay non mais possible partiellement sans mécanismes particuliers

## Niveau Couche Application (2/2)

---

- **Connaissance de la vivacité des stations**
  - TTP/C oui avec le vecteur de Membership mais des stations vivantes peuvent être exclues temporairement
  - FlexRay non
  
- **Evitement de cliques** (= ensembles de stations ayant une vision  $\neq$  des stations qui fonctionnent correctement)
  - TTP/C oui mais règle de la majorité
  - FlexRay non
  
- **Services a priori importants pour l'automobile** - par exemple pour une fonction de correction trajectoire distribuée (compensation en cas d'absence d'un ou plusieurs freins).

16/01/2004

N. Navet - GDR STRQDS

15

## Conclusions – TTP/C vs FlexRay

---

- **TTP/C :**
  - + **Nombreux services pour la SdF** (mode de marche, redondance, membership, clique avoidance,...)
  - + Visiblement conçu pour la certification
  - Comportement en dehors des hypothèses de fautes !? Les hypothèses faites (au plus une faute tous les 2 rounds) sont-elles les bonnes pour l'automobile ??
  - Flexibilité / incrémentalité faible
  
- **FlexRay :**
  - + Conçu spécifiquement pour l'automobile (nécessité de CPU moins puissants que TTP/C, réutilisation soft. développé pour CAN, mode veille,...)
  - + Flexibilité
  - **Délibérément peu de fonctionnalités liées à la SdF** (redondance, membership) – pb: implémentation moins efficace au dessus de la couche LdD
  - **Validation du protocole !**

16/01/2004

N. Navet - GDR STRQDS

16



## Références

---

- B. Gaujal, N. Navet, *Maximizing the Robustness of TDMA Networks with applications to TTP/C*, INRIA RR-4614, 2002. Disponible à l'adresse <http://www.loria.fr/~nnavet>
- TTA Group, *TTP/C specification v1.1*, Novembre 2003.
- Présentations effectuées lors du FlexRay Workshop 2002 et 2003. Disponible sur le site <http://www.flexray.com>
- J.Rusby, *A comparison of Bus Architectures for Safety Critical Embedded Systems*, NASA-CR-2003-212161, 2003.