Algorithm and Protocols for Space Network

Dtn Overview

Le DTN (Delay/Distruption Tolerant Network) sono dei particolari tipi di reti adatte a scenari detti challenging, ovvero dove le assunzioni fatte nelle normali reti TCP/IP non sono rispettate:

- Connettività stabile end-to-end: Vale a dire manca una connessione stabile fra due nodi.
- RTT corto: Ovvero le distanze di trasmissione sono spesso lunghe e perigliose da gestire
- Ridotte perdite di pacchetti: I pacchetti nelle DTN possono facilmente essere persi.

La struttura delle DTN si basa sul Bundle Protocol. Il Bundle Protocol usa come unità minima di comunicazione il bundle, ovvero un pacchetto dati di grandi dimensioni che viene processato dai nodi prima di tutto immagazzinando le informazioni in locale e poi spedendole al successivo nodo sul percorso. I bundle sono inviati da hop a hop mediante uno stack protocollare modificato rispetto al modello OSI/ISO. Viene aggiunto un layer sopra al livello di Trasport, detto Bundle Layer che si occuperà della gestione e del forwarding dei bundle.

RFC 4838

Il documento più importante sulle DTN il RFC 4838 che descrive l'architettura DTN del bundle protocol. In questo documento sono inserite tutte le linee guida e i principi fondamentali per definire una rete DTN efficiente.

Innanzitutto vengono elencati i principi fondamentali dell'architettura:

- usare messaggi di lunghezza variabile, più possibile lunghi e contenenti più informazioni possibili
- usare una sintassi condivisa

- fornire meccanismi di sicurezza che rendano la rete resistente ad accessi non autorizzati
- fornire metodi e classi adatti alla gestione dei dati

In queste reti bisogna essere capaci di ridurre al minimo gli scambi bidirezionali, gestire i riavvi e le transazioni sospese e inoltre deve essere mantenuto alto il monitoring dei nodi e delle connessioni.

ADU

Un'applicazione DTN usa messaggi di lunghezza variabile che incapsula in bundle, questi messaggi sono detti ADU *(Application Data Unit).*

Il bundle è composto da differenti parti o blocchi:

- **Primary block o header**
- **Payload**
- **Delivery Option**

All'interno dell'header sono contenute svariate informazioni:

- Creation Timestamp
- Lifespan
- Class of Service Flag
- Source EID
- Destination EID
- Report To EID
- Custodia EID

Gli EID *(Endpoint Identifier)* sono dei nomi che utilizzano la sintassi URI *(Uniform Resouce Identifier)* per identificare uno o più nodi DTN, difatti esso può anche identificare più di un nodo DTN. Quando un nodo vuole ottenere dei bundle destinati a un certo EID essa si registra a quest'ultimo, a questo punto i bundle identificati da uno specifico *Demux Token* saranno indirizzati a tutti i nodi registrati all'EID.

Per la consegna degli ADU si possono avere tre tipi di livelli di priorità:

- **Bulk**
- **Normal**
- **Expedited**

Dove però la priorità è legata al nodo mittente.

Le **Delivery Option** che è possibile selezionare per la trasmissione del bundle sono 8, le prime 4 sono necessarie per l'uso ordinario delle applicazioni, invece le successive 4 sono spesso utili a scopi diagnostici (Sono basate sull'uso dei report nei casi di Custody acceptance, Ricezione, Forward e Cancellazione del bundle). Le prime 4 sono utili per la gestione della custody sugli ADU.

In particolare sono utili da conoscere la **Custody Transfer Requested**, dove si determina che il bundle può essere maneggiato da un nodo solo se preso in custodia, vale a dire garantendo i protocolli di retrasmissione in caso di bundle perso e le Custody Transfer. Un nodo che accetta la Custody Request è detto Custode. Un'altra importante option è la **Source Node Custody Acceptance Request**. Mentre nella Custody Transfer Request la richiesta è emessa dai nodi, nella Source Node Custody Acceptance Request è la sorgente che emette la custody request, quindi forzando la rete a fornire un custode per l'ADU si dalla sua sorgente.

Bundle Trasmission

Per trasmettere un bundle è necessario avere un **contatto** fra due hop. Il contatto è definito come l'intervallo di tempo per il quale due nodi sono connessi. Per sapere la velocità di trasferimento si calcola la **capacità** del canale. Si definisce inoltre il **volume di contatto** come la moltiplicazione fra il contatto e la capacità.

I contatti però possono essere di svariati tipi:

- **Persistent Contact:** I contatti always-on, che permettono una comunicazione continua
- **On-demand Contact:** Sono contatti richiesti dalle applicazioni
- **Intermittent Contact:** Contatti non stabili, ma disponibili solo per alcuni determinati lassi di tempo

  Possiamo identificare 3 tipi di contatti intermittenti.

  - **Scheduled Contact:** Un'esempio sono i contatti fra satellite e orbita bassa della terra
  - **Oppurtunistica Contact:** Un'esempio sono quelli di aereomobili di passaggio su un nodo che garantiscono la connettività
  - **Predicted Contacts:** Contatti non previsti e ne casualmente apparsi, ma basati su cicli di ritorno che rendono il contatto prevedibile.

Dato che i contatti possono essere sporadici, fragili e imprevedibili bisogna prevedere un sistema di custodia delle informazioni in caso di caduta di connessione, cercando però di preservare l'efficienza della rete. Possiamo sfruttare i principi di **Reactive Fragmentation** e **Proactive Fragmentation.**

Nella Proactive Fragmentation il bundle viene suddiviso prima del suo invio in blocchi più piccoli incapsulati in diversi bundle. Spesso è usata nel caso si abbia già un volume di contatto noto a priori.

Nella Reactive Fragmentation il bundle viene inviato finche il contatto è stabile, quando si interrompe il bundle viene spezzato e la parte non inviata mantenuta in memoria fino a quando il contatto non si ripresentera.

RFC 5050

Satellites Networks

Possiamo avere svariate tipologie di network satellitari, in base all'orbita e in base ai componenti della rete. L'orbita terrestre si può suddividere in due blocchi: LEO e GEO.

- **GEO (Geostationary Earth Orbit):** è un'orbita situata 35786 km sopra l'equatore. A questa altezza bastano 3 satelliti per coprire l'intero globo, ma la lunga distanza a cui sono posti i satelliti rende le comunicazioni più difficili e aumenta i tempi di attesa per il round trip.
- **LEO (Low Earth Orbit):** è un'orbita situata tra i 160 e i 200 km sopra l'equatore. A questa altezza abbiamo la necessità di avere almeno una decina di satelliti per coprire tutto il globo.

Performance Enhancing Proxies

Per migliorare le performance è possibile utilizzare i PEPs, ovvero proxie appositamente studiati per aumentare le prestazioni di questo tipo di reti. I PEPs si basano sulla tecnologia del TCP splitting, ovvero spezzare una comunicazione TCP in comunicazioni differenti, creando un variante TCP con portata adatta a collegamenti satellitari. Purtroppo ciò viola anche la semantica end-to-end del protocollo.

Possiamo avere 3 scenari:

- **Distributed PEPs**
- **Integrated PEPs**
- **DTN Network**

Nei primi due casi viene spezzata la connessione usando dei cavi fisici.

La **Distributed PEPs** usa un sistema basato du due cavi fisici nelle estremità tra il satellite sender e il receiver a un canale satellitare di comunicazione nel mezzo di questi due.

Nel caso della **Integrated PEPs** abbiamo due connessioni TCP, una con cavo fisico tra sender e PEP e una satellitare tra PEP e receiver.

Le **DTN Network** vanno analizzate separatamente.

DTN con GEO/LEO comunicazioni da satelliti

L'architettura DTN si può usare sia per reti GEO che per reti LEO, l'utilizzo dei PEP permetti di aumentare le prestazioni, ma vanno fatte considerazioni separate nel caso LEO e GEO. Va inoltre analizzato il caso di terminali fissi o mobili per descriverne le prestazioni.

TATPA testbend

TATPA*(Testbend on Advanced Transport Protocols and Architectures)* è un'ambienti in cui è possibile simulare un sistema composto da PC Linux dove è installata una versione di PEPsal, un'implementazione del TCP-splitting. Per simulare la perdita di pacchetti si usa un parametro il PER*(Packet Error Rate)*.

GEO satelliti con teminali fissi

Per valutare le performace usiamo un indicatore, il **Goodput,** che indica l'ammontare di dati che arriva al livello applicativo. Mettiamo a confronto 4 architetture:

- end-to-end New Reno
- end-to-end Hybla
- end-to-end PEPsal
- DTN

Nel caso di canale ideale il migliore in termini di performance è PEPsal, che ha la migliore gestionel delle infrastrutture. Aggiungendo della congestione allo scenario Hybla ha il primato per la gestione dei delle congestioni fatte su rete. Nel caso di perdite di pacchetti alte, fino all'1% New Reno non mostra buoni risultati mentre le DTN e PEPsal hanno le performance migliori di tutti. Nel caso di PER e congestione alta le prestazioni volgono a favore di PEPsal.

GEO satelliti con teminali mobili

In questo caso i vantaggi dipendono dalla durata e dalla frequenza delle interruzioni. Sotto i 30 secondi abbiamo una ristrasmissione TCP, sopra i 30 secondi il bundle protocol chiude la connessione e fa una serie di tentativi per ristabilire la connessione. La chiusura forzata innesca la Reactive Fragmentation. In questi casi si dimostra che le DTN sono comunque il migliore mezzo di comunicazione, ma in ogni caso comporta una diminuzione delle performance.

LEO Satelliti

In questo caso abbiamo un satellite che passa sopra a una radio stazione, stabilendo un contact, l'invio del bundle dipende dal volume contact. Se il bundle non riesce a essere inviato completamente dovrà essere fragmentato e inviato successivamente. La connettività dipende ovviamente dalla frequenza e dalla durata dei contatti, anche se si è osservato che questo scenario è sempre migliore dell'invio manuale di dati.

Studio delle performace con esempi ESA

//da finire

Interplanetary Networks

Le comunicazioni fra pianeti avvengono grazie all'uso di satelliti i orbita intono al pianeta (nei casi analizzati in classe intorno alla luna e intorno a marte). Nel caso terra luna le comunicazioni sono possibile mediante Lander, Satellite e Gateway. La stazione ESA, la Mission Control Center testa i RTT e ne calcola la durata media sfruttanto anche un sistema di Ack mediante Bundle Protocol. Nel

caso di marte abbiamo ovviamente perdite maggiori data la distanza e soprattutto la difficolta di trasmissione difatti in questo cas il sistema viene sottoposto a Reactive Fragmentation per l'invio di alcune informazioni al MCC. Queste comunicazioni non avvengono con semplice protocollo TCP, ma con una diversa versione detto LTP*(Licklider Trasmission Protocol)*, che permette di sfuttare al meglio le potenzialità del Bundle Protocol

Licklider Trasmission Protocol

LTP è un protocollo specialmente utile per comunicazioni a lungo raggio dove l'RTT è particolarmente lungo. Le caratteristiche che lo contraddistinguono sono:

- Servizio di consegna non affidabile
- Difficoltà nella conversazionalità, che significa che non si riesce a comunicare con continuità
- Mancanza di un Handshake
- Unidirezionalità

SABR (Schedule Aware Bundle Routing)

Lab Space Network

```
config file:
  /etc/dtnme_deamon.cfg

ssh connection.
  ips: student@10.0.0.11 [12, 13, 14]   pass: foobar

run dtme:
  cd ion
  sudo dtnme -d -o ./dtn.log -t   #-t clear the database data, fresh start

connect to dtnme demon (if it's running):
  telnet localhost 5050

command while in the demon:
  link dump             #fa vedere le connessioni
  route dump              #fa vedere le route
  link add [link name]            #crea un nuovo link
  link close [link name]            #chiude un link esistente
  link open [link name]           #apre un link chiuso

dtnperf tool:
  cd ion
  sudo dtnme -d -o ./dtn.log -t         #attiva il demone
  dtnperf_vDTN_vBLABLA... --monitor       #attiva il nodo come monitor
  dtnperf_vDTN_vBLABLA... --server        #attiva il nodo come server in ascolto
  dtnperf_vDTN_vBLABLA... --client -d [destination node escluso "/dtnperf:/dest"] -D100k -P50k -R1b --monitor [monitor addr]  #-D100K is th
                          #-P50 is the size of a single payload sent
                          #-P1b speed of bundle transmission (here 1 bundle per second)

check active dtnme demon
  ps -ax | grep dtnme
```

Fabio Ciraci

Luca Lombardi

A.A. 2023-2024