ROS2 Pakete

course on LiaScript

Parameter	Kursinformationen
Veranstaltung:	`Softwareprojekt Robotik`
Semester	`Wintersemester 2021/22`
Hochschule:	`Technische Universität Freiberg`
Inhalte:	`Umsetzung von ROS Paketen`
Link auf GitHub:	https://github.com/TUBAF-IfI-LiaScript/VL_Softwareentwicklung/blob/master/07_ROS_Pakete.md
Autoren	Sebastian Zug & Georg Jäger

Beispiel

Verteilung einer Anwendung ...

Konzept

ROS1 und 2 sind in Pakten organisiert, diese kann man als Container für zusammengehörigen Code betrachten.

Softwareengineering Ziele:

- Alle Funktionalität sollte so strukturiert werden, dass Sie in einem anderen Kontext erweitert und wiederverwendet werden kann.
- Jede Komponente (Memberfunktion, Klasse, Package) sollte eine einzige Verantwortlichkeit definieren.
- Die Kopplung zwischen den Paketen sollte allein über den Datenaustausch realisiert werden.
- Verzicht auf unnötige Funktionalität - *you don't pay for what you don't use*

Wenn Sie Ihren Code installieren oder mit anderen teilen möchten, muss dieser in einem Paket organisiert sein.

InspectPackages

```
> ros2 pkg
usage: ros2 pkg [-h] Call `ros2 pkg <command> -h` for more detailed usage. ...

Various package related sub-commands

optional arguments:
  -h, --help            show this help message and exit

Commands:
  create       Create a new ROS2 package
  executables  Output a list of package specific executables
  list         Output a list of available packages
  prefix       Output the prefix path of a package

  Call `ros2 pkg <command> -h` for more detailed usage.
zug@humboldt:~$ ros2 pkg list
action_msgs
action_tutorials
actionlib_msgs
ament_cmake
ament_cmake_auto
ament_cmake_copyright
```

Ein Paket umfasst aber nicht nur den eigentlichen Code sondern auch:

- eine Spezifikation der Abhängigkeiten
- die Konfiguration des Build-Systems
- die Definition der nutzerspezifischen Messages
- die `launch` Files für den Start der Anwendungen und deren Parametrisierung

Ein minimales Paket umfasst zwei Dateien:

- package.xml - Informationen über das Paket selbst (Autor, Version, ...)
- CMakeLists.txt file - beschreibt wie das Paket gebaut wird und welche Abhängigkeiten bestehen

Die Paketerstellung in ROS 2 verwendet ament als Build-System und colcon als Build-Tool.

Pakete können in gemeinsamen `Workspaces` angelegt werden.

```
workspace_folder/
    src/
      package_1/
          CMakeLists.txt
          package.xml

      package_2/
          setup.py
          package.xml
          resource/my_package
      ...
      package_n/
          CMakeLists.txt
          package.xml
```

Diese Struktur wird durch das jeweilige Build-System automatisch erweitert. `colcon` erstellt standardmäßig weitere Verzeichnisse in der Struktur des Projektes:

- Das `build`-Verzeichnis befindet sich dort, wo Zwischendateien gespeichert werden. Für jedes Paket wird ein Unterordner erstellt, in dem z.B. CMake aufgerufen wird.
- Das Installationsverzeichnis ist der Ort, an dem jedes Paket installiert wird. Standardmäßig wird jedes Paket in einem separaten Unterverzeichnis installiert.
- Das `log` Verzeichnis enthält verschiedene Protokollinformationen zu jedem Colcon-Aufruf.

Compilieren eines Paketes / mehreren Paketen

Warum ist ein Build-System erforderlich? Für eine einzelne Datei ist der Vorgang überschaubar

- Eingabe: Code und Konfigurationsdateien
- Ausgabe: Artifacts (Code, Daten, Dokumentation)
- Vorbereiten der Verwendung

Für ein ganzes Set von Paketen ist deutlich mehr Aufwand erforderlich:

- Voraussetzungen:
  - Verfügbarkeit von System-Abhängigkeiten (abhängige Pakete) rosdep
  - Setzen der notwendigen Umgebungsvariablen
- Eingabe: Code und Konfigurationsdateien der Pakete
- Build Prozess:
  - Berechnen der Abhängigkeiten und Festlegen einer Build-Reihenfolge
  - Bauen einzelner Pakete UND Installation, Update der Umgebung
- Ausgabe: Set von ausführbaren Knoten

> **Merke:** ROS / ROS2 umfasst eine Fülle von Tools für die Organisation dieses Prozesses.

Realisierung eines eigenen Paketes

Wir wollen die Funktionalität der `minimal_subscriber` / `minimal_publisher` Beispiel erweitern und einen neuen Knoten implementieren, der den Zählwert nicht als Bestandteil eines strings kommuniziert sondern als separaten Zahlenwert.

Sie finden den Beispielcode im Repository dieses Kurses unter Link

Stufe 1: Individuelles Msg-Format

```
> ros2 pkg create my_msg_package --build-type ament_cmake --dependencies rclcpp
  std_msgs
going to create a new package
package name: my_msg_package
destination directory: /home/zug/Desktop/SoftwareprojektRobotik/examples
  /07_ROS2Pakete/src
package format: 3
version: 0.0.0
description: TODO: Package description
maintainer: ['zug <Sebastian.Zug@informatik.tu-freiberg.de>']
licenses: ['TODO: License declaration']
build type: ament_cmake
dependencies: ['rclcpp', 'std_msgs']
creating folder ./my_msg_package
creating ./my_msg_package/package.xml
creating source and include folder
creating folder ./my_msg_package/src
creating folder ./my_msg_package/include/my_msg_package
creating ./my_msg_package/CMakeLists.txt
```

Nun ergänzen wir unsere eigentliche Beschreibungsdatei für die Definition der eigenen Nachricht. Dazu legen wir uns einen Ordner `msg` an und integrieren wir eine Datei `MyMsg.msg`.

```
int32 counter
string comment "Keine Evaluation des Wertes"
```

An diesem Beispiel wird deutlich, wie das Build System uns unterstützt. Unsere `json` Datei mit der Nachrichtenkonfiguration muss in entsprechende C++ Code transformiert werden. Hierfür ist das `rosidl_default_configurators` Tool verantwortlich. Folglich müssen wir CMake anweisen, dies als Abhängigkeit zu betrachten und einen entsprechenden Generierungsprozess zu starten.

Ergänzen wir also in `CMakeList.txt file` die Abhängigkeiten:

```
find_package(builtin_interfaces REQUIRED)
find_package(rosidl_default_generators REQUIRED)
```

Darüber hinaus müssen wir die Generierungsanweisung selbst integrieren:

```
rosidl_generate_interfaces(new_msg
  "msg/MyMsg.msg"
  DEPENDENCIES builtin_interfaces
)
```

Um sicherzugehen, dass die Pakete auf unserem Rechner vorhanden sind, integrieren wir diese in in die Paketbeschreibung `package.xml`:

```
```

Ready for take off? Die Kompilierung kann starten.

```
> colcon build --symlink-install
Starting >>> my_msg_package
Finished <<< my_msg_package [4.59s]

Summary: 1 package finished [4.68s]
```

Lassen Sie uns das neue Paket zunächst auf der Kommandozeile testen. Dazu wird das neu definierte Work-Package in die Liste der verfügbaren Pakete aufgenommen.

```
> source install/setup.bash
> ros2 msg list | grep my
my_msg_package/msg/MyMsg
> ros2 topic pub /tralla my_msg_package/msg/MyMsg "{counter: '8'}"
```

```
> source install/setup.bash
> ros2 topic echo /tralla
```

Schritt 2: Integration einer Methode

Nunmehr wollen wir die neu definierte Nachricht auch in einem Node verwenden. Entsprechend nutzen wir den `minimal_publisher` Beispiel aus der vergangenen Vorlesung und ersetzen die `String` Message gegen unsere `My_Msg` Implementierung. Dafür muss für den Knoten eine Abhängigkeit zum Paket `my_msg_package` spezifiziert werden. Dies kann während der Inititalisierung des Paketes oder im Anschluss anhand der 'package.xml' und 'CMakeList.txt' erfolgen. Schauen Sie sich noch mal die Definition der Abhängigkeiten in unserem `my_msg_package` an.

```
> ros2 pkg create my_tutorial_package --build-type ament_cmake --node-name
  data_generator --dependencies rclcpp std_msgs my_msg_package
going to create a new package
package name: my_tutorial_package
destination directory: /home/zug/Desktop/VL_SoftwareprojektRobotik/examples
  /07_ROS_Pakete/src
package format: 3
version: 0.0.0
description: TODO: Package description
maintainer: ['zug <Sebastian.Zug@informatik.tu-freiberg.de>']
licenses: ['TODO: License declaration']
build type: ament_cmake
dependencies: ['rclcpp', 'my_tutorial_package']
node_name: data_generator
creating folder ./my_tutorial_package
creating ./my_tutorial_package/package.xml
creating source and include folder
creating folder ./my_tutorial_package/src
creating folder ./my_tutorial_package/include/my_tutorial_package
creating ./my_tutorial_package/CMakeLists.txt
creating ./my_tutorial_package/src/data_generator.cpp
```

Prüfen Sie in der `CMakeList.txt` des Paketes `my_tutorial_package`, dass die notwendigen Abhängigkeiten (in Abhängigkeit von den dependencies) vollständig integriert wurden.

```
find_package(rclcpp REQUIRED)
find_package(std_msgs REQUIRED)
find_package(my_msg_package REQUIRED)

ament_target_dependencies(
  data_generator
  "rclcpp"
  "my_msg_package"
)
```

Analoge Ergänzungen sind für `package.xml` notwendig. Wiederum werden die Basispakete `rclcpp` und `std_msgs` referenziert. Dazu kommt unser Message-Paket. Mit der Vorgabe der Abhängigkeiten werden diese Einträge automatisch generiert.

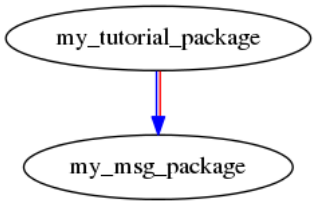
```
<depend>rclcpp</depend>
```

Danach kann der übergreifende Build-Prozess gestartet werden.

```
colcon build --symlink-install
Starting >>> my_msg_package
Starting >>> my_tutorial_package
Finished <<< my_msg_package [0.59s]
Finished <<< my_tutorial_package [1.75s]

Summary: 2 packages finished [1.86s]
```

Für große Projekte kann es sinnvoll sein, die Abhängigkeiten grafisch zu analysieren. `colcon` stellt dafür mit `colcon graph --dot` eine Kommandozeilenoption bereit.




```
> colcon graph --dot
digraph graphname {
  "my_tutorial_package";
  "my_msg_package";
  "my_tutorial_package" -> "my_msg_package" [color="#0000ff:#ff0000"];
}
```

Bevor Sie eine der installierten ausführbaren Dateien oder Bibliotheken verwenden können, müssen Sie sie zu Ihrem Pfad und Bibliothekspfaden hinzufügen. colcon hat bash/bat-Dateien im Installationsverzeichnis generiert, um die Einrichtung der Umgebung zu erleichtern.

```
> ros2 run my_tutorial_package data_generator
hello world my_tutorial_package package
```

Soweit so gut. Nun müssen wir allerdings auch noch die Logik in die Anwendung integrieren.

+ data_generator.cpp

```cpp
#include <memory>

#include "rclcpp/rclcpp.hpp"
#include "std_msgs/msg/string.hpp"
#include "my_msg_package/msg/my_msg.hpp"

using std::placeholders::_1;

using namespace std::chrono_literals;

class MinimalPublisher : public rclcpp::Node
{
  public:
    MinimalPublisher()
    : Node("minimal_publisher"), count_(0)
    {
      publisher_ = this->create_publisher<my_msg_package::msg::MyMsg>("topic", 10
        );
      timer_ = this->create_wall_timer(
      500ms, std::bind(&MinimalPublisher::timer_callback, this));
    }

  private:
    void timer_callback()
    {
      auto message = my_msg_package::msg::MyMsg();
      message.counter = count_++;
      RCLCPP_INFO(this->get_logger(), "Publishing: '%d, %s'", message.counter,
        message.comment.c_str());
      publisher_->publish(message);
    }
    rclcpp::TimerBase::SharedPtr timer_;
    rclcpp::Publisher<my_msg_package::msg::MyMsg>::SharedPtr publisher_;
    size_t count_;
  };

  int main(int argc, char * argv[])
  {
    rclcpp::init(argc, argv);
    rclcpp::spin(std::make_shared<MinimalPublisher>());
    rclcpp::shutdown();
    return 0;
}
```

Nach einem weiteren Build-Prozess können wir das Paket nun im erwarteten Funktionsumfang starten. Einen guten Überblick zur Behandlung von eigenen Datentypen im originären Paket oder aber in einem anderen bietet:

https://index.ros.org/doc/ros2/Tutorials/Rosidl-Tutorial/

Aufzeichnen des Prozesses

Die Aufzeichnung von ganzen Datensätzen ist einer der zentralen Debug-Techniken unter ROS. Das Mitschneiden von ausgetauschten Nachrichten:

- ermöglicht das automatisierte Testen von Algorithmen
- stellt eine Vergleichbarkeit der Evaluationen sicher
- macht reale Sensoren in einigen Situationen überflüssig.

Schauen wir uns das Ganze für einen Sensor an. Die Intel Realsense D435 eine RGB-D Kamera, mit einem ROS Interface. Der zugehörige Treiber findet sich unter folgendem Link.

```
> ros2 run realsense_ros2_camera realsense_ros2_camera
> ros2 run image_tools showimage /image:=/camera/color/image_raw
```

`ros2 bag` ermöglicht die Aufzeichnung von allen Topics oder aber eine selektive Erfassung. Im Beispiel bedeutet dies:

```
> ros2 bag record -a
[INFO] [rosbag2_storage]: Opened database 'rosbag2_2019_12_06-20_43_24'.
[INFO] [rosbag2_transport]: Listening for topics...
[INFO] [rosbag2_transport]: Subscribed to topic '/rosout'
[INFO] [rosbag2_transport]: Subscribed to topic '/parameter_events'
[INFO] [rosbag2_transport]: Subscribed to topic '/camera/depth/color/points'
```

Welche Informationen vermuten Sie hinter den einzelnen Einträgen, die hier publiziert werden? Wie gehen Sie vor, um deren Bedeutung zu ermitteln?

Mit `play` können Sie die Inhalte wieder abspielen.

```
> ros2 bag play rosbag2_2019_12_06-20_43_24.db3
```

Sehen Sie das Problem bei diesem Vorgehen, insbesondere im Zusammenhang mit RGB-D Daten? Die Messages wurden für etwa 11 Sekunden aufgenommen und trotzdem ist eine Datei mit einer Größe von einem GigaByte entstanden. Entsprechend ist es notwendig sich vor der Realisierung einer Aufzeichnung grundsätzlich Gedanken über die notwendigen Daten zu machen. Unter anderem sollten zwei Fehlkonfigurationen vermieden werden:

- Wenn zu wenige Daten aggregiert wurden, sinkt die Wiederverwendbarkeit des Datensatzes (vgl. `camera_info` Daten für overlays).
- Wenn zu viele Daten aggregiert wurden, wird die Performanz des Systems möglicherweise überstrapaziert. Die Bandbreite der Schreiboperationen auf dem Speichermedium muss die Datenrate entsprechend abdecken.

Ein Lösungsansatz ist die zeitliche Filterung der Informationen, in dem zum Beispiel nur jede 10te Nachricht gespeichert wird. Dies wiederum kann dann aber einen Einfluss auf das Verhalten des Algorithmus haben!

An dieser Stelle wird schon deutlich, wie der unter ROS1 erreichte Komfort noch nicht unter ROS2 realisiert ist. Das `rosbag` Tool unter ROS1 erreicht ein weit größeres Spektrum an Konfigurierbarkeit.

Beispiel des Einsatzes eines Bagfiles anhand der Scan-Daten im deutschen Museum in München Link. Laden Sie einen zugehörigen Datensatz mittels

```
wget -P ~/Downloads https://storage.googleapis.com/cartographer-public-data/bags
  /backpack_2d/b2-2016-04-05-14-44-52.bag
```

auf Ihren Rechner. Es handelt sich dabei um ein ROS1-bagfile!

1. Visualisierung der Dateninhalte mittels `rqt_bag`. Zuvor sollten Sie die notwendigen `rqt_bag_plugins` installieren.
2. Starten des Bagfiles unter `ros2` mittels eines Plugins für die Konvertierung

```
> source /opt/ros/noetic/setup.zsh
> source /opt/ros/foxy/setup.zsh
ROS_DISTRO was set to 'noetic' before. Please make sure that the environment does
  not mix paths from different distributions.
> ros2 bag play -s rosbag_v2 b2-2016-04-05-14-44-52.bag
```

Steuerung des Startprozesses

Sie sehen, dass wir immer weitere Konsolen öffnen, um einzelne Knoten zu starten und zu parametrisieren. Dieses Vorgehen ist für die Arbeit mit Anwendungen, die mehr als 3 Knoten umfassen ungeeignet. Dabei definiert der Entwickler ein Set von Anwendungshorizonten für den Einsatz des `launch` Systems:

- Komposition von Systemen in Systeme von Systemen zur Bewältigung der Komplexität
- Verwenden einer `include` semantic, um Fragmente wiederzuverwenden, anstatt jedes von Grund auf neu zu schreiben
- Definition von Gruppen, um Einstellungen (z.B. remappings) auf Sammlungen von Knoten/Prozessen/enthaltenen Startdateien anzuwenden
- Verwendung von Gruppen mit Namensräumen, um Hierarchien zu bilden.
- Portabilität durch Abstraktion von Betriebssystemkonzepten, z.B. Umgebungsvariablen
- Dienstprogramme, um Dateien auf dem Dateisystem auf eine verschiebbare und portable Weise zu finden, z.B. $(find <package_name>)

ROS1 setzte dabei auf launch-Files, die eine XML Beschreibung der Konfiguration enthielten. Das zugehörige File für den Start eines Hokuyo Laserscanners hätte entsprechend folgende Struktur:

/launch/hokuyo_node.launch

```
<launch>
  <node name="hokuyo" pkg="hokuyo_node" type="hokuyo_node" respawn="false" output
    ="screen">
    <param name="calibrate_time" type="bool" value="true"/>
    <param name="port" type="string" value="/dev/ttyACM0"/>
    <param name="intensity" type="bool" value="false"/>
    <param name="min_ang" value="-2.2689"/>
    <param name="max_ang" value="+2.2689"/>
    <param name="cluster" value="1"/>
    <param name="frame_id" value="hokuyo_laser_frame"/>
  </node>
</launch>
```

Üblicherweise wäre es in eine Hierachie von launch-Skripts eingebunden, die es zum Beispiel für ein SLAM Projekt referenzieren.

```
<launch>
  <param name="pub_map_odom_transform" value="true"/>
  <param name="map_frame" value="map"/>
  <param name="base_frame" value="base_frame"/>
  <param name="odom_frame" value="odom"/>

  <include file="$(find hokuyo_node)/launch/hokuyo_node.launch"/>

  <node pkg="rviz" type="rviz" name="rviz" args="-d $(find hokuyo_hector_slam
    )/launch/rviz_cfg.rviz"/>

  <include file="$(find hokuyo_hector_slam)/launch/default_mapping.launch"/>
  <include file="$(find hector_geotiff)/launch/geotiff_mapper.launch"/>

</launch>
```

Dabei werden verschiedene Nachteile von ROS1-Launch beseitigt:

- Zuordnung von Nodes zu Prozessen
- Parameterdefinition
- ROS1 kannte kein deterministisches Verhalten während der Startup-Prozesse ... *roslaunch does not guarantee any particular order to the startup of nodes -- although this is a frequently requested feature, it is not one that has any particular meaning in the ROS architecture as there is no way to tell when a node is initialized.*
- "Dynamisierung" des Startup-Prozesses

Hierfür war es notwendig die bisherige XML basierte Notation der Launch-Files aufzugeben und durch eine Skript-Sprache zu ersetzen. Dabei lag es nahe, Python als Grundlage zu verwenden. Zur Illustration einiger Features wurde das Paket `my_tutorial_package` um einen minimalistischen Subscriber für unseren individuellen Message-Typ erweitert.

launchNodes.launch.py

```
import launch
import launch.actions
import launch.substitutions
import launch_ros.actions

def generate_launch_description():
    return launch.LaunchDescription([
        launch.actions.DeclareLaunchArgument(
            'node_prefix',
            default_value=[launch.substitutions.EnvironmentVariable('USER'), '_']
              ,
            description='Prefix for node names'
        ),
        launch_ros.actions.Node(
            package='my_tutorial_package', node_executable='data_generator',
              output='screen',
            node_name=[launch.substitutions.LaunchConfiguration('node_prefix'),
              'talker'],
            arguments = ['/topic:=/newtopic']
        )
    ])
```

Innerhalb eines C++ Paketes müssen launch-Files in der CMakeLists.txt spezifiziert werden, damit Sie in den Installationsprozess einfließen:

```
install(DIRECTORY
  launch
  DESTINATION share/${PROJECT_NAME}/
)
```

Welche Ergänzungen sind notwendig, um den Subscriber entsprechend abzubilden? Nutzen Sie das Launch-File, um das "System" zu starten.

```
ros2 launch my_tutorial_package launchNodes.launch.py
```

Warum empfängt der Subscriber die Nachrichten des Publishers nicht?

Weitergehende Möglichkeiten eröffnen zeitliche Trigger für die Aktivierung einzelner Knoten. Das nachfolgende Beispiel, aktiviert den Knoten `heart_beat` erst mit einer Verzögerung von 5 Sekunden.

launchNodes.launch.py

```
import launch
import launch.actions
import launch.substitutions
import launch_ros.actions


def generate_launch_description():
    return launch.LaunchDescription([
        launch.actions.TimerAction(
            actions = [
                launch_ros.actions.Node( package='my_tutorial_package',
                  node_executable='heart_beat', output='screen')
            ], period = 5.0
        )
    ])
```

Die Implementierung kann aber auch ohne die Nutzung von `ros2 launch` als einfaches Python Skript erfolgen. Ein Beispiel findet sich unter folgendem Link

Logging

ROS1 und ROS2 implementieren ein eigenes Log-System, dass sowohl über Kommandozeilentools, wie auch mittels Python/C++ API configuriert werden kann. Den Protokollmeldungen ist eine Schweregrad zugeordnet, der eine Aktivierung oberhalb eines bestimmten Levels erlaubt. `DEBUG`, `INFO`, `WARNING`, `ERROR` oder `FATAL`, in aufsteigender Reihenfolge.

Jedem Knoten ist ein Logger zugeordnet, der automatisch den Namen und den Namensraum des Knotens enthält. Wenn der Name des Knotens extern auf etwas anderes umgestellt wird, als im Quellcode definiert ist, wird er im Loggernamen reflektiert (vgl. Launch-File Beispiel).

```
ros2 run demo_nodes_cpp listener __log_level:=debug
export RCUTILS_COLORIZED_OUTPUT=0  # 1 for forcing it or, on Windows:
                                   # set "RCUTILS_COLORIZED_OUTPUT=0"
```

```
rcutils_logging_set_logger_level("logger_name", RCUTILS_LOG_SEVERITY_DEBUG);
```

Das Loggingsystem unter ROS2 findet sich noch im Aufbau. Die entsprechenden Makros, die bereits in der rclcpp API enthalten sind (Link), decken folgende Anwendungsfälle ab. Dabei zielt die Neuimplementierung aber darauf ab, ein Interface zu definieren, das es erlaubt Logging-Bibliotheken allgemein einzubetten:

Makro	Signatur	Bedeutung
`RCLCPP_x`	logger	Die Ausgabe der Log-Nachricht erfolgt bei jedem Durchlauf.
`RCLCPP_x_ONCE`	logger	Die Ausgabe erfolgt nur einmalig.
`RCLCPP_x_SKIPFIRST`	logger	Beim ersten Durchlauf wird die Ausgabe unterdrückt, danach immer realisiert.
`RCLCPP_x_EXPRESSION`	logger, expression	Die Ausgabe erfolgt nur für den Fall, dass der Ausdruck war ist.
`RCLCPP_x_FUNCTION`	logger, function	Die Ausgabe wird nur realisiert, wenn der Rückgabewert der Funktion wahr war.
`RCLCPP_x_THROTTLE`	logger, clock, duration	Die Ausgabe erfolgt nur mit einer entsprechenden Periodizität, die über `duration` definiert wird.

Anwendungsbespiele:

Logging.cpp

```
// This message will be logged only the first time this line is reached.
RCLCPP_INFO_ONCE(this->get_logger(),  "This message will appear only once");
// Filter even counter values
RCLCPP_DEBUG_EXPRESSION(
    this->get_logger(), (counter % 2) == 0, "Count is even (expression evaluated
      to true)");
// Detect range overrun
if (counter >= 2147483647) {
    RCLCPP_FATAL(this->get_logger(), "Reseting count to 0");
    counter = 0;
}
```

Erweitern Sie die Ausgaben unseres Beispiels um eine vorgefilterte Ausgabe, so dass nur noch alle 10 Sekunden die entsprechenden Log-Nachrichten erscheinen.

Erweiterung des Knotenkonzepts

Ein verwalteter Lebenszyklus für Knoten (*managed nodes*) ermöglicht eine bessere Kontrolle über den Zustand des ROS-Systems. Es ermöglicht dem roslaunch, sicherzustellen, dass alle Komponenten korrekt instantiiert wurden, bevor es einer Komponente erlaubt, mit der Ausführung ihres Verhaltens zu beginnen. Es ermöglicht auch, dass Knoten online neu gestartet oder ersetzt werden können.

Das wichtigste Konzept dieses Dokuments ist, dass ein verwalteter Knoten eine bekannte Schnittstelle darstellt, nach einem bekannten Lebenszyklus-Zustandsautomaten ausgeführt wird und ansonsten als Blackbox betrachtet werden kann.

ROS2 definiert vier Zustände `Unconfigured`, `Inactive`, `Active`, `Finalized` und insgesamt 7 Transitionen.

> Autor: Geoffrey Biggs Tully Foote, https://design.ros2.org/articles/node_lifecycle.html

Für die Interaktion mit einem *managed node* stehen Ihnen unterschiedlichen Möglichkeiten offen. Auf der Kommandozeile kann zwischen den States mittels

```
ros2 lifecycle set /nodename X   #State Id
```

gewechselt werden. Komfortabler ist die Spezifikation in den launch-Files. Ein Beispiel für die entsprechend Realisierung findet sich unter folgendem Link