

Credit-Based Shaperを用いた 車載ネットワークにおける 重回帰分析を用いたQoSの推定

名古屋工業大学
工学専攻 情報工学系プログラム
修士2年 新田萌



背景



- 完全自動運転の実現 = 膨大な量のデータ伝送

高速な次世代車載ネットワーク
Ethernetの採用

- 車載ネットワークのEthernet化 = 時間制約のあるデータを優先した伝送が必要

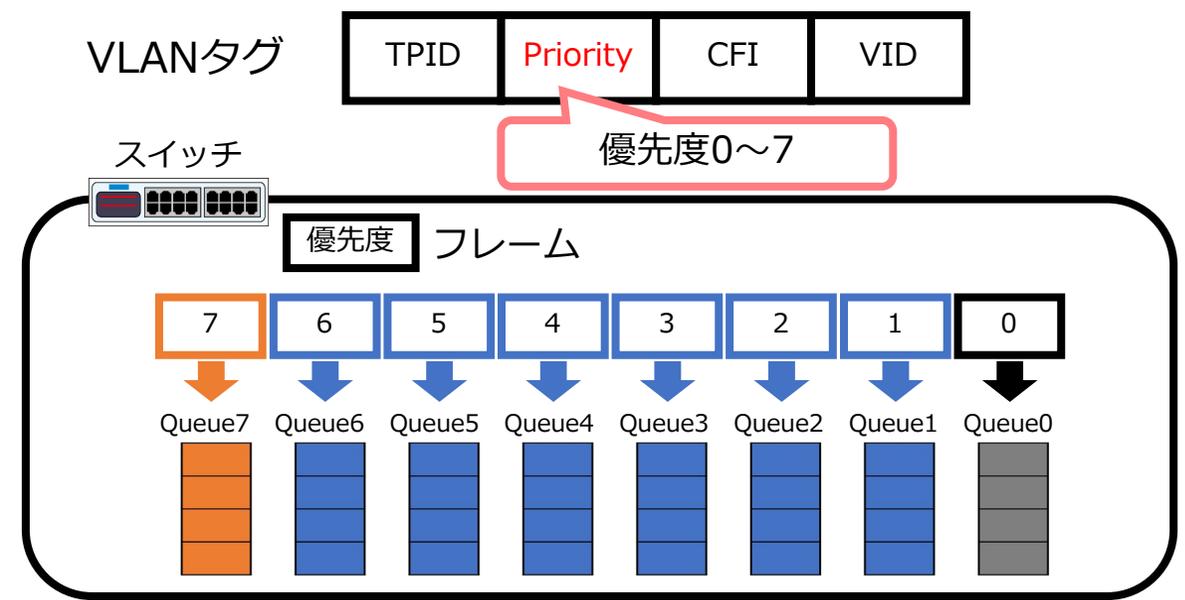
優先制御
IEEE 802.1TSNの採用

IEEE 802.1TSN(Time-Sensitive Networking)

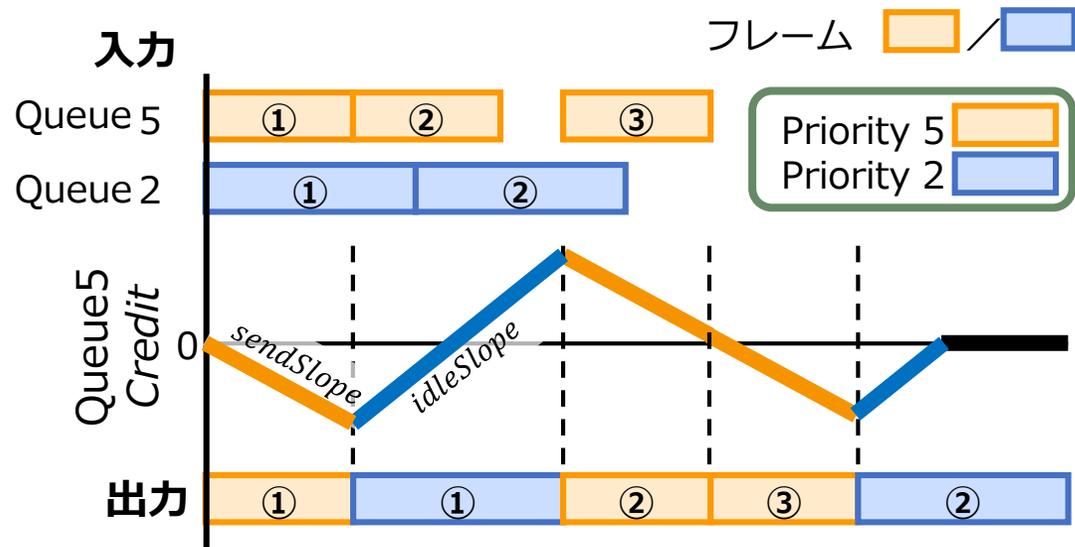
EthernetなどのIEEE 802ネットワークを対象

- IEEE 802.1Q (優先制御)
 - Strict Priority Queueing; SPQ
 - ・ 絶対優先キューイング
 - Credit-Based Shaper; CBS
 - ・ 変数Creditによる優先制御
 - Time-Aware Shaper; TAS
 - ・ 待ち行列のゲートによる優先制御

PCP(Priority Code Point)



CBS(Credit-Based Shaper)



目的

IEEE 802.1TSNはQoSを保証しているが複雑なネットワーク環境で得られるQoSは不明

IEEE 802.1TSN 規格であるCBSを利用時の多段な車載Ethernetを対象としたQoSの推定方法の提案

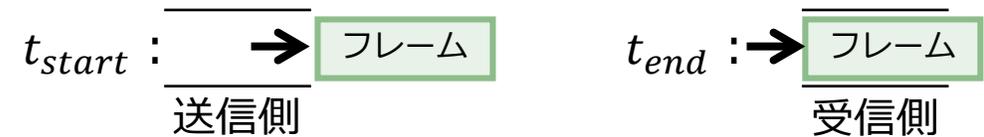
提案方式：重回帰分析により推定式を導出

推定方式

- 線形重回帰分析モデル
 - y : 目的変数
 - x_n : 説明変数
 - \tilde{y} : 推定値
 - α_0 : 切片
 - $\alpha_1, \dots, \alpha_n$: 重回帰係数

- QoSパラメータ

遅延(ミリ秒) : $L = t_{end} - t_{start}$



- 平均遅延

$$\tilde{L}_{mean} = \alpha_0 + \alpha_1 e_s + \alpha_2 e_v + \alpha_3 i_s$$

L_{mean} : 平均遅延の測定値(ミリ秒)

\tilde{L}_{mean} : 平均遅延の推定値(ミリ秒)

e_s : 評価用フレームのサイズ(ビット)

e_v : 評価用フレームの送出速度(メガビット/秒)

i_s : idleSlope(メガビット/秒)

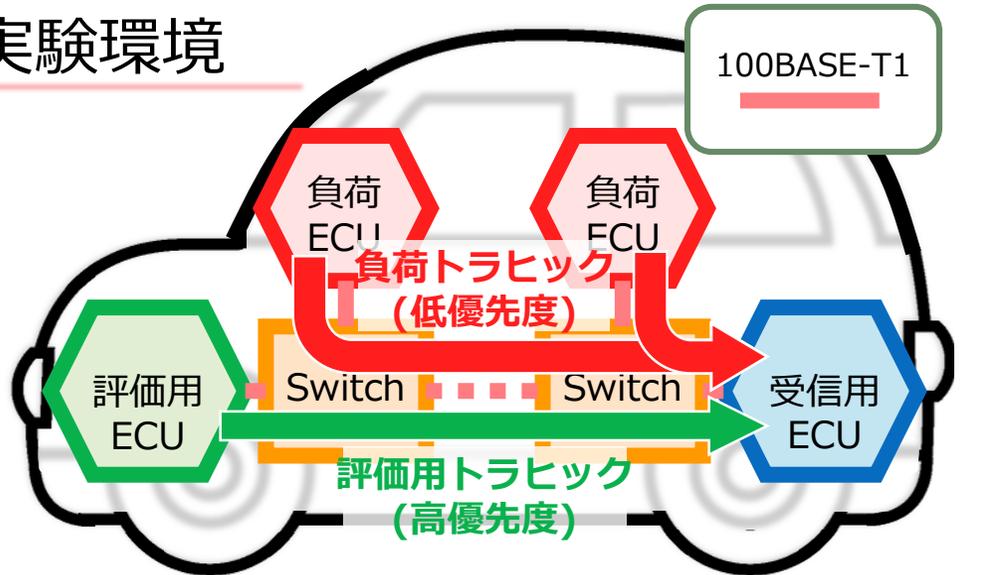
- 最大遅延

$$\tilde{L}_{max} = \alpha_0 + \alpha_1 e_s + \alpha_2 e_v + \alpha_3 i_s$$

L_{max} : 最大遅延の測定値(ミリ秒)

\tilde{L}_{max} : 最大遅延の推定値(ミリ秒)

実験環境



ECU: Electronic Control Unit

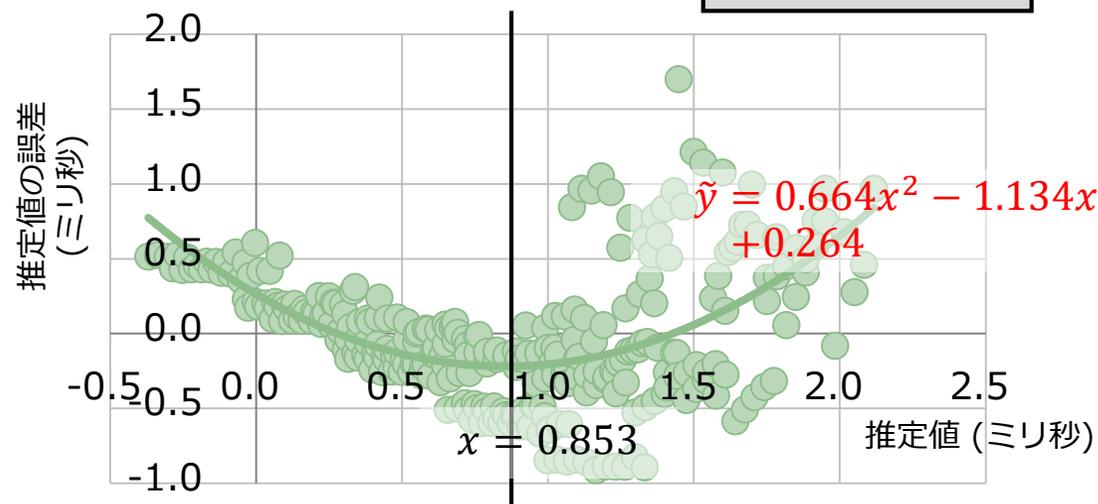
実験内容

- 実験A：ホップ数 2 の時の推定式の提案
- 実験B：ホップ数 7 の時の推定式の提案
- 実験C：推定式の適用範囲を評価
- 評価用トラヒック
フレームサイズ：1000, 2000, ..., 12000ビット
送出速度：5, 10, 25, 40, 50メガビット/秒
- 負荷トラヒック
フレームサイズ：9600ビット
送出速度：75メガビット/秒
- *idleSlope*：10, 20, 30, 40, 50メガビット/秒

実験結果(実験A：平均遅延)

$$\tilde{L}_{mean} = 1.224 + 3.327 \times 10^{-5} e_s + 1.672 \times 10^{-2} e_v - 3.420 \times 10^{-2} i_s$$

自由度調整済み
重相関係数
0.793



- 遅延の推定値が0.853未満の時

1

$$\tilde{L}_{mean(\alpha)} = \frac{5.873 - 2.770 \times 10^{-4} e_s}{-5.111 \times 10^{-2} e_v}$$

- 遅延の推定値が0.853以上の時

$$\tilde{L}_{mean(\alpha)} = 1.493 + 4.136 \times 10^{-5} e_s + 2.735 \times 10^{-2} e_v - 6.898 \times 10^{-2} i_s$$

実験結果(実験B)

識別式:

$$\tilde{L}_{mean} = 1.618 + 7.962 \times 10^{-5}e_s + 2.123 \times 10^{-2}e_v - 3.637 \times 10^{-2}i_s$$

$$\cdot \tilde{L}_{mean} < 1.606 \quad \tilde{L}_{mean(\alpha)} = \frac{1}{\begin{pmatrix} 1.374 - 5.603 \times 10^{-5}e_s \\ -1.233 \times 10^{-2}e_v + 6.152 \times 10^{-3}i_s \end{pmatrix}}$$

$$\cdot \tilde{L}_{mean} \geq 1.606 \quad \tilde{L}_{mean(\alpha)} = 1.885 + 8.681 \times 10^{-5}e_s + 2.693 \times 10^{-2}e_v - 6.025 \times 10^{-2}i_s$$

実験結果(実験A・実験B)

自由度調整済み決定係数

推定式	平均遅延	最大遅延
実験A	0.700	0.768
実験B	0.759	0.742



各推定式は有効であるが、
汎用性は不明

実験結果(実験C)

- 実験A(ホップ数2)で求めた推定式を適用

ホップ数	平均遅延	最大遅延
2	0.837	0.876
3	0.840	0.878
5	0.844	0.875
7	0.834	0.863

- 実験B(ホップ数7)で求めた推定式を適用

ホップ数	平均遅延	最大遅延
2	0.860	0.850
3	0.873	0.863
5	0.871	0.861
7	0.849	0.840

まとめ

CBSを用いた多段な車載ネットワークにおいて
線形重回帰分析による遅延の推定方法の提案



提案方式の有効性を実験により確認