

**System Architecture Specification**

**MultiCastor 2.0**

**V 1.0 beta**

Projekt: MultiCastor 2.0

Auftraggeber: Rentschler & Stuckert

Rotebühlplatz 41/1

70178 Stuttgart

Auftragnehmer: TIT10AID - Team 4 - MCastor2.0

Fabian Fäßler

Filip Haase

Matthis Hauschild

Sebastian Koralewski

Jonas Traub

Christopher Westphal

Rotebühlplatz 41 – Raum 0.10

70178 Stuttgart

Inhaltsverzeichnis

[1. Zielbestimmung 5](#_Toc307940281)

[2. Produkteinsatz 5](#_Toc307940282)

[2.1. Beschreibung des Problembereichs 5](#_Toc307940283)

[2.2. Modell des Problembereiches 8](#_Toc307940284)

[2.3. Beschreibung der Geschäftsprozesse 9](#_Toc307940285)

[Testen der Netzwerkverbindung 10](#_Toc307940286)

[Multicast-Funktionalitätstest 10](#_Toc307940287)

[Belastbarkeitstest 10](#_Toc307940288)

[Fehlersuche 10](#_Toc307940289)

[Testbericht 10](#_Toc307940290)

[Kundendemonstration 10](#_Toc307940291)

[3. Produktfunktionen 11](#_Toc307940292)

[3.1. Use Cases – Übersicht 11](#_Toc307940293)

[3.2. Beschreibung zu /LUC10/: Send Multicast 11](#_Toc307940294)

[3.3. Beschreibung zu /LUC20/: Receive Multicast 12](#_Toc307940295)

[3.4. Beschreibung zu /LUC30/: Analyse Multicast 13](#_Toc307940296)

[3.5. Beschreibung zu /LUC40/: Configure Settings 13](#_Toc307940297)

[3.5.1. Beschreibung zu /LUC41/: Save Configuration File 13](#_Toc307940298)

[3.5.2. Beschreibung zu /LUC42/: Load Configuration File 15](#_Toc307940299)

[3.5.3. Beschreibung zu /LUC43/: Set/Delete Multicast Group Membership 16](#_Toc307940300)

[3.5.4. Beschreibung zu /LUC44/: Activate/Deactivate Multicast Group 17](#_Toc307940301)

[3.5.5. Beschreibung zu /LUC45/: Configure Server Settings 18](#_Toc307940302)

[3.5.6. Beschreibung zu /LUC46/: Configure Language Settings 20](#_Toc307940303)

[3.6. Beschreibung zu /LUC50/: Multi-Instance-Ability 21](#_Toc307940304)

[3.7. Beschreibung zu /LUC60/: Functional Testing 24](#_Toc307940305)

[4. Produktcharakteristiken 26](#_Toc307940306)

[4.1. Systemumgebung 26](#_Toc307940307)

[4.2. Hardwareumgebung 26](#_Toc307940308)

[4.3. Softwareumgebung 27](#_Toc307940309)

[5. Anhang 27](#_Toc307940310)

[5.1. Multiple MAC Registration Protocol 27](#_Toc307940311)

[Dokumentversionen 29](#_Toc307940312)

# Einführung

Dieses Dokument dient der Spezifikation der Architektur des MultiCastors Version 2.0.

Da die V2.0 komplett auf V1.0 aufsetzt, bleibt die Architekturstruktur identisch. Deshalb ist “das System [...] in Untersysteme (Subsysteme) unterteilt und die Klassen, die die Subsysteme bilden, sind ebenfalls in diesem Dokument spezifiziert. Die Aufteilung wurde so durchgeführt, um Kohäsion zu maximieren und Kopplung zu minimieren.”[[1]](#footnote-1)

Die “starke Fokussierung auf Modularität”1 der Subsysteme erlaubt eine getrennte Entwicklung von neuen Modulen, wodurch die Arbeit im Team gut aufgeteilt werden kann.

“Bei [dem] System kommt das Architekturmuster des Model View Controller zum Einsatz. Dieses beinhaltet die Strukturierung in die drei Einheiten Datenmodell (engl. model), Präsentation (engl. view) und Pro­gramm­steuerung (engl. controller). Ziel des Musters ist ein flexibler Programmentwurf, der eine spätere Änderung oder Erweiterung erleichtert und [die] Wiederverwendbarkeit der einzelnen Komponenten [erhöht].”1

Die Anbindung an das Testframework STAF/STAX, welche in V2.0 hinzukommt, ist eine eigene Säule in der Entwicklung, da dazu der MultiCastor nicht verändert werden muss, somit kann die Entwicklung komplett getrennt erfolgen.

Das MMR-Protokoll hingegen wird modular in den bestehenden MultiCastor integriert werden.

Einzig für die GUI müssen nennenswerte Eingriffe in bereits bestehende Module vorgenommen werden.

# Systemübersicht

## Systemumgebung

Der MultiCastor2.0 stellt einige Anforderungen an die Hardware- und Softwareumgebung. Bei der Entwicklung wurde darauf geachtet, dass der MultiCastor sowohl auf Windows als auch auf unixbasierten Betriebssystemen einwandfrei funktioniert. Außerdem muss das System über eine intakte Netzwerkverbindung verfügen, um Tests durchzuführen. Ausnahme stellt hierbei der Loopback-Modus dar, bei dem Sender und Empfänger auf dem gleichen Host ausgeführt werden.

## Hardwareumgebung

Die Hardware muss so gewählt werden, dass eine Java-Laufzeitumgebung auf Windows oder einem unixbasierten Betriebssystem installiert und dauerhaft betrieben werden kann. Die Hardware muss über eine Netzwerkschnittstelle verfügen, auf die über eine Softwareschnittstelle zugegriffen werden kann (Ausnahme stellt auch hier wieder der Loopback-Modus dar). Um MMRP-Anfragen bearbeiten zu können, wird ein MMRP-fähiger Switch benötigt.

## Softwareumgebung

Der MultiCastor2.0 wird komplett in der Programmiersprache Java V1.6 umgesetzt. Es werden auch bei einer Weiterentwicklung des Multicastors nur die Standard-Java-Bibliotheken verwendet. Demnach muss eine Java-Laufzeitumgebung der Version 1.6 auf dem Hostsystem installiert und verfügbar sein.

# Architekturkonzept

## (erweiterte) Architekturübersicht

bla

## Änderungen an der grafischen Oberfläche

### Einführung

Im Vergleich zur Version 1.0 des MultiCastors, wird in der Version 2.0 besonderer Wert auf eine logischere und benutzerfreundlichere Bedienung gelegt. Einerseits wurde das Feedback der Benutzer analysiert und ausgewertet, um die Steuerung spürbar zu vereinfachen und das Arbeiten mit dem MultiCastor2.0 angenehmer zu gestalten. Andererseits wurden auch eigene Ideen und Verbesserungen eingebaut, die ebenfalls zu einer angenehmeren Bedienung beitragen.

Elemente der Benutzeroberfläche, die sich bewährt haben, wurden in die Version 2.0 des MultiCastors übernommen.

### Aufbau Allgemein

Die grafische Benutzeroberfläche baut auf einem normalen Frame auf und ist vom Betriebssystem abhängig. Das bedeutet, dass das Fensterdesign sich dem Design des verwendeten Betriebssystems anpasst. Die grobe Struktur und Anordnung der GUI-Elemente lehnt sich hauptsächlich an die Version 1.0 an und wurde an entsprechenden Stellen abgeändert oder weiterentwickelt.



Abbildung : Neuer Gui-Aufbau

Das Frame beinhaltet mehrere Panels, welche die Steuerung logisch gruppieren und sinnvoll zusammenfassen (vier Hauptbereiche). Diese Bereiche sind in der obigen Abbildung farbig (blau, grün, gelb und rot) markiert und werden in den Folgeabschnitten noch genauer betrachtet.

### Fenstertitel

Bisher existierte das Problem, dass man zwar mehrere Instanzen des MultiCastors starten konnte, jedoch der Fenstertitel immer gleich lautete. Sobald der Benutzer mehrere Instanzen geöffnet hatte, wurde es schnell unübersichtlich. Mit der Version 2.0 wurde dieser Umstand beseitigt, indem sich der Fenstertitel automatisch danach richtet, in welchem "Tab" man sich befindet.



Abbildung : Unterschiedliche Fenstertitel

Eine Besonderheit stellt eine neue Funktion dar, die es dem Benutzer ermöglicht, sogar eigene individuelle Fenstertitel anzugeben. Dazu öffnet man das Options-Menü und klickt auf "Change Window-Title" (siehe Abbildung).

### Menü

Das Menü besteht aus den drei Reitern "Menu", "Options" und "Info".



Abbildung : Menü

Im Menü können Konfigurationsdateien geladen und gespeichert werden. Die Funktion, dass die drei zuletzt gespeicherten Konfigurationsdateien in einer Schnellauswahl angezeigt werden, wurde in der Version 2.0 beibehalten. Dadurch können Konfigurationsdateien mit einem Klick und ohne zusätzlichen Dateiauswahldialog geladen werden.

Wie aus den meisten anderen Programmen bekannt, kann auch der MultiCastor2.0 über das Menü ordnungsgemäß beendet werden.

Unter "Options" kann der Benutzer weitere Einstellungen vornehmen. Unter anderem wird dem Benutzer ermöglicht, einen eigenen Fenstertitel anzugeben (siehe Beschreibung in vorherigem Abschnitt).



Abbildung : Optionen

Das "User-Level" ist eine Einstellmöglichkeit, die aus dem MultiCastor1.0 übernommen wurde. Hier kann der Benutzer die GUI nach seinen Bedürfnissen anpassen (Beginner / Expert). In der folgenden Tabelle ist zu erkennen, welche Elemente der GUI sichtbar sind und welche nicht (grün = sichtbar; rot = nicht sichtbar; gelb = nicht editierbare Standardwerte):

|  |  |
| --- | --- |
| Beginner | Expert |
| Steuerung – Start / Stop Button | Steuerung – Start / Stop Button |
| Steuerung – New Button | Steuerung – New Button |
| Steuerung – (De-)Select All Button | Steuerung – (De-)Select All Button |
| Steuerung – Delete Button | Steuerung – Delete Button |
| Konfiguration – Mac Address | Konfiguration – Mac Address |
| Konfiguration – Group IP | Konfiguration – Group IP |
| Konfiguration – Source IP | Konfiguration – Source IP |
| Konfiguration – Port | Konfiguration – Port |
| Konfiguration – Packet Length | Konfiguration – Packet Length |
| Konfiguration – TTL | Konfiguration – TTL |
| Konfiguration – Paket Rate | Konfiguration – Paket Rate |
| Konfiguration – Active | Konfiguration – Active |
| Konfiguration – Enter | Konfiguration – Enter |
| Spalte - State | Spalte – State |
| Spalte - ID | Spalte – ID |
| Spalte - Group IP Address | Spalte - Group IP Address |
| Spalte - Source IP Address | Spalte - Source IP Address |
| Spalte - Port | Spalte – Port |
| Spalte - Desired Packet Rate | Spalte - Desired Packet Rate |
| Spalte - Measured Packet Rate | Spalte - Measured Packet Rate |
| Spalte - Time To Live | Spalte - Time To Live |
| Spalte - Packet Length (bit) | Spalte - Packet Length (bit) |
| Spalte - Total Packets Sent | Spalte - Total Packets Sent |
| Spalte - Number of Interruptions | Spalte - Number of Interruptions |
| Spalte - Average Interruption Time | Spalte - Average Interruption Time |
| Spalte - Packet Loss per Second | Spalte - Packet Loss per Second |

Bei der Option "AutoSave" kann der Benutzer festlegen, ob das automatische Speichern im Hintergrund aktiviert werden soll. Dies kann in bestimmten Fällen zu einem angenehmeren Workflow beitragen.

### Tableiste

Die Tableiste wurde beim MultiCastor2.0 umgebaut und komfortabler gestaltet.



Abbildung : Neue Tableiste

Die alten IPv4 -und IPv6-Tabs werden in der Version 2.0 vollständig durch Sender -und Receiver-Tabs (jeweils Layer-2 und -3) ersetzt. Hintergrund ist hierbei, dass die Version 2.0 das MMR-Protokoll unterstützt.

Wie auf der obigen Abbildung ersichtlich, können Tabs jederzeit ausgeblendet werden, indem man auf das "X" hinter dem Namen des Tabs klickt. Bei Bedarf können Tabs natürlich auch wieder eingeblendet werden. Dazu klickt man auf das "+" am Ende der Tab-Auflistung (siehe roter Pfeil in der obigen Abbildung).

### Multicast-Steuerung

Mit Hilfe der Multicast-Steuerung werden die Sender und Empfänger gesteuert und verwaltet. Die Steuerung kann für beide – Sender als auch Empfänger – verwendet werden.

Im Vergleich zur Version 1.0 des MultiCastors wurde in der Version 2.0 ein besonderer Wert auf eine benutzerfreundlichere Steuerung gelegt. Die Menge der Buttons wurde reduziert, indem Buttons mit ähnlichen Funktionalitäten zusammengelegt wurden. Des Weiteren wurde die Anordnung der Buttons logischer und intuitiver gestaltet.

So wurde beispielsweise der "Start / Stop"-Button optisch hervorgehoben und rechts unten platziert, da Buttons dieser Art (z.B. "Weiter", "Start", ...) sich in den meisten anderen Programmen ebenfalls rechts unten etabliert haben. Der Benutzer findet sich also schneller zurecht.

Da das Auswählen von Einträgen und das Löschen oft direkt nacheinander ausgeführt werden, wurden beide Buttons direkt nebeneinander angeordnet. Der Benutzer agiert hierbei also lediglich in der ersten "Buttonzeile".

Des Weiteren wurden die Buttons "Select All" und "Deselect All" zusammengelegt, da das Programm beim Klick auf den Button "(De-)Select All" selbstständig entscheiden kann, ob es Sinn macht, alles auszuwählen oder die bestehende Auswahl zu entfernen ist.



Abbildung : Vergleich alte vs. neue MC-Steuerung

Im Folgenden werden die Funktionen der Multicast-Steuerung beschrieben:

* "(De-)Select All": Markiert oder entfernt die Markierung aller vorhandenen Einträge in der Multicast-Übersicht
* "Delete": Löscht die ausgewählten Einträge in der Multicast-Übersicht
* "New": Löscht alle Eingaben aus dem oben genannten Multicast-Konfigurationspanel und hilft dem Benutzer durch die Verwendung von Tooltips bei der Eingabe der neuen Werte
* "Start / Stop": Je nachdem, ob ein ausgewählter Eintrag bereits aktiviert oder deaktiviert ist, wird der Eintrag aktiviert oder deaktiviert. Wird ein Eintrag aktiviert, bedeutet dies, dass der entsprechende Sender / Empfänger gestartet wird. Wird ein Eintrag deaktiviert, bedeutet dies, dass beim Sender das Senden deaktiviert wird. Beim Empfänger werden alle markierten und abonnierten Multicasts abbestellt.

### Multicast Konfiguration

Das Konfigurationspanel wird aus Version 1.0 übernommen. Es wird jedoch erweitert, so dass es auch die Eingabe einer MAC-Adresse bei Bedarf verlangt, da diese für das MMR-Protokoll benötigt wird.

Das Tool prüft bereits bei der Eingabe, ob korrekte Werte in die entsprechenden Felder eingegeben wurden. Sind die Werte korrekt, wird das Feld grün umrandet; andernfalls rot.



Abbildung : Multicast Empfänger (Layer-3)

Jedes Textfeld besitzt außerdem noch einen eigenen so genannten „Tooltip", der eingeblendet wird, wenn der Benutzer länger als eine Sekunde mit dem Mauszeiger über dem entsprechenden Textfeld bleibt. Dieser "Tooltip" liefert Informationen über akzeptierte Eingabewerte.

### Multicast Auswertung

Die Auswertung der Multicasts wird in zwei verschiedenen Bereichen jeweils beim Sender und Empfänger angezeigt. Die Anzeige der Auswertung kann vollständig und ohne größere Änderungen aus der Version 1.0 übernommen werden.

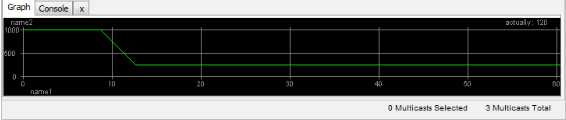


Abbildung : Ansicht des Graphen

Der Sinn des Graphen ist es, die gewonnenen Werte optisch aufzubereiten und übersichtlich darzustellen. Dazu wird eine Graphenklasse erstellt, die einen Graphen zeichnet. Die Klasse erweitert die Java Klasse JPanel. Das Panel ist in die grafische Benutzeroberfläche integriert.

Für den Graphen wird es keine Scrollleisten geben, der Graph muss also bei jedem Fenster-Resize neu und in der Größe angepasst gezeichnet werden.

Folgende Graphen werden implementiert:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Funktion | Graph | Beschreibung |
| Sender | Total Packet Rate | Stellt die Paketrate über Zeit dar |
| Empfänger | Jitter | Stellt die Jitter-Werte über Zeit dar |
| Lost Packets | Stellt die verloren gegangenen Pakete über Zeit dar |
| Measured Packet Rate | Stellt die gemessene Paket Rate über Zeit dar |

### Multicast-Anzeige

Die Anzeige der Multicast Empfänger und Sender wird vollständig aus der Version 1.0 übernommen, da sie sich in dieser Form bewährt hat. Die tabellarische Ansicht wird jedoch noch um eine Spalte "MAC Address" erweitert, da die Version 2.0 des Multicastor-Tools das MMR-Protokoll unterstützt.



Abbildung : Multicast-Anzeige

Die Einträge in der Multicast Anzeige können wahlweise direkt über die jeweilige Zeile oder über die Multicast Steuerung angesprochen werden.

Sender und Empfänger können demnach über die Checkbox am Anfang der Zeile gestartet oder gestoppt werden. Ist ein Empfänger oder Sender gestoppt, können die Attribute bearbeitet werden, indem die entsprechende Zeile ausgewählt wird. In der Multicast-Konfiguration können dann die Werte geändert und aktualisiert werden.

|  |  |
| --- | --- |
| Tabellenspalten Sender | Tabellenspalten Empfänger |
| State | State |
| ID | ID |
| MAC Address (nur Layer 2) | MAC Address (nur Layer 2) |
| Group IP Address (nur Layer 3) | Group IP Address (nur Layer 3) |
| Source IP Address (nur Layer 3) | Source IP Address (nur Layer 3) |
| Port (nur Layer 3) | Port (nur Layer 3) |
| Desired Packet Rate | Desired Packet Rate |
| Measured Packet Rate | Measured Packet Rate |
| Time To Live | Number of Interruptions |
| Packet Length (bit) | Average Interruption Time |
| Total Packets Sent | Packet Loss per Second |

Wie in der obigen Tabelle zu sehen, sind die Tabellenspalten für Sender und Empfänger sehr ähnlich. Daher wird auch hier ein gemeinsames Tabellenmodell verwendet, welches jeweils für Sender / Receiver und Layer-2 / Layer-3 unterschieden und angepasst wird.

Die Tabelle bietet die Möglichkeit, mehrere Einträge zu markieren und zu bearbeiten. Die Einträge können auf drei unterschiedliche Weisen markiert werden.

Die einzelne Auswahl eines Senders oder Empfängers erlaubt die Änderung aller Parameter über das Konfigurationspanel.

Eine Mehrfachauswahl von Sendern oder Empfängern erlaubt ebenfalls eine Änderung aller Parameter mit Ausnahme der Multicast Adresse, der Source Adresse und des Ports, da diese nicht bei mehreren Sendern gleich sein können.

Keine Auswahl führt dazu, dass der User im Konfigurationspanel neue Multicasts hinzufügen kann.

Bei Einfach- und Mehrfachauswahl ist es zudem möglich, die Sender und Empfänger über das Control Panel zu starten, zu stoppen und zu löschen.

## Änderungen an der Konfiguration

Die Konfiguration im MultiCastor2.0 soll modularer gestaltet werden. Um dies zu erreichen, wird es folgende Konfigurationsdateien geben:



Abbildung : verschiedene Konfigurationsdateien

### Programmkonfiguration

Die Programmkonfiguration wird in einer XML[[2]](#footnote-2)-Datei gespeichert. Sie umfasst folgende Punkte:

* ausgewählte Sprache [en / de / ...]
* automatisches Speichern [an / aus]
* ausgewähltes Userlevel [Beginner / Expert]
* Fensternamen [Multicastor / eigene Eingabe]
* standartmäßig aktiver Tab [L2 Sender / L2 Receiver / L3 Sender / L3 Receiver]
* Standartwerte für das Hinzufügen eines neuen Senders / Receivers
  + L2 Sender Standartwerte
  + L2 Receiver Standartwerte
  + L3 Sender Standartwerte
  + L3 Receiver Standartwerte
* Reihenfolge der Spalten

### Userkonfiguration

Auch Userkonfigurationen werden in XML-Dateien gespeichert.   
Diese umfassen folgende Punkte:

* L2 Sender
  + Multicast-MAC-Adresse
* L2 Receiver
  + Multicast-MAC-Adresse
* L3 Sender
  + Multicast-IP-Adresse
  + Netzwerkinterface
  + Port
  + Paketlänge
  + TTL[[3]](#footnote-3)
  + gewünschte Datenrate
* L3 Receiver
  + Multicast-IP-Adresse
  + Port
* PC-Kennung und Speicherzeitpunkt

Es soll ein inkrementelles Laden sowie Speichern ermöglicht werden.

Beim Laden bedeutet dies, dass der Nutzer entweder eine ganze Konfigurationsdatei laden, oder aber auch nur Teile der Datei auswählen kann. Des Weiteren kann er inkrementell aus mehreren Dateien hintereinander laden, ohne dass vorher geladene Konfigurationen verloren gehen.

Ebenso kann der Nutzer beim Speichern die komplette Konfiguration speichern, oder aber auch nur Teile. Des Weiteren hat der Nutzer die Möglichkeit bestimmte Konfigurationen in eine schon bestehende Konfigurationsdatei hineinzuspeichern.

### Sprachkonfigurationsdateien

Es wird für jede Sprache jeweils eine Sprachdatei geben. Es werden eine englische und eine deutsche Sprachdatei zu Verfügung gestellt. Der Nutzer hat die Möglichkeit, weitere Sprachdateien zu erstellen und im MultiCastor zu laden.

Wenn eine neue Sprache eingestellt wird, wird eine Warnung ausgegeben, wenn gerade ein Multicast-Strom aktiv ist, denn um die Sprache zu ändern, muss der Multicastor neugestartet werden.

Wie eine Sprachdatei zu erstellen ist, ist dem - im Multicastor integrierten - Manual zu entnehmen.

### Manual-PDF

Die Beschreibung, sowie die Konfiguration des MultiCastors ist dem Manual-PDF zu entnehmen, welches direkt aus dem MultiCastor (unter Info->Help) geöffnet werden kann.

Hinsichtlich der Multilingualität wird das Manual von uns in englischer und deutscher Ausführung zur Verfügung gestellt. Der MultiCastor öffnet anhand der eingestellten Sprache das entsprechende PDF. Wenn eine Sprache eingestellt ist, zu der es kein Manual gibt, wird das englische Manual angezeigt.

# Integration eines neuen Protokolls – MMRP

In diesem Abschnitt wird das MMR-Protokoll dargestellt. Es wird erklärt, welche Aufgaben das Protokoll zu erledigen hat, wie die Kommunikation abläuft, wie die einzelnen Switches aufgebaut werden müssen, um MMRP zu unterstützen und wie der Aufbau der Zustandsautomaten und des MMRP-Paketes aussieht.

## Einführung in das Multiple MAC Registration Protokolls

Mit Hilfe des MMR-Protokolls sollen die Switche im Netzwerk selbstständig Multicast betreiben. Da Switche nur auf der Layer-2-Ebene kommunizieren können, muss das Protokoll auch dort anknüpfen. Die folgenden Absätze werden darstellen, welche Aufgabe MMRP bewältigen muss, um Multicast zu betreiben.

### Registrierung von Multicast-Pfaden

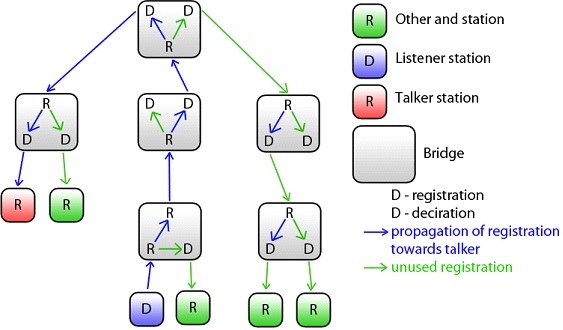


Abbildung : Registrierung von MC-Pfaden

Jeder einzelne Switch muss in der Lage sein, den Empfänger mit dem Sender verbinden zu können, unabhängig davon, wie viele Zwischenstationen vorhanden sind. Erst bei einem registrierten Pfad vom Empfänger zum Sender kann ein erfolgreiches Multicasting stattfinden.

### Reservierung von Multicast-Pfaden

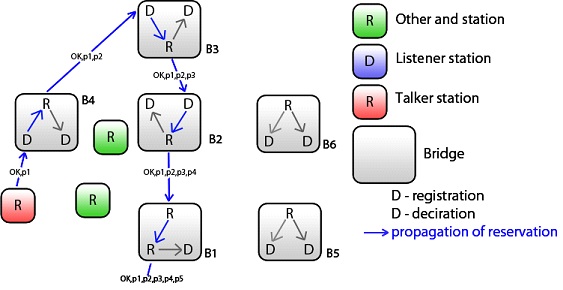


Abbildung : Reservierung von MC-Pfaden

Eine erfolgreiche Registrierung alleine, ermöglicht noch keinen Multicast. Der Empfänger muss seine angeforderten Daten erhalten können. Dieser Vorgang wird als Reservierung der Multicast-Pfade bezeichnet. Die Switches haben sich die Ports gemerkt, durch die die Empfänger verbunden sind. Beim Senden der Multicast-Pakete werden die reservierten Pfade genutzt, um die Pakete zu den Empfängern zu übertragen.

### Deregistrierung von Multicast-Pfaden

Die Switches müssen ebenfalls in der Lage sein, die registrierten Pfade wieder freizugeben. Dies kann zwei verschiedene Gründe haben:

* Der Empfänger möchte die Daten nicht mehr empfangen.
* Der Sender löst seine Multicast Gruppe auf.

Das Freigeben von Multicast-Pfade bezeichnet man auch als *Source-Pruning*.

## Die Funktion des MMR-Protokolls

Hier wird beschrieben, wie MMRP funktioniert. Es wird betrachtet, wie ein Switch aufgebaut sein muss, um MMRP zu unterstützen, wie die Zustandsautomaten untereinander kommunizieren und wie die Kommunikation abläuft, wenn man einen Pfad registrieren, reservieren oder freigeben will.

**// TODO: GRAFIK(Drei Switche stehen in Kommunikation. An Switch 1 & 2 ein Host)**

### Nachrichtentypen beim MMR-Protokoll

Es gibt 6 Nachrichtentypen, die im MMRP definiert sind. Jeder Nachrichtentyp erfüllt seine eigene Funktion.

1. JoinIn (*Applicant* deklariert und registriert)
2. In (*Applicant* ***nicht*** deklariert und registriert)
3. JoinEmpty (*Applicant* deklariert und **nicht** registriert)
4. Empty (*Applicant* **nicht**deklariert und **nicht** registriert)
5. Leave (*Applicant* deregistrieren)
6. LeaveAll (Alle *Applicants* deregistrieren)

### Beschreibung der Zustandsautomaten

***Registrar state machine***: Die *Registrar state machine* verwaltet die registrierten MAC-Adressen. Pro Multicast-Strom, der gesendet wird, benötigt man eine *Registrar state machine.* Ein Switch, der einen Multicast Strom nur empfängt, benötigt keine *Registrar state machin* zu initialisieren.

***Applicant state machine:*** Die *Applicant state machine* wird genutzt, um die Kommunikation im Netzwerk herzustellen. Die *Applicant state machine* versendet Nachrichten ins Netzwerk und stellt die Kommunikation zwischen *Applicant state machine* und/oder *Registrar state machine* her. Pro Multicast-Strom, der gesendet bzw. empfangen wird, benötigt man eine *Applicant state machine.*

***Application-Only:*** Als *Application-Only* bezeichnet man eine *Applicant state machine,* die nur Multicastströme empfängt, sie jedoch nicht sendet.

***LeaveAll state machine:*** Die *LeaveAll state machine* versendet in bestimmten Zeitpunkten LeaveAll Nachrichten, um unbenutzte Multicastströme zu entfernen. Jeder Switch benötigt nur eine *LeaveAll state machine.*

***PeriodicTransmission state machine:*** Eine *PeriodicTransmission state machine* sendet an die dazu gehörigen *Applicant state machine* Nachrichten, dass die *Applicant state machine* aktive JoinIN Nachrichten verschicken soll. Dies soll einerseits zur Überprüfung dienen, ob der Multicaststrom vorhanden ist und andererseits ist bei Netzwerkänderungen garantiert, dass die Verbindung schnell hergestellt wird.

### Kommunikation – Verbindung vom Empfänger zu Sender herstellen

1. *Application-Only* vom Switch 1 schickt eine JoinIn Nachricht an die *Applicant state machine* am Port 2 in Switch 1.
2. Die *Registrar state machine* am Port 2 registriert die MAC-Adresse vom Host und teilt der *Applicante state machine* mit, dass eine MAC-Adresse registriert wurde.
3. Die *Applicant state machine* sendet daraufhin eine JoinIn Nachricht an den *Application-Only* zurück.
4. Der *Application-Only* sendet als Bestätigung eine JoinIn Nachricht zurück.
5. Die *Applicant state machine* führt dieselbe Art von Bestätigung nochmals aus. Die erste Verbindung wurde erfolgreich hergestellt.
6. Um Switch 1 mit Switch 2 zu verbinden, müssen die zwei *Applicant state machines* ebenfalls eine Verbindung herstellen. Die Verbindungsherstellung funktioniert genauso wie in Schritt 1 bis 5 beschrieben.
7. Dieser Vorgang zieht sich durch bis die *Applicant state machine* vom Sender verbunden ist. Damit ist die Verbindung vom Empfänger zum Sender hergestellt.

### Kommunikation – Verbindung vom Empfänger zum Sender trennen

1. *Application-Only* vom Switch 1 schickt eine Leave Nachricht an die *Applicant state machine* am Port 2 in Switch 1.
2. Da keine JoinIn Nachricht vom *Application-Only* mehr kommt, deregistriert die *Registrar state machine die MAC-Adresse.* Daraufhin schickt die *Applicant state machine* ebenfalls eine Leave-Nachricht an Switch 2.
3. Dieser Vorgang wiederholt sich, bis sie beim Sender ankommt. Die Verbindung wurde erfolgreich aufgelöst.

## Systemdesign und Programmstruktur

In diesem Abschnitt werden die einzelnen Zustandsautomaten dargestellt. Es wird erläutert, wie sie aufgebaut sind und wie sie auf bestimmte Events reagieren. Des Weiteren wird der Aufbau des MMRP-Pakets dargestellt. Hier wird deutlich, wie sich der Aufbau einer JoinIn Nachricht von beispielsweise einer JoinEmpty Nachricht unterscheidet.

### Zustandsautomat – Registrar state machine

**Zustandsautomat:**

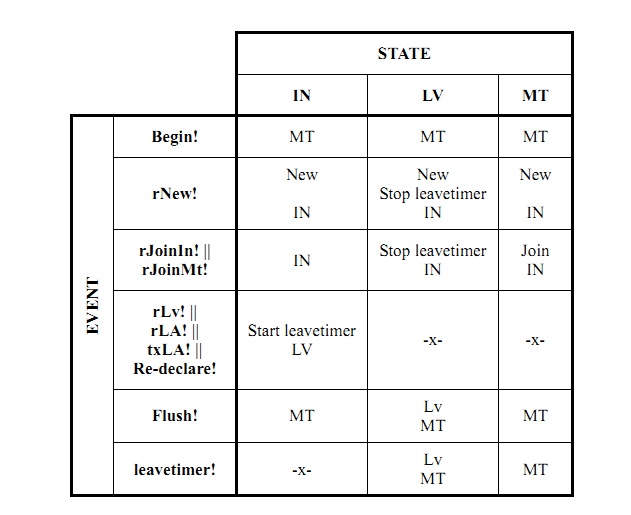


Abbildung : Registrar state machine, Quelle[[4]](#footnote-4)

**Zustände:**

|  |  |
| --- | --- |
| Zustand | Bedeutung |
| IN | MAC-Adresse wurde gespeichert |
| LV | Registrar hat eine Leave Nachricht erhalten. Wenn keine JoinIn Nachricht kommt, wechselt der Automat in den MT Zustand |
| MT | Registrar ist leer |

**// TODO: Ab hier sind alle Bedeutungen C&P von der Bachelorarbeit, evtl. Neuformulierung**

**Events:**

|  |  |
| --- | --- |
| Event | Bedeutung |
| Begin! | Event zum Starten und initialisieren des Zustandsautomaten. |
| rNew! | Event zum schnellen Registrieren von Attributen. (Findet keine Verwendung in MMRP.) |
| rJoinIn! | Empfang einer JoinIn-Nachricht über das Netzwerk |
| rJoinMt! | Emfpang einer JoinMT-Nachricht über das Netzwerk. (Wird von der Applicant state machine generiert. Der Unterschied zur JoinIn-Nachricht wird dort erklärt) |
| rLv! | Empfang einer Leave-Nachricht über das Netwerk. Dient zur Deregistrierung |
| rLA! | Empfang einer LeaveAll-Nachricht über das Netzwerk. Zur Deregistrierung durch den garbage collector. |
| txLA! | Event für die Übertragungsmöglichkeit und einer LeaveAll-Nachricht tritt ein. Hier keine größere Änderung als bei einem normalen rLA!-Event |
| Re-declare! | Event, das einen Port-Rollen-Wechsel anzeigt. (Von Designated-Port zu Root-Port oder Alternate-Port |
| Flush! | Event, das einen Port-Rollen-Wechsel anzeigt. (Von Root-Port oder Alternate-Port zu Designated-Port.) |
| leavetimer! | Der leavetimer ist abgelaufen und generiert dieses Event, um anzuzeigen, dass der Time-Out zum Reregistrieren vorbei ist. |

### Zustandsautomat – Applicant state machine

**Zustandsautomat:**

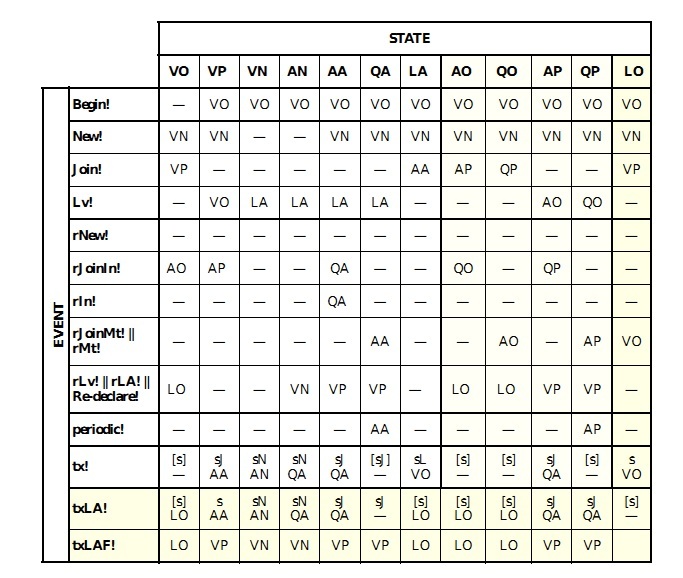


Abbildung : applicant state machine, Quelle[[5]](#footnote-5)

**Anmerkung:**

* Weiße Zustände stellen einen Application-Only Automaten dar.
* Hellgelbe Zustände fallen weg, wenn es sich um ein Point-to-Poin-Netzwerk handelt.

**Zustände:**

|  |  |
| --- | --- |
| Zustand | Bedeutung |
| VO | *Very anxious Observer* - Zustand, in dem sich der Automat zu Beginn beendet. Dieser wird auch beim Verlassen der Registrierung wieder erreicht. |
| VP | *Very anxious Passive* - Der Automat kommt in den Zustand, da er aufgefordert wurde,  die Adresse zu deklarieren. (Dies geschieht durch die internen Join! -Nachrichent, die beispielsweise der Registrar aussendet.) |
| VN | *Very anxious New* - Nicht weiter beschrieben; MMRP macht keinen Gebrauch des New! -Kommandos, welcher zu diesem Zustand führt |
| AN | *Anxious New* - siehe: VN |
| AA | *Anxious Active* - Die Applikation beendet sich bei der Deklaration der Adresse. Sie hat bereits eine Join-Nachricht versendet und sendet beim nächsten tx!-Event die zweite Join-Nachricht aus. |
| QA | *Quiet Active* - Zustand, in dem die Applikation die Anzahl der nötigen Join-Nachrichten abgesetzt hat. Dies ist der Zustand nach erfolgter Deklaration der Adresse. |
| LA | *Leaving Active* - Die Applikation war bereits bei der Deklaration der Adresse und hat eine interne Lv-Nachricht empfangen. Sie sendet beim auftretenden tx!-Event eine Lv-Nachricht über das Netzwerk aus. |
| AO | *Anxious Observer* - Die Applikation deklariert selbst keine Adressen, hat aber eine JoinIN-Nachricht (durch das Netzwerk) erhalten. |
| QO | *Quiet Observer* - Die Applikation deklariert selbst keine Adressen, hat aber eine JoinIN - Nachricht (durch das Netzwerk) erhalten. |
| AP | *Anxious Passive* - Die Applikation hat eine JoinIN-Nachricht empfangen. Anschließend wird sie aufgefordert, diese Adresse im Netzwerk zu deklarieren. (VO->AO->AP) |
| QP | *Quiet Passive* - Die Applikation hat zwei JoinIN-Nachrichten empfangen, um in den QO - Zustand zu kommen. Nun wird sie intern aufgefordert, selbst die Adresse zu deklarieren.  In der Zwischenzeit sind zwei JoinIN-Nachrichten bei ihr eingegangen, deswegen muss sie selbst keine Nachricht versenden und kann im Zustand QP verbleiben. |
| LO | *Leaving Observer* - Die Applikation deklariert diese Adresse nicht. Sie hat aber eine Lv-, LeaveALL- oder Re-Declare-Nachricht empfangen. Beim nächsten tx!-Event versendet sie eine Empty -Nachricht. |

**Events:**

|  |  |
| --- | --- |
| Event | Bedeutung |
| Begin! | Event zur Initialisierung des Automaten. |
| New! | Event zum schnellen Registrieren von Attributen. (Findet keine Verwendung in MMRP.) |
| Join! | Internes Event; Aufforderung zur Deklaration der Adresse. |
| Lv! | Internes Event; Aufforderung die Deklaration zu deregistrieren. |
| rNew! | Externe New-Message. (Findet keine Verwendung in MMRP.) |
| rJoinIn! | Externes Event; Die Application state machine des verbundenen Switches wurde aufgefordert, die Adresse zu deklarieren. Sie hat eine Join-Nachricht abgesetzt, die sagt, dass ihr eigener Zustandsautomat sich im Zustand IN beendet. (Oder, dass sie eine Applicant-Only state machine ist.) |
| rIn! | Externes Event; der Automat hat den Zustand eines verbundenen Registrars durch einen verbundenen Applicant state machine empfangen. Er befand sich im Zustand IN. |
| rJoinMt! | Externes Event; Join-Nachricht wurde empfangen mit der Information, dass sich der entsprechende Registrar nicht im Zustand IN befindet. |
| rMt! | Externes Event; Die Nachricht informiert darüber, dass sich der entsprechende Registrar nicht im Zustand IN beendet. |
| rLv! | Externes Event; Die Nachricht informiert darüber, dass sich der entsprechende Registrar nicht im Zustand IN beendet. |
| rLA! | Dieses Event kann sowohl von einer externen als auch von einer internen Quelle stammen. Zeigt an, dass eine LeaveAll-Nachricht empfangen wurde. Eventuelle Deklarationen müssen erneut deklariert werden, um einen Abbau der Deklaration zu vermeiden. |
| Re-declare | Internes Event; Erneutes Deklarieren durch Wechsel der Port-Rolle nötig. |
| periodic! | Internes periodisches Event, das durch die Periodic state machine erzeugt wird. |
| tx! | Event, das anzeigt, dass nun eine Übertragungsmöglichkeit existiert. |
| txLA! | Event für die Übertragungsmöglichkeit mit zeitgleicher LeaveAll-Nachricht. |
| txLAF | Event für die Übertragungsmöglichkeit mit zeitgleicher LeaveAll -Nachricht und fehlendem Platz für weitere Adressen. |

### Zustandsautomat - LeaveAll state machine

**Zustandsautomat:**

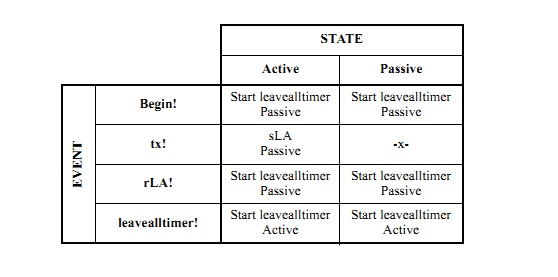


Abbildung : LeaveAll state machine, Quelle[[6]](#footnote-6)

**Zustände:**

|  |  |
| --- | --- |
| Zustand | Bedeutung |
| Active | Automat ist bereit eine LeaveAll-Nachricht zu verschicken |
| Passive | Automat ist inaktiv |

**Events:**

|  |  |
| --- | --- |
| Event | Bedeutung |
| Begin! | Event zur Initialisierung des Automaten |
| tx! | Event, das anzeigt, dass nun eine Übertragungsmöglichkeit existiert |
| rLA! | Eine Externe LeaveAll-Nachricht wurde empfangen  **// TODO: ab hier wieder selbst verfasst** |
| leavealltimer! | Event verursacht, dass der Automat eine LeaveAll-Nachricht verschickt. |

### Zustandsautomat - Periodic Transmission state machine

**Zustandsautomat:**

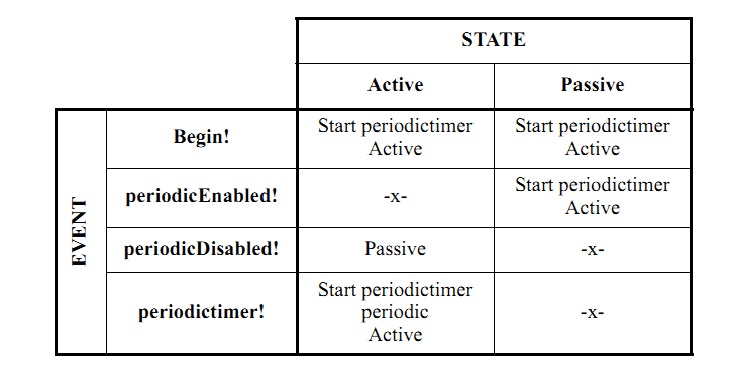


Abbildung : Periodic Transmission state machine, Quelle[[7]](#footnote-7)

**Zustände:**

|  |  |
| --- | --- |
| Zustand | Bedeutung |
| Active | Automat ist aktiv |
| Passive | Automat ist inaktiv |

**Events:**

|  |  |
| --- | --- |
| Event | Bedeutung |
| Begin! | Der Automat wird initialisiert |
| periodicEnabled! | Periodic Transmission state machine wurde aktiviert |
| periodicDisabled! | Periodic Transmission state machine wurde deaktiviert |
| periodictimer! | Automat schickt ein internes periodic Event an die Applicant state machine |

### Das MMRP-Paket

Generell werden im Netzwerk Pakete im IEEE 802.3-Frame Format verschickt. Dieses Format ist folgendermaßen aufgebaut:

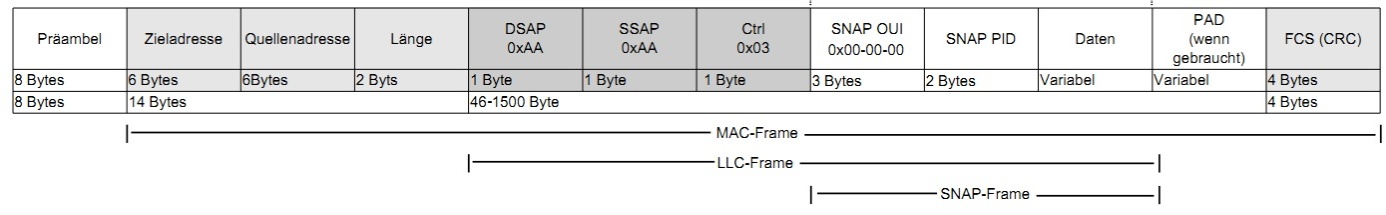


Abbildung : Paketaufbau nach IEEE 802.3, Quelle[[8]](#footnote-8)

**Erläuterungen zum IEEE 802.3-Frame**

|  |  |
| --- | --- |
| Frame Abschnitt | Bedeutung |
| Präambel | Dient zur zeitlichen Abstimmung der Kommunizerenden (Quelle: Wikipedia) |
| Zieladresse | MAC-Adresse vom Empfänger |
| Quellenadresse | MAC-Adresse vom Sender |
| Länge | Größe des Pakets |
| DSAP | Destination Service Access Point, enthält das Individual oder das Group Bit |
| SSAP | Source Service Access Point; Bit sagt aus, ob es ein Commad oder eine Response Nachricht ist |
| Ctrl | Dienst zur Erkennung, ob ein SNAP-Frame enthalten ist |
| SNAP OUI | Enthält den Wert 0x000 zur Erkennung, welcher Protokolltyp enthalten ist |
| SNAP PID | Enthält den Protokolltyp |
| Daten | protokollspezifische Daten |
| PAD | Wird genutzt, um das Paket auf 64 Byte zu bringen, wenn das Paket kleiner ist |
| FCS(CRC) | **// TODO: Beschreibung fehlt** |

Das MMRP Paket ist im IEEE 802.3-Frame eingebettet. Genau definiert ist das MMRP Paket im SNAP-Frame. Es setzt sich folgendermaßen zusammen:

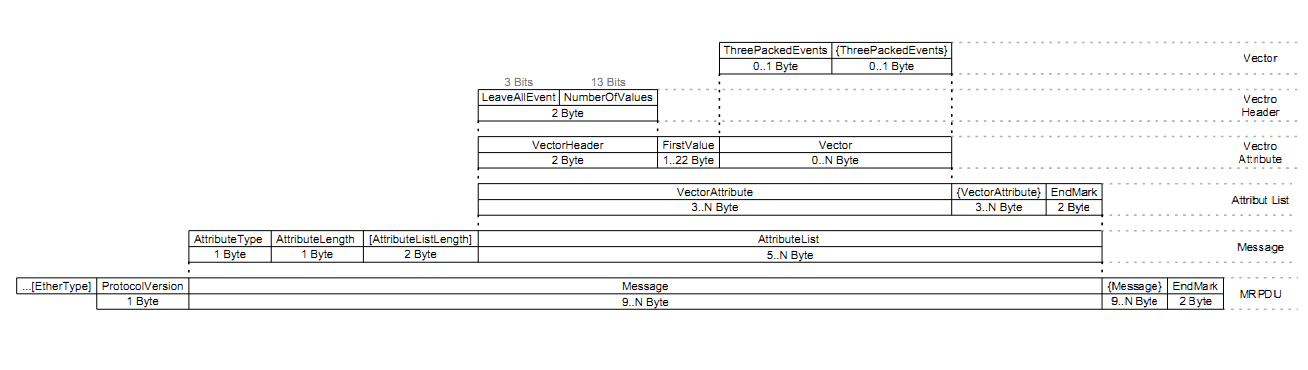


Abbildung : Zusammensetzung MMRP-Paket, Quelle[[9]](#footnote-9)

**// TODO: größeres Bild einfügen, also wohl Querformat der Seite**

**Erläuterungen zum MMRP Paket:**

|  |  |
| --- | --- |
| MMRP Abschnitt | Bedeutung |
| EtherType | Hier ist der Protokolltyp definiert. Im Falle von MMRP steht hier 0x88f6 |
| ProtocolVersion | Hier steht die Protokollversion |
| Message | Hier steht die eigentliche Information. Der Messageabschnitt ist unterteilt in AttributeType, AttributeLength, AttributeListLength und AttributeList |
| AttributeType | Hier ist angegeben, welcher Typ von Attribut verschickt wird. Das MMRP Protokoll ist im Stade zwei Typen zu verschicken.  Typ1: Service Requirement  Typ2: MAC-Adresse |
| AtttributeLength | Gibt die Größe von Attribute an |
| AttributeList | Enthält eine bestimmte Anzahl von VectorAttributes |
| VectorAttribute | Setzt sich zusammen aus VectorHeader, FirstValue und Vector |
| VectorHeader | Enthält das LeaveAllEvent und NumberOfValues |
| LeaveAllEvent | Hier wird definiert, ob die Nachricht eine LeaveAll-Nachricht ist |
| NumberOfValues | Hier ist die Anzahl der Nachrichten definiert. Nachrichten wie beispiesweise JoinIn und Leave können zusammengefasst in einem Paket versendet werden. Die maximale Anzahl der zusammengefassten Nachrichten pro ThreePacketEvents beträgt drei |
| FirstValue | Gibt an, wieviele Nachrichten verschickt werden. Möglich sind die Werte 0 bis 3 |
| Vector | Hier sind die zusammengefassten Nachrichten gespeichert |
| ThreePacketEvents | Ein ThreePacketEvent kann drei Nachrichten enthalten, die wie folgt gespeichert sind:  36 \* ErsteNachrichtTyp + 6 \* ZweiteNachrichtTyp + DritteNachrichtTyp  Folgende Nachrichtentypen sind möglich:  JoinIn, In, JoinMt, Empty, Leave |
| EndMark | Definiert das Ende vom Paket. Die zwei Bytes sind gefüllt mit Nullen |

## Systemdesign und Programmstruktur

|  |  |
| --- | --- |
| <MOD-ID> | 1. Registrar state machine |
| Abgedeckte Systemanforderungen | MMR-Protokoll-Unterstützung |
| Leistung: | Zustandsautomat, der die MAC-Adresse registrieren kann |
| Schnittstellen: | Filesystem, MCastor2.0 client |
| Externe Daten: | Logfile für den aktuellen Zustand |
| Ablageort: | /Multicastor |
| Offene Punkte | - |

|  |  |
| --- | --- |
| <MOD-ID> | 2. Application state machine |
| Abgedeckte Systemanforderungen | MMR-Protokoll-Unterstützung |
| Leistung: | Zustandsautomat, der dieKommunikation im Netzwerk durchführen kann |
| Schnittstellen: | Filesystem, MCastor2.0 client |
| Externe Daten: | Logfile für den aktuellen Zustand |
| Ablageort: | /Multicastor |
| Offene Punkte | - |

|  |  |
| --- | --- |
| <MOD-ID> | 3. LeaveAll state machine |
| Abgedeckte Systemanforderungen | MMR-Protokoll-Unterstützung |
| Leistung: | Zustandsautomat, der in bestimmten Zeitintervallen LeaveAll-Messages abschicken kann |
| Schnittstellen: | Filesystem, MCastor2.0 client |
| Externe Daten: | Logfile für den aktuellen Zustand |
| Ablageort: | /Multicastor |
| Offene Punkte | - |

|  |  |
| --- | --- |
| <MOD-ID> | 4. Periodic Transmission state machine |
| Abgedeckte Systemanforderungen | MMR-Protokoll-Unterstützung |
| Leistung: | Zustandsautomat, der die Application state machine auffordert, JoinIn-Nachrichten zu verschicken |
| Schnittstellen: | Filesystem, MCastor2.0 client |
| Externe Daten: | Logfile für den aktuellen Zustand |
| Ablageort: | /Multicastor |
| Offene Punkte | - |

|  |  |
| --- | --- |
| <MOD-ID> | 5. MMRP Paket |
| Abgedeckte Systemanforderungen | MMR-Protokoll-Unterstützung |
| Leistung: | Switch soll mit den Paketen Multicasting auf Layer-2-Ebene betreiben |
| Schnittstellen: | Netzwerkkarte |
| Externe Daten: | - |
| Ablageort: | - |
| Offene Punkte | - |

# Integration in das Testframework STAF/STAX

## Einführung

Software Testing Automation Framework (STAF) ist ein OpenSource Framework für automatisierte Software Tests, basierend auf wiederverwendbaren Komponenten - Services genannt - und mehreren Systemen. STAF eXecution Engine (STAX) ist ein STAF Service, der das Ausführen und Testen von Software mit XML und Python (genauer Jython) erleichtert.

## Technische Dokumentation

STAX ist ein STAF Service. Über ihn kann man bequem STAF-Tests in XML anlegen. Auf den Test Clients muss nur STAFProc gestartet und in der STAF.cfg dem Server (STAX Monitor) Security Level 5 gegeben werden. Nur auf dem Server muss STAF mit dem Service STAX installiert werden. STAX verwendet die normalen STAF Funktionen und daher muss auf den Clients kein STAX installiert werden.

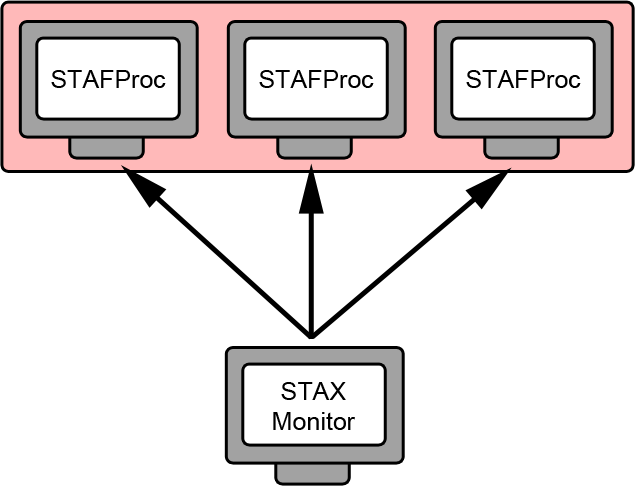


Abbildung : STAF - STAX Zuzammenspiel

STAX liefert einen in Java geschriebenen STAX Monitor GUI (STAXMon.jar), mit dem man bequem die Tests (XML-Dateien) laden und ausführen kann. Hier ist eine kleines simples Beispiel STAX Skript:

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="no"?>  
<!DOCTYPE stax SYSTEM "stax.dtd">  
<stax>

<defaultcall function="main"/>

<function name="main">

<sequence>

<stafcmd>

<location>'local'</location>

<service>'delay'</service>

<request>'delay 50000'</request>

</stafcmd>

<if expr="RC != 0">

<message>

'Error: RC = %s' % (RC)

</message>

<else>

<message>

'Success = %s' % (STAXResult)

</message>

</else>

</if>

</sequence>

</function>  
</stax>

Hier wird eine *main* Funktion definiert, die mit dem defaultcall aufgerufen wird. In der main Funktion wird eine Sequenz gestartet, die einen STAF Command/Service “delay” mit 50 Sekunden ausführt. Wenn der delay fehlschlägt, wird eine Error Message angezeigt.

Im folgenden Bild kann man den STAX Job Monitor sehen.

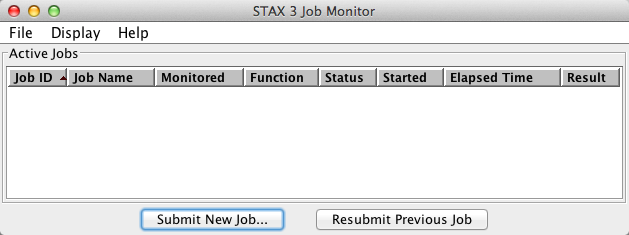


Abbildung : STAX Job Monitor

Hier können wir nun neue Jobs hinzufügen.

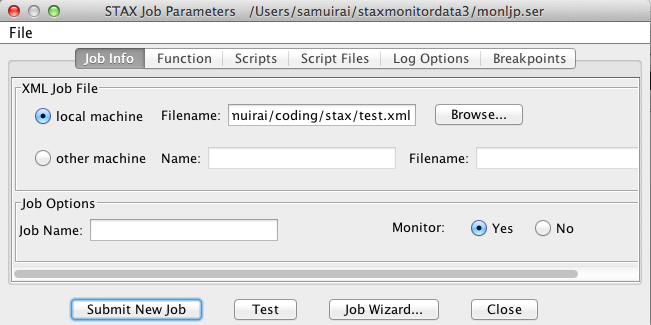


Abbildung : STAX Job Monitor: Job hinzufügen

Nun wird die \*.xml-Datei ausgewählt und der Job kann gestartet werden.

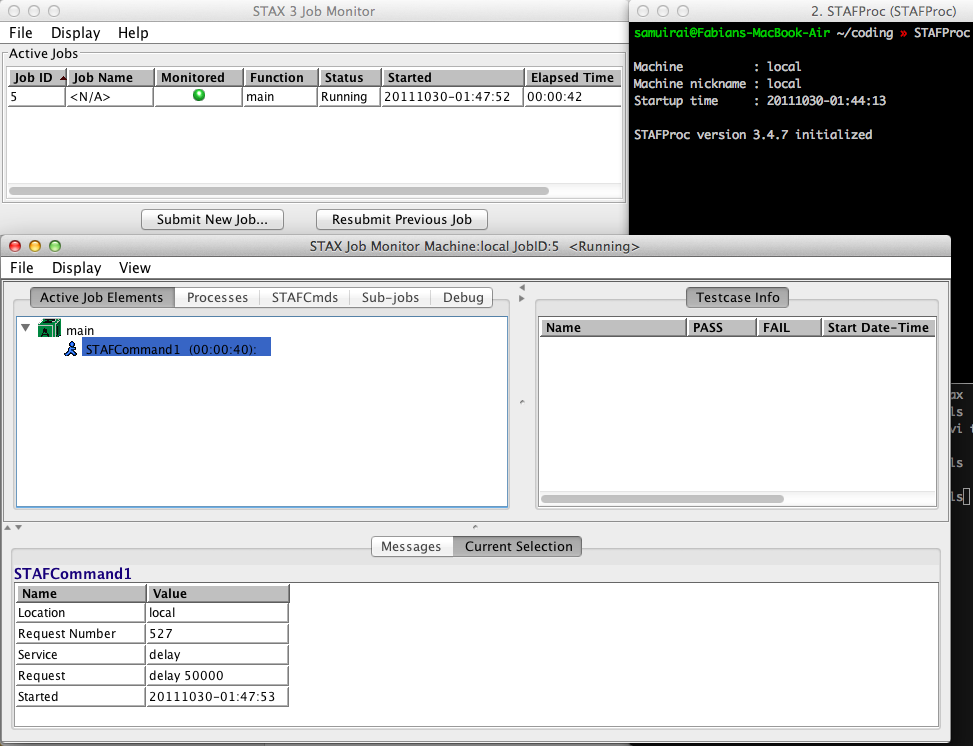


Abbildung : STAX Job Monitor: Job starten

STAX liefert viele Informationen, welche man über die XML Datei definieren kann und dabei dank Jython auf die kompletten Java und Python Libraries zurückgreifen kann.

## Systemdesign und Programmstruktur

Um die MultiCastor2.0 Blackbox Tests durchzuführen, werden für die einzelnen Bereiche STAX-XML-Skripte erstellt. Die nun folgenden Module beschreiben die benötigten Skripte näher und beziehen sich auf die Anforderungsnummern aus dem Business Case.

|  |  |
| --- | --- |
| <MOD-ID> | /LF81.0/ Aufsetzen von Config-Filetests |
| Abgedeckte Systemanforderungen | Installiertes STAF/STAX |
| Leistung: | Testet das korrekte Laden/Verwenden der MultiCastor2.0 Konfigurationsdateien |
| Schnittstellen: | Filesystem, MultiCastor2.0 CLI |
| Externe Daten: | vordefinierte Konfigurationsdateien für die Tests |
| Ablageort: | /stax |
| Offene Punkte | - |

|  |  |
| --- | --- |
| <MOD-ID> | /LF81.1/ Aufsetzen von Log-Filetests |
| Abgedeckte Systemanforderungen | Installiertes STAF/STAX |
| Leistung: | Testet, ob die Logfiles die erwarteten Daten beinhalten |
| Schnittstellen: | Filesystem, MultiCastor2.0 CLI |
| Externe Daten: | erwartete Werte definieren |
| Ablageort: | /stax |
| Offene Punkte | - |

|  |  |
| --- | --- |
| <MOD-ID> | /LF81.2/ Aufsetzen von Ethernettests |
| Abgedeckte Systemanforderungen | Installiertes STAF/STAX |
| Leistung: | Testet, ob die Grundfunktionalitäten des MultiCastors2.0 – die Netzwerk/Ethernet Aufgaben - korrekt erfüllt werden |
| Schnittstellen: | Ethernet, MultiCastor2.0 CLI |
| Externe Daten: |  |
| Ablageort: | /stax |
| Offene Punkte | STAF Service für Ethernet sniffing. Eventuell externes Programm „wireshark“ nutzen. |

# Dokumentversionen

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Versionsnr | Datum | Autor(en) | Kommentar |
| V 0.1 | 01.01.1970 | Stuckert/  Rentschler | Dokument angelegt |
| V 0.2 | 27.09.2011 | Traub | Template/Formatvorlage erstellt |
| V 0.3 | 30.10.2011 | Koralewski | Inhaltliche Ausarbeitung „MMRP“ |
| V 0.4 | 31.10.2011 | Fäßler | Inhaltliche Ausarbeitung  „STAF/STAX“ |
| V 0.5 | 31.10.2011 | Hauschild | Inhaltliche Ausarbeitung  „Einführung“ sowie „Konfiguration |
| V 1.0 (beta) | **02.11.2011** | **Hauschild** | **Abschließende Formulierung**  **Zusammenführung der Inhalte** |
| V 1.0 (beta 2) |  |  |  |
| V 1.0 (final) |  |  |  |

1. Quelle: SAS Multicastor V1.0 (http://sourceforge.net/projects/multicastor/) [↑](#footnote-ref-1)
2. siehe Glossar [↑](#footnote-ref-2)
3. siehe Glossar [↑](#footnote-ref-3)
4. Analyse des MMRP-Protokolls nach IEEE 802.3ak einschließlich Erstellung einer zustandsorientierten Simulation des Protokolls auf Basis von OMNeT++ sowie weiterer Tools für Testzwecke von Johannes Jochen [↑](#footnote-ref-4)
5. Analyse des MMRP-Protokolls nach IEEE 802.3ak einschließlich Erstellung einer zustandsorientierten Simulation des Protokolls auf Basis von OMNeT++ sowie weiterer Tools für Testzwecke von Johannes Jochen [↑](#footnote-ref-5)
6. Analyse des MMRP-Protokolls nach IEEE 802.3ak einschließlich Erstellung einer zustandsorientierten Simulation des Protokolls auf Basis von OMNeT++ sowie weiterer Tools für Testzwecke von Johannes Jochen [↑](#footnote-ref-6)
7. http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.1ak-2007.pdf Seite 58 [↑](#footnote-ref-7)
8. Analyse des MMRP-Protokolls nach IEEE 802.3ak einschließlich Erstellung einer zustandsorientierten Simulation des Protokolls auf Basis von OMNeT++ sowie weiterer Tools für Testzwecke von Johannes Jochen [↑](#footnote-ref-8)
9. Analyse des MMRP-Protokolls nach IEEE 802.3ak einschließlich Erstellung einer zustandsorientierten Simulation des Protokolls auf Basis von OMNeT++ sowie weiterer Tools für Testzwecke von Johannes Jochen [↑](#footnote-ref-9)