

Valutazione Real-Time del Contatto Pneumatico/Strada con Algoritmi Dedicati

Relatore:

Prof. Enrico Bertolazzi

Università di Trento

Candidato:

Davide Stocco

Co-relatore:

Dott. Ing. Matteo Ragni

AnteMotion S.r.l



Motivazioni della Tesi

① Simulatore con

- *Software in the Loop* (SIL)
- *Hardware in the Loop* (HIL)
- *Driver in the Loop* (DIL)

per la validazione degli *Advanced Driver-Assistance Systems* (ADAS)

② Valutazione in *hard real-time* del contatto pneumatico/strada

Obiettivi della Tesi

- 1 Sviluppo di una libreria C++ per la valutazione del contatto pneumatico/strada
- 2 Modello di contatto coerente con il modello di pneumatico di Pacejka
- 3 Applicazione in tempo reale



Intersezione pneumatico/*mesh*

- ➊ Analisi sintattico-grammaticale del formato *rdf*
- ➋ Istanziamento della *mesh*
- ➌ Istanziamento dello pneumatico
- ➍ Scelta del modello di contatto
- ➎ Posizionamento dello pneumatico nello spazio
- ➏ Utilizzazione di algoritmi di tipo geometrico per valutare il contatto
- ➐ Estrazione dei risultati

Il formato rdf per le superfici stradali

[NODES]

```
{ id x_coord y_coord z_coord }  
0 2.64637 35.8522 -1.59419e-005  
1 4.54089 33.7705 -1.60766e-005  
2 4.52126 35.8761 -1.62482e-005  
3 2.66601 33.7456 -1.57714e-005  
4 0.771484 35.8282 -1.56367e-005  
... ..
```

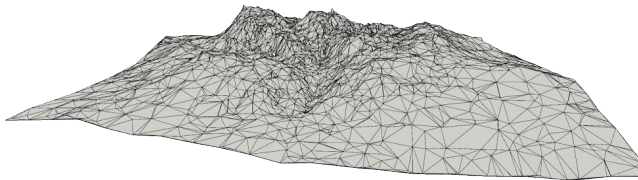
[ELEMENTS]

```
{ n1 n2 n3 mu }  
1 2 3 1.0  
2 1 4 1.0  
... ..
```

Analisi sintattico-grammaticale del formato rdf

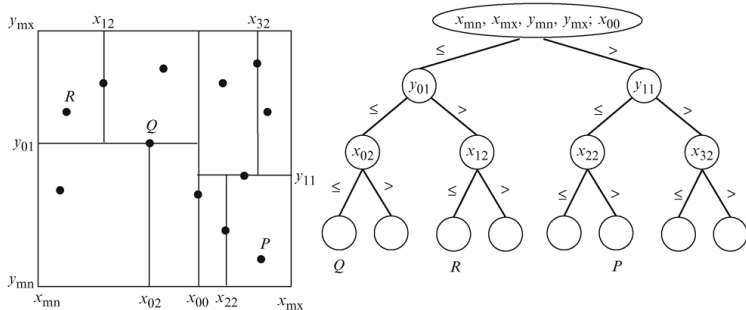
- 1 Estrazione dei [NODES]
- 2 Estrazione degli [ELEMENTS]
- 3 Istanziamento dei triangoli componenti la *mesh*

!!! Non esiste uno *standard* per questo formato



Albero delle *Axis-Aligned Bounding Boxes* (AABB)

- 1 Raggruppamento ricorsivo delle AABB dei triangoli della *mesh*
- 2 Diminuzione in scala logaritmica del numero di comparazioni
- 3 Solo confronti logici



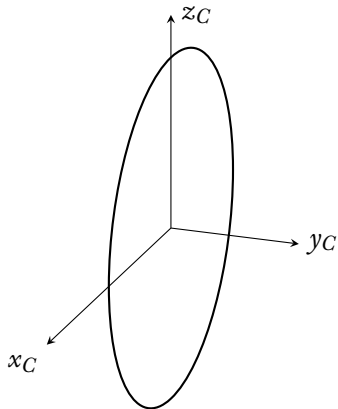
Modellizzazione geometrica dello pneumatico

Ente normatore: *European Tire and Rim Technical Organization* (ETRTO)

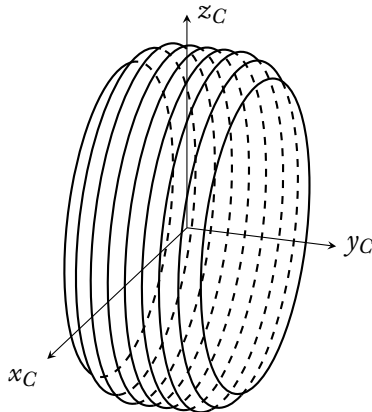


Rappresentazione dello pneumatico tramite dischi

- 1 Uno o più dischi indeformabili
- 2 Movimenti relativi consentiti

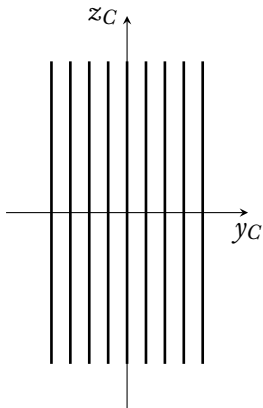


Disco singolo

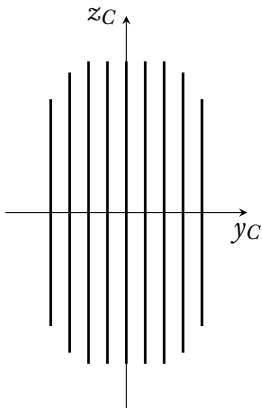


Dischi multipli

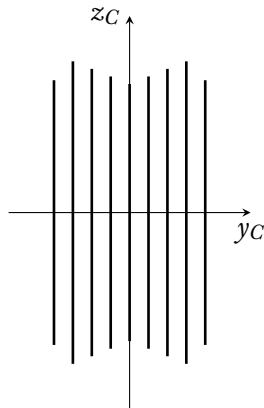
Disposizione dei dischi



Raggio uniforme



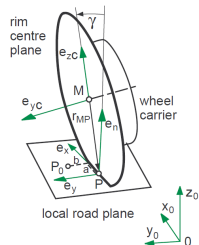
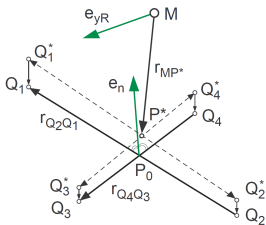
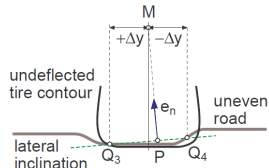
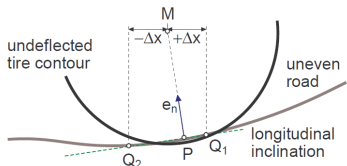
Spalla raccordata



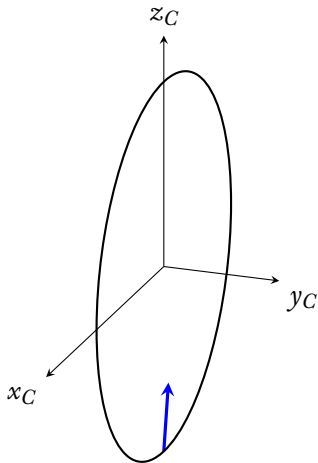
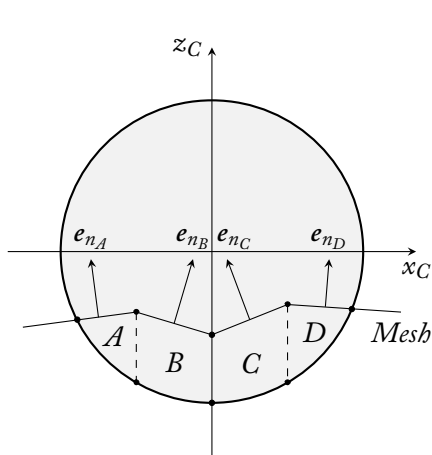
Profilo personalizzato

Modelli di contatto per pneumatico mono-disco

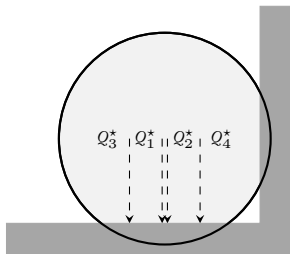
1 Modello di contatto di Rill



2 Modello di contatto ponderato in base all'area d'intersezione

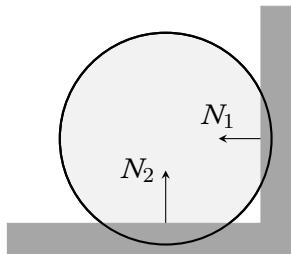


Differenze tra le due tipologie di modelli di contatto



Rill:

- Non rileva ostacoli frontali
- Approssimativo

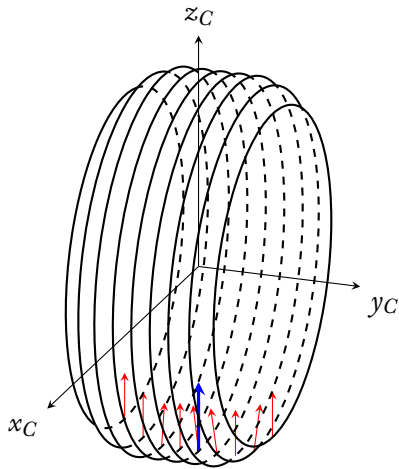
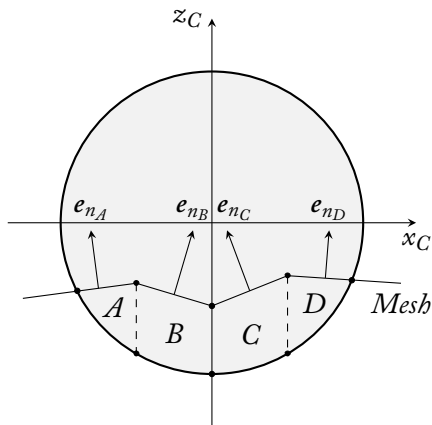


Ponderato sull'area d'intersezione:

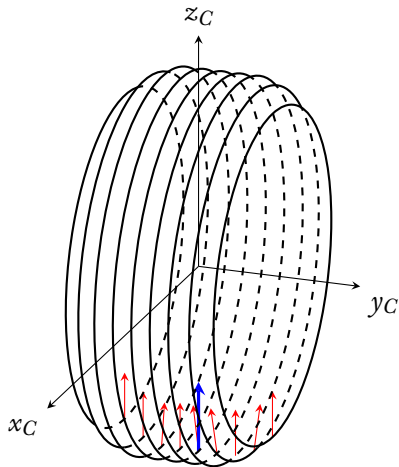
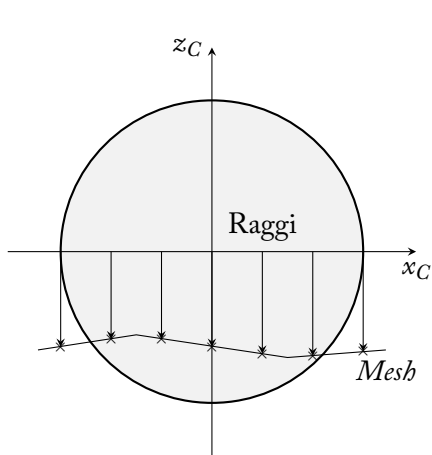
- + Rileva ostacoli frontali
- + Robusto se la *mesh* ha "buchi"
- Poco robusto se i triangoli sono sovrapposti

Modelli di contatto per pneumatico multi-disco

① Modello di contatto ponderato in base all'area d'intersezione



2 Modello di contatto tramite campionamento



Inputs

- 1 Istanza della *mesh*
- 2 Posizione e orientamento del centro ruota (matrice 4×4)

Outputs

- 1 Normale del piano locale di contatto
- 2 Punto di contatto secondo per la *MagicFormula*
- 3 Punto di contatto reale (solo nel pneumatico multidisco)
- 4 Coefficiente di attrito locale
- 5 Compenetrazione ρ
- 6 Velocità istantanea di compenetrazione $\dot{\rho}$
- 7 Angolo di camber relativo
- 8 Area di contatto
- 9 Volume di contatto

Prestazioni della libreria

Pneumatico 250/55R11

Campionamenti = 30000

	Modello di contatto	
	Ponderato sull'area	<i>Mix</i>
$T_{step} [\mu s]$	9.6688	9.7658
$\sigma^2 [\mu s^2]$	1.4018	1.4983

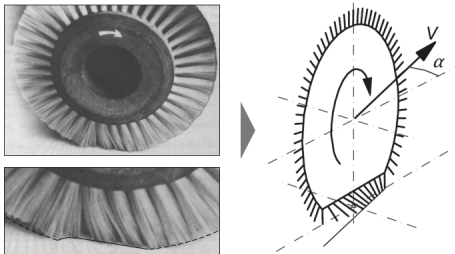
Switch Area ▷ Rill a 10 triangoli

	Precisione		Modello di contatto	
	Dischi	Punti	Ponderato sull'area	<i>Mix</i>
$T_{step} [\mu s]$	5	5	24.5736	39.6069
$\sigma^2 [\mu s^2]$	10	5	42.6262	439.6915
$T_{step} [\mu s]$	5	10	24.6686	55.7135
$\sigma^2 [\mu s^2]$	10	10	41.4114	479.8682

Switch Area ▷ Campionamento a 10 triangoli

Possibili sviluppi

- 1 Definizione di uno *standard* per il formato *rdf*
- 2 Implementazione di un *parser* sufficientemente efficiente e stabile
- 3 Rappresentazione dello pneumatico mediante un modello fisico



Video del simulatore

Clicca qui per aprire

**GRAZIE PER
L'ATTENZIONE**