Grafana를 이용한 OpenStack 클라우드 성능 모니터링

Stella team
Operating Systems Lab, Korea University
(starlab@os.korea.ac.kr)

OpenInfra Days Korea 2018

발표 목차

- **Stella 프로젝트**
  - SLA 보장의 필요성
  - Stella 프로젝트 소개
  - Stella 클라우드 아키텍처
- **Ceilometer-Gnocchi 전달 과정 분석**
  - Gnocchi의 필요성
  - Ceilometer-Gnocchi 전달 과정
- **Grafana-Gnocchi 연동**
- **Stella 프로젝트 사이트 및 코드 공개**

Stella 프로젝트

차세대 클라우드에서 성능 SLA 보장의 필요성

- **SLA(Service Level Agreement)**
  - 클라우드 서비스 제공자와 사용자 간, 서비스의 품질 수준을 정의하는 계약
  - 성능, 보안 등 모든 서비스 품질 요소가 대상이며 구체적인 수치(SLO, Service Level Objective)로 체결
    e.g., 10ms 이하 처리지연, 1초당 1000개 쿼리 처리, 99.9% 데이터 가용성
  - 서비스 수준 미달 시 페널티를 부과하기도 함 -> 서비스 비용 증대

- **성능 SLA를 만족하지 못하는 경우 경제적 피해 발생**
  - Microsoft의 사례
    ✓ 검색 지연 증가 → 사용자 당 수익감소
  - Amazon의 사례
    ✓ 처리 지연 100ms 증가
    → 매출 1% 감소 (약 9억 달러)

	Distinct Queries/User	Query Refinement	Revenue/User	Any Clicks	Satisfaction	Time to Click (increase in ms)
50ms	-	-	-	-	-	-
200ms	-	-	-	-0.3%	-0.4%	500
500ms	-	-0.6%	-1.2%	-1.0%	-0.9%	1200
1000ms	-0.7%	-0.9%	-2.8%	-1.9%	-1.6%	1900
2000ms	-1.8%	-2.1%	-4.3%	-4.4%	-3.8%	3100

Microsoft Bing test result

SLA 위반 사례

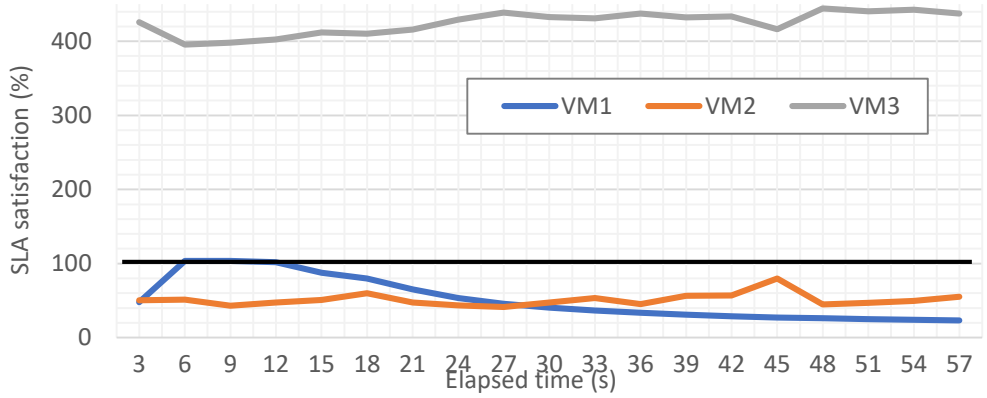
다양한 자원 요구로 인한 SLA 위반 발생

- CPU 자원 부족에 의한 급격한 스토리지 I/O 성능 저하 발견
  - ✓ VM1과 VM2는 스토리지 I/O 수행 (Iometer)
  - ✓ VM3은 반복적인 CPU 연산 수행 (Sysbench-cpu)
- 실험 결과
  - ✓ CPU VM(VM3)는 SLA 대비 평균 425% 수준
    - 평균 CPU 사용률: 850.1 %
  - ✓ I/O VM(VM1, VM2)은 SLA 대비 평균 51% 수준
    - VM1- 평균 대역폭: 51MB/s, 평균 CPU 사용률: 50.1%
    - VM2- 평균 대역폭: 104MB/s, 평균 CPU 사용률: 91%

		Specification
Host server	CPU	10 cores Xeon CPU (E5-2650 v3)
	Storage	Samsung SSD 850 PRO 256GB
	Kernel version	Linux-4.4.0 (Ubuntu 16.04)
Virtual machine	vCPU	10 cores
	Storage	SSD 10GB
	Kernel version	Linux-4.4.0 (Ubuntu 16.04)

SLA 만족도 실험 환경

SLA 위반 원인: VM1 과 VM2의 I/O 처리를 위한 CPU 자원 부족



	Job Type	SLO
VM 1	Random write 4k	100 MB/s
VM 2	Random read 4k	200 MB/s
VM 3	CPU	Guarantee 2 cores

SLA 만족도 달성 실험 (SLA 보장 스토리지 스케줄러 동작 중)

Stella 프로젝트 소개

프로젝트 책임자

- 고려대학교 유혁 교수

Stella 프로젝트의 목표

- 성능 SLA를 보장할 수 있는 클라우드 소프트웨어 개발
  - ✓ 다양한 자원(CPU, 스토리지, 네트워크)의 SLA 만족 달성
  - ✓ SLO를 할당하는 컴포넌트 디자인 및 SLA 만족도 관련 통계 수집 및 달성
- 노드 수준 및 클라우드 수준의 SLA 보장
  - ✓ 노드 수준: 하이퍼바이저 계층에서 SLA를 보장
  - ✓ 클라우드 수준: 노드 별 서비스 용량 계산 및 작업 할당

현재 진행 상황

- 현재, 노드 수준 통합 스케줄러 구현 및 공개
  (CPU-네트워크, CPU-스토리지)
- 클라우드 수준에서 통합 스케줄링 연구 진행 중

Stella 프로젝트 단계별 목표

1단계 (2015~2018)

- 노드 수준 CPU, 네트워크, 스토리지 개별 SLA 보장 기법 개발
- 노드 수준 CPU, 네트워크, 스토리지 통합 SLA 보장 스케줄러 개발

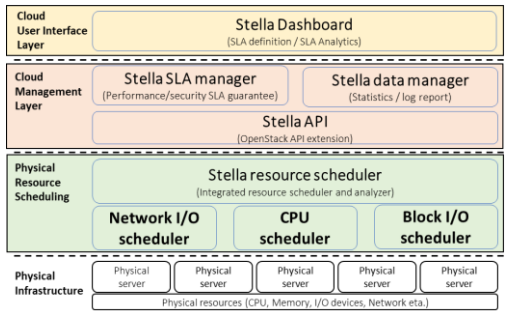
1단계 목표: 성능 SLA 통합 보장 시스템 SW 기반 기술

2단계 (2019~2022)

- 클라우드 수준 자원 스케줄링 기법 개발
- 클라우드 수준 작업 할당 및 관리 기법 개발
- 클라우드 수준 SLA 지원에 따른 클라우드 서비스 성능/품질 저하 방지 방안 연구

2단계 목표: SLA 통합 보장 클라우드 플랫폼 기술

최종 (2022)

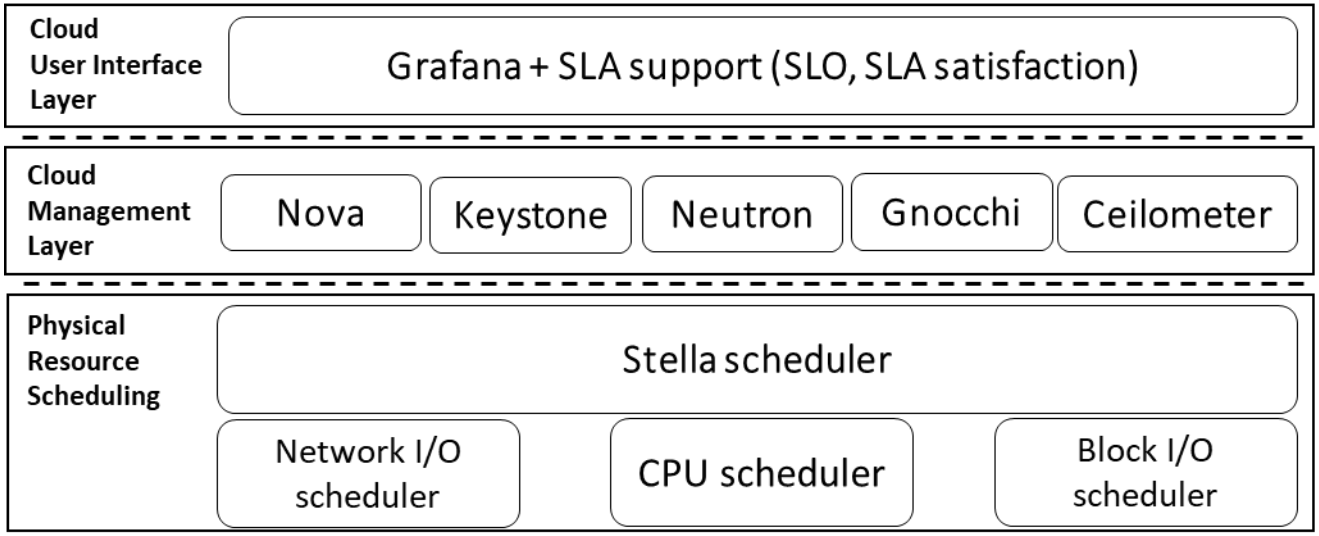


최종 목표: 성능 SLA 보장 차세대 클라우드 시스템 플랫폼

결과물 : 오픈스택 기반 컴포넌트

- 성능 SLA 보장 스케줄러
- 통합 스케줄링 프레임워크
- SLA 보장 서비스 및 노드 관리 기법

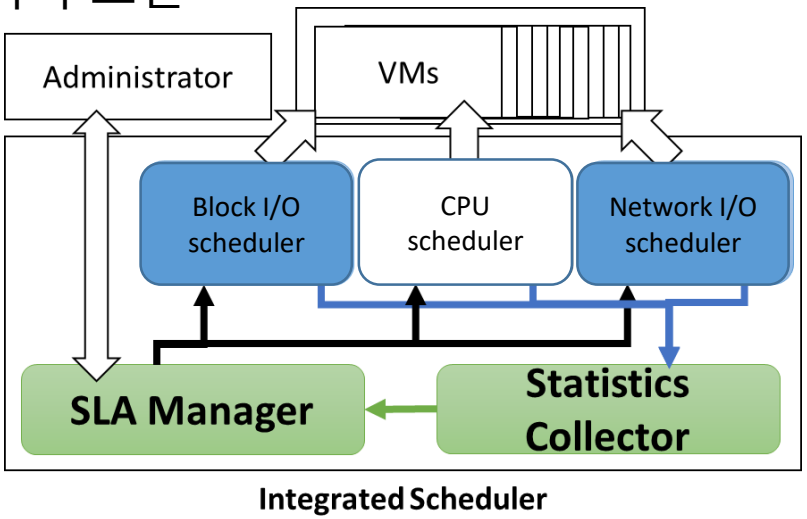
Stella 클라우드 아키텍처



- **Stella 스케줄러**
  - 노드 수준 CPU, 네트워크, 블록I/O 자원의 통합 스케줄링
- **오픈스택 컴포넌트**
  - 클라우드 수준의 VM 할당 및 관리, 자원 활용 및 성능 모니터링/보고, 인증
  - 모니터링 관련 컴포넌트
    - ✓ Ceilometer(모니터링), Gnocchi(통계 수집), Grafana(통계표현 대시보드)

Stella 스케줄러

- **SLA를 고려한 자원 스케줄러**
  - 스토리지 I/O 스케줄러 및 네트워크 I/O 스케줄러 통합
- **SLA 매니저(SLA Manager)**
  - 주어진 SLO를 스케줄링 파라미터로 변환
    e.g., 100MB/s (스토리지 대역폭)를 스케줄링 파라미터로 변환
    (CPU quota, I/O 요청 시간 등을 조절)
  - 관리자에게 SLA 만족도 보고
  - SLA 만족도 달성을 위해 스케줄링 파라미터 조절
- **통계 수집기(Statistics collector)**
  - 스케줄러로부터 통계 데이터 수집
  - SLA 매니저에게 통계정보 전송



Stella 스케줄러의 오픈스택 확장

- **현재 Stella 스케줄러는 클라우드 노드 수준으로 동작**
- **클라우드 수준의 SLA 관련 통계 모니터링 대상과 과정의 분석이 필요**
  - 목적: Stella 스케줄러와 통합을 위한 오픈스택 확장
  - 모니터링 대상
    - ✓ 자원 사용량: I/O 대역폭, CPU 사용량 등을 수집
    - ✓ SLA 파라미터: SLA 목표치 설정 및 SLA 만족도 수집
  - 모니터링 과정
    - ✓ 수집된 통계를 대시보드 까지 전달하는 경로
    - ✓ 관련 오픈소스 및 오픈스택 컴포넌트 (Pike 버전 기준)
      - Grafana: 통계 정보를 표현하는 웹 기반 대시보드
      - Ceilometer: 오픈스택 서비스로 부터 통계 정보 모니터링
      - Gnocchi: Ceilometer가 모니터링 한 정보 수집 및 관리
- **Stella 스케줄러를 위한 SLA 목표치 전달 인터페이스 설계 및 구현 예정**
  - 분석 내용을 기반으로 인터페이스 설계 및 구현
    - ✓ 대시보드를 통해 사용자 또는 관리자가 SLA 정의
    - ✓ 정의한 SLA 목표치를 Stella 스케줄러에 전달
- **본 발표에서는 모니터링 과정에 초점**

Ceilometer-Gnocchi 전달 과정 분석

Gnocchi 분석의 필요성

Gnocchi를 통해 오픈스택과 연동

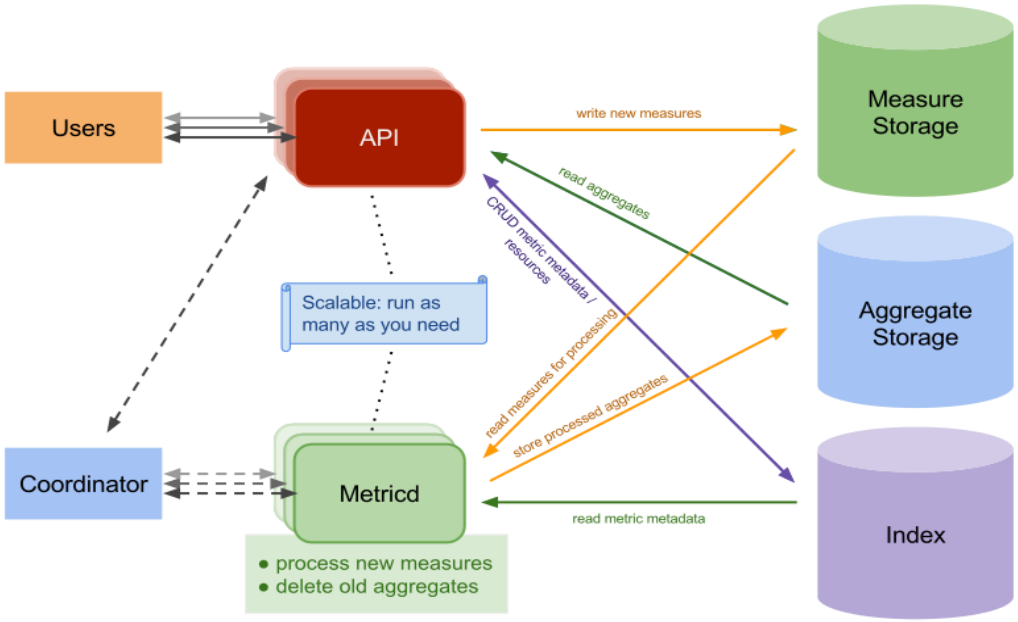
- 오픈소스 시계열 데이터 수집 서비스
  - ✓ 시계열 데이터: 시간 순으로 나열된 데이터
- Gnocchi는 Ceilometer의 성능 문제를 해결하기 위해 제안
  - ✓ Ceilometer는 기존 오픈스택 통계 수집기능 제공
  - ✓ Ceilometer는 정보를 조회할 때 성능 저하 발생
    - 특히 데이터를 탐색할 때 O(n) 복잡도를 가짐
      (데이터의 숫자가 늘어나면 탐색 시간이 선형적으로 증가)
    - 노드의 규모가 늘어날 수록 성능 문제가 커짐

Gnocchi는 시간 복잡도를 O(1)로 개선

- 통계 정보를 시계열순으로 정렬해서 저장
  - ✓ Measure: gnocchi가 입력 받은 데이터 기록
  - ✓ Aggregated: Measure의 데이터를 기반으로 정렬된 정보 기록
- 인덱스를 통해 빠른 접근 제공
  - ✓ Index: Gnocchi를 위한 메타데이터, 클라우드 리소스 정의 및 정책 저장

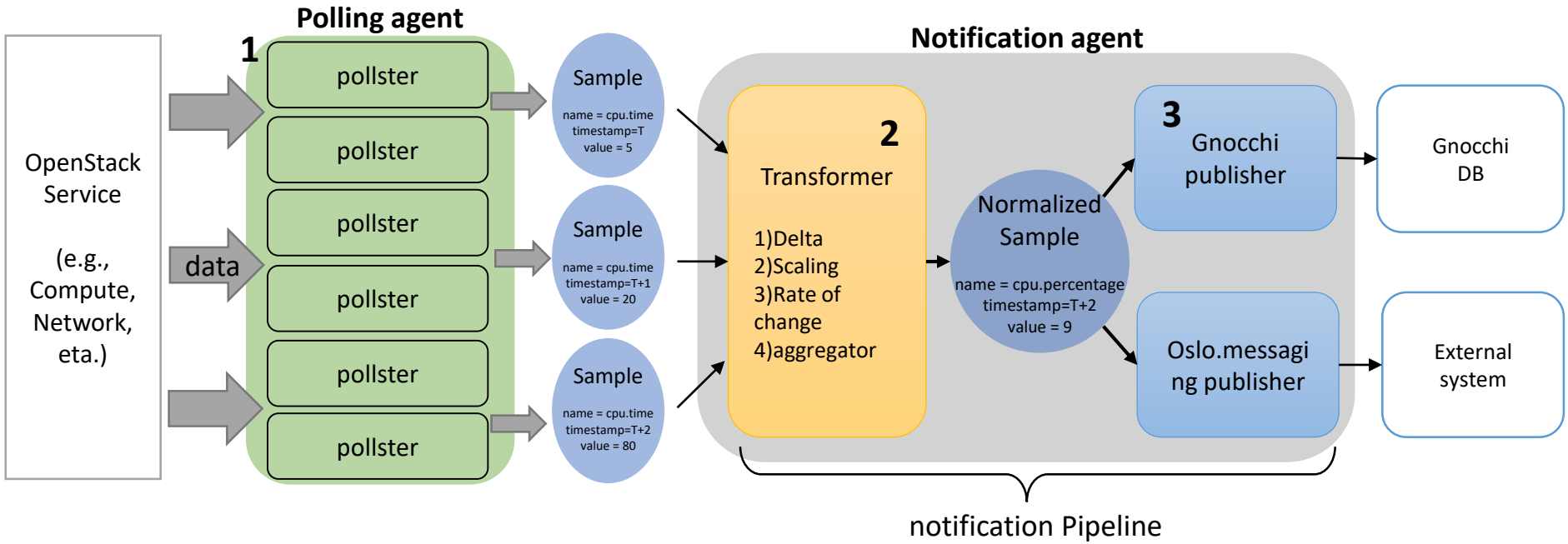
Gnocchi의 구성 요소

- **Gnocchi 구성 컴포넌트: gnocchi-api, gnocchi-statsd, gnocchi-metric**
  - API: Gnocchi 연산 및 데이터 통계 수집을 위한 REST API 정의
  - Statsd: 통계 데이터 수집
  - Metric: 수집된 데이터를 기반으로 명령 처리 수행



Gnocchi 아키텍처

Ceilometer-Gnocchi 전달 과정 요약

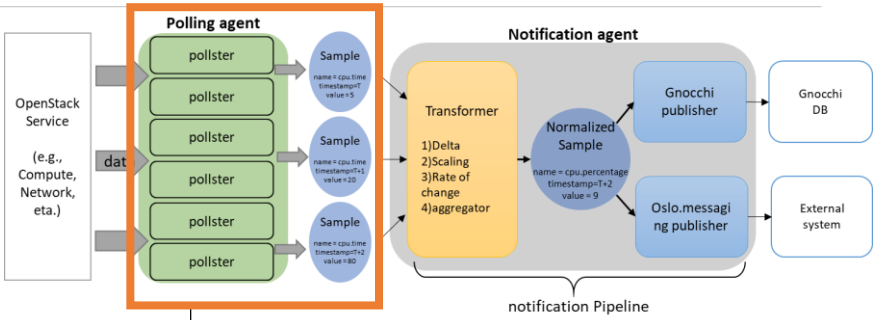


- Polling agent: 오픈스택 서비스로 부터 통계를 수집
  - 주기적인 통계 수집 API 호출
  - Pollster는 서비스의 통계정보 수집을 위한 플러그인 (서비스에 맞는 API 호출 및 데이터 형식 지정)
  - 수집데이터는 sample이라고 불림

- Notification agent: 수집된 데이터를 기반으로 Ceilometer의 이벤트 또는 샘플로 변환
  - Pipeline: 수집된 데이터를 외부로 전달하기 위한 처리 절차
  - Transformer: 수집된 데이터를 모아 정규화 및 통합
  - Publisher: 수집된 데이터를 외부 형식에 맞게 변환 및 전송

과정 1. Polling agent

- **Polling agent는 sample을 수집**
  - 오픈스택 서비스마다 독립적인 pollster가 동작
    - ✓ Pollster는 특정서비스의 API 호출
  - Sample 데이터 형식으로 통계 정보 수집
    - ✓ 호출된 API를 통해 통계 정보 수집
    - ✓ Sample은 키, 값으로 구성된 데이터의 집합



run -> start_polling_tasks -> for interval.pollingtask (반복)

Class PollingTask(object)

```
def poll_and_notify(self):
    """Polling sample and notify."""
```

```
for source_name, pollsters in iter_random(
        self.pollster_matches.items()):
    for pollster in iter_random(pollsters):
```

사용할 pollster들을 추가하는 과정
(pollster config는 compute/pollsters/분류.py)

```
self.resources[key].get(discovery_cache))
for x in candidate_res:
    if x not in history:
        history.append(x)
        if x not in black_res:
            polling_resources.append(x)
poll_history[pollster.name] = history
```

History 에 resource 추가하고,
각 pollster에 맞는
Polling_resource들을 append

```
polling_timestamp = timeutils.utcnow().isoformat()
samples = pollster.obj.get_samples(
    manager=self.manager,
    cache=cache,
    resources=polling_resources
)
```

Timestamp 찍은 후,
샘플 데이터를 수집하는 함수

```
for sample in samples:
    self._send_notification([sample_dict])
```

받아온 샘플을 notification에 전송

Polling/manager.py

```
def setup_polling_tasks(self):
    polling_tasks = {}
    for source in self.polling_manager.sources:
        for pollster in self.extensions:
            if source.support_meter(pollster.name):
                polling_task = polling_tasks.get(source.get_interval())
                if not polling_task:
                    polling_task = PollingTask(self)
                    polling_tasks[source.get_interval()] = polling_task
                polling_task.add(pollster, source)
    return polling_tasks
```

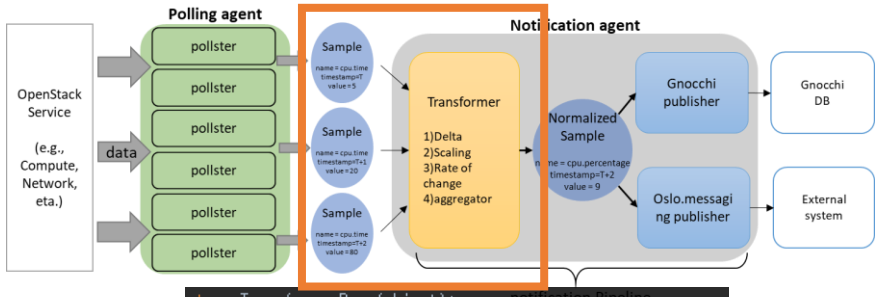
compute/pollsters/__init__.py

```
def get_samples(self, manager, cache, resources):
    self._inspection_duration = self._record_poll_time()
    for instance in resources:
        try:
            polled_time, result = self._inspect_cached(
                cache, instance, self._inspection_duration)
            if not result:
                continue
            for stats in self.aggregate_method(result):
                yield self._stats_to_sample(instance, stats, polled_time)
```

```
def _send_notification(self, samples):
    self.manager.notifier.sample(
        {},
        'telemetry.polling',
        {'samples': samples}
    )
```

과정 2-1. Transformer의 sample 처리

- **Transformer는 sample 수집 및 처리**
  - Pollster로 부터 수집한 sample을 가공하는 과정을 수행
    - ✓ Accumulator: Sample의 버퍼, 일정 수 이상이 모이면 다음 단계로 넘김
    - ✓ ArithmetricTransformer: sample 데이터의 수학 계산을 수행
  - 가공한 sample은 정규화된 데이터 형식으로 변환 수행
    - ✓ BaseConversionTransformer를 통해 호출
    - ✓ 세부 내용은 과정 2-2(다음 장)에 계속



transformer/__init__.py

```
class TransformerBase(object):
    """Base class for plugins that transform the sample."""
```

```
class TransformerAccumulator(transformer.TransformerBase):
```

```
def __init__(self, size=1, **kwargs):
    if size >= 1:
        self.samples = []
    self.size = size
    super(TransformerAccumulator, self).__init__(**kwargs

def handle_sample(self, sample):
    if self.size >= 1:
        self.samples.append(sample)
    else:
        return sample
```

transformer/accumulator.py

```
class ArithmeticTransformer(transformer.TransformerBase):
```

```
def _calculate(self, resource_id):
    """Evaluate the expression and return a new sample if successful."""
    ns_dict = dict((m, s.as_dict()) for m, s
                   in six.iteritems(self.cache[resource_id]))
    ns = transformer.Namespace(ns_dict)
    try:
        new_volume = eval(self.expr_escaped, {}, ns)
        if math.isnan(new_volume):
            raise ArithmeticError(_('Expression evaluated to '
                                    'a NaN value!'))

        reference_sample = self.cache[resource_id][self.reference_meter]
        return sample.Sample(
            name=self.target.get('name', reference_sample.name),
            unit=self.target.get('unit', reference_sample.unit),
            type=self.target.get('type', reference_sample.type),
            volume=float(new_volume),
            user_id=reference_sample.user_id,
            project_id=reference_sample.project_id,
            resource_id=reference_sample.resource_id,
            timestamp=self.latest_timestamp,
            resource_metadata=reference_sample.resource_metadata
        )
```

transformer/arithmetic.py

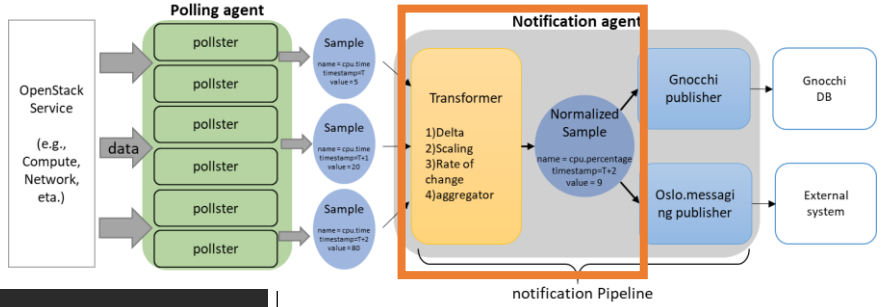
```
class BaseConversionTransformer(transformer.TransformerBase):
```

```
def __init__(self, source=None, target=None, **kwargs):
    """Initialize transformer with configured parameters.

    :param source: dict containing source sample unit
    :param target: dict containing target sample name, type,
                   unit and scaling factor (a missing value
                   connotes no change)
    """
    self.source = source or {}
    self.target = target or {}
    super(BaseConversionTransformer, self).__init__(**kwargs)

def _map(self, s, attr):
    """Apply the name or unit mapping if configured."""
    mapped = None
    from_ = self.source.get('map_from')
    to_ = self.target.get('map_to')
    if from_ and to_:
        if from_.get(attr) and to_.get(attr):
            try:
                mapped = re.sub(from_[attr], to_[attr], getattr(s, attr))
            except Exception:
                pass
    return mapped or self.target.get(attr, getattr(s, attr))
```

transformer/conversions.py

과정 2-2. Conversion transformer 세부 내용

- **수집한 sample을 정규화 및 통합**
  - DeltaTransformer: Sample간 값의 차이를 기준으로 통합 수행
  - ScailingTransformer: Sample 간 값의 단위 차이를 통합
    e.g., 나노초, 밀리초 단위 값을 통합
  - RateOfChainge Transformer: Sample의 rate를 변경 해서 통합
    e.g., CPU time을 CPU 사용량




```
class DeltaTransformer(BaseConversionTransformer):
def _convert(self, s, delta):
    """Transform the appropriate sample fields.
    return sample.Sample(
        name=self._map(s, 'name'),
        unit=s.unit,
        type=sample.TYPE_DELTA,
        volume=delta,
        user_id=s.user_id,
        project_id=s.project_id,
        resource_id=s.resource_id,
        timestamp=s.timestamp,
        resource_metadata=s.resource_metadata
    )
```

```
def handle_sample(self, s):
    """Handle a sample, converting if necessary.'
    key = s.name + s.resource_id
    prev = self.cache.get(key)
    timestamp = timeutils.parse_isotime(s.timesta
    self.cache[key] = (s.volume, timestamp)

    if prev:...
    else:
        LOG.warning('Dropping sample with no pred
        s = None
    return s
```

```
class ScalingTransformer(BaseConversionTransformer):
def _convert(self, s, growth=1):
    """Transform the appropriate sample fields."""
    volume = self._scale(s) * growth
    return sample.Sample(
        name=self._map(s, 'name'),
        unit=self._map(s, 'unit'),
        type=self.target.get('type', s.type),
        volume=min(volume, self.max) if self.max else
        user_id=s.user_id,
        project_id=s.project_id,
        resource_id=s.resource_id,
        timestamp=s.timestamp,
        resource_metadata=s.resource_metadata
    )
```

```
def _scale(self, s):
    """Apply the scaling factor.

    Either a straight multiplicative factor or else a string to be eval'd.
    """
    ns = transformer.Namespace(s.as_dict())

    scale = self.scale
    return ((eval(scale, {}, ns) if isinstance(scale, six.string_types)
             else s.volume * scale) if scale else s.volume)
```

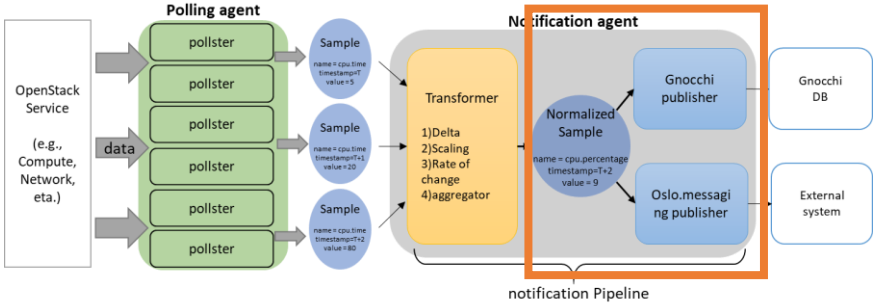
Handle_sample은 DeltaTransfomer와 유사

```
class RateOfChangeTransformer(ScalingTransformer):
```

```
def handle_sample(self, s):
    """Handle a sample, converting if necessary."""
    LOG.debug('handling sample %s', s)
    key = s.name + s.resource_id
    prev = self.cache.get(key)
    timestamp = timeutils.parse_isotime(s.timestamp
    self.cache[key] = (s.volume, timestamp, s.monot

    if prev:...
    else:
        LOG.warning(_('dropping sample with no pred
                      (s,))
        s = None
    return s
```

과정 3. Gnocchi Publisher

- **Publisher는 데이터를 외부 저장소로 전송**
  - 정규화 및 통합된 sample을 외부 저장소 형식에 맞게 변경
    e.g., Gnocchi 데이터 형식
  - 변경한 데이터를 전송




```
class GnocchiPublisher(publisher.ConfigPublisherBase):
    def publish_samples(self, data):
        for sample in samples_of_resource:
            metric_name = sample.name
            rd = self.metric_map.get(metric_name)
            if rd is None:...
```

publisher/gnocchi.py

Gnocchi에게 전달을 위해 sample 를 metric data형식으로 전환

만약 수집한 sample의 resource_id가 gnocchi에 등록되어 있지 않다면, gnocchi data 배열에 새정보를 등록

```
if resource_id not in gnocchi_data:
    gnocchi_data[resource_id] = {
        'resource_type': rd.cfg['resource_type'],
        'resource': {"id": resource_id,
                     "user_id": sample.user_id,
                     "project_id": sample.project_id,
                     "metrics": rd.metrics}}

gnocchi_data[resource_id].setdefault(
    "resource_extra", {}).update(rd.sample_attributes(sample))
measures.setdefault(resource_id, {}).setdefault(
    metric_name,
    {"measures": [],
     "archive_policy_name":
      rd.metrics[metric_name]["archive_policy_name"],
     "unit": sample.unit}
)["measures"].append(
    {'timestamp': sample.timestamp,
     'value': sample.volume}
)
# TODO(gordc): unit should really be part of metric definition
gnocchi_data[resource_id]['resource']['metrics'][
    metric_name]['unit'] = sample.unit
```

publisher/gnocchi.py

```
    def publish_data(self, samples):
        if not isinstance(samples, list):
            samples = [samples]
        supported = [s for s in samples if self.supported(s)
                     and self._validate_volume(s)]
        self.sink.publish_samples(supported)

    def serializer(self, sample):
        return publisher_utils.meter_message_from_counter(
            sample, self.conf.publisher.telemetry_secret)

    def supported(self, sample):
        return self.source.support_meter(sample.name)
```

pipeline/sample.py

사용자가 설정한 publisher에서 실제 사용 가능한 data들이 return 되면, 마지막으로 외부에 publishing한다.

데이터를 전송하기 위해 시리얼라이즈(바이트화)

Grafana-Gnocchi 연동

Grafana 설치 및 환경 구성 요약

Grafana 패키지 설치

- 우분투 16.04 환경에서 진행

```
wget https://s3-us-west-2.amazonaws.com/grafana-releases/release/grafana_5.1.4_amd64.deb
sudo apt-get install -y adduser libfontconfig
sudo dpkg -i grafana_5.1.4_amd64.deb
```

Ubuntu 환경에서 Grafana 다운 로드 및 설치

```
sudo service grafana-server start
sudo update-rc.d grafana-server defaults
```

Grafana 구동 및 서비스 등록

Keystone 및 Gnocchi 설정

- Keystone의 URL 설정
  - ✓ Keystone: 오픈스택 환경에서 사용자 및 서비스의 인증 관리 수행
  - ✓ Gnocchi가 다른 서비스와 동작하기 위해 필요

Grafana 및 Gnocchi 연동

- Grafana에서 데이터 저장소를 Gnocchi 로 설정
  (Web GUI 에서 진행)
- Gnocchi 접근 권한을 위한 인증 설정 진행

Keystone 및 Gnocchi 설정

Keystone 설정

Keystone.conf

```
[cors]

#
# From oslo.middleware
#

# Indicate whether this resource may be shared with the domain received in the
# requests "origin" header. Format: "<protocol>://<host>[:<port>]", no trailing
# slash. Example: https://horizon.example.com (list value)
#allowed_origin = http://163.152.20.141:8041
allowed_origin = http://163.152.20.141:3000
# Indicate that the actual request can include user credentials (boolean value)
allow_credentials = true
```

Gnocch에서 keystone APU 호출을 위한 IP 및 포트 설정 (URL 및 포트 번호를 Gnocchi 설정에 등록)

Keystone-paste.ini

```
[filter:cors]
allowed_origin = http://163.152.20.141:3000
use = egg:oslo.middleware#cors
oslo_config_project = keystone
```

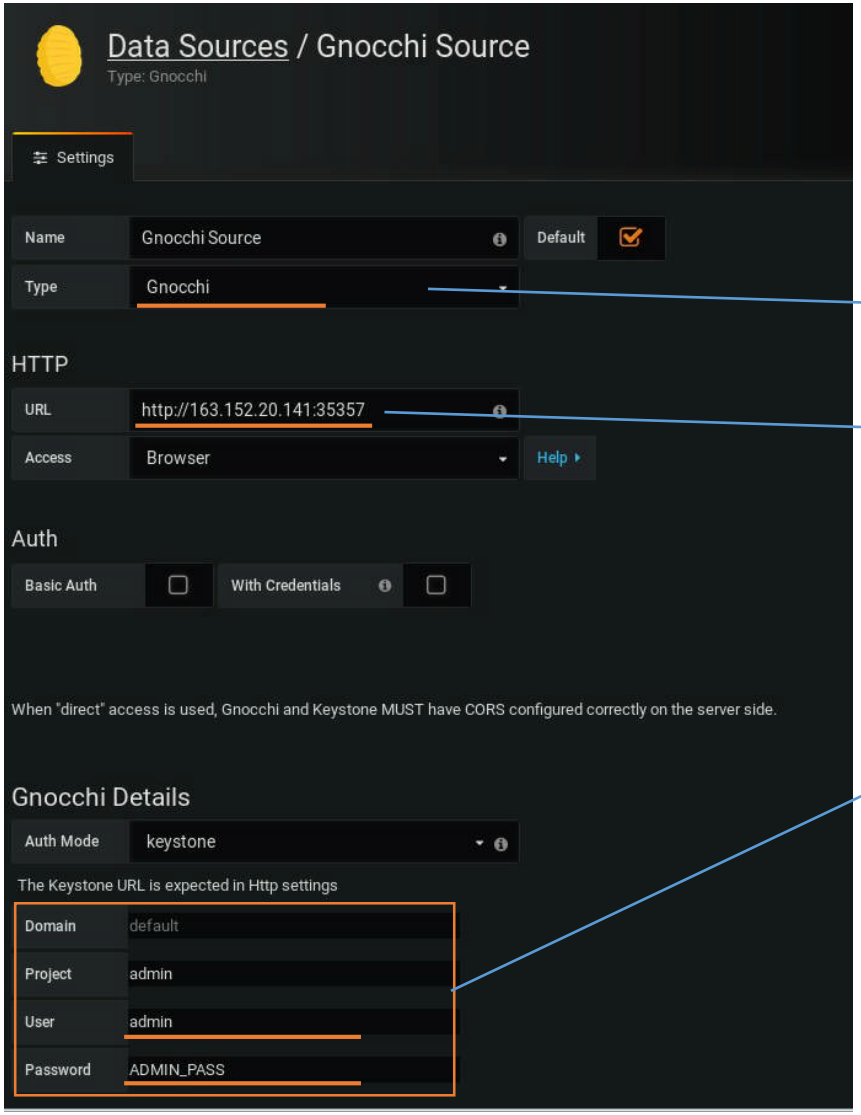
Gnocchi 설정

Keystone의 URL 기록

gnocchi.conf

```
[cors]

#
# From oslo.middleware.cors
#

# Indicate whether this resource may be shared with the domain received in the
# requests "origin" header. Format: "<protocol>://<host>[:<port>]", no trailing
# slash. Example: https://horizon.example.com (list value)
#allowed_origin = http://163.152.20.141:8041
allowed_origin = http://163.152.20.141:3000
# Indicate that the actual request can include user credentials (boolean value)
#allow_credentials = true
```

Grafana Gnocchi 연동

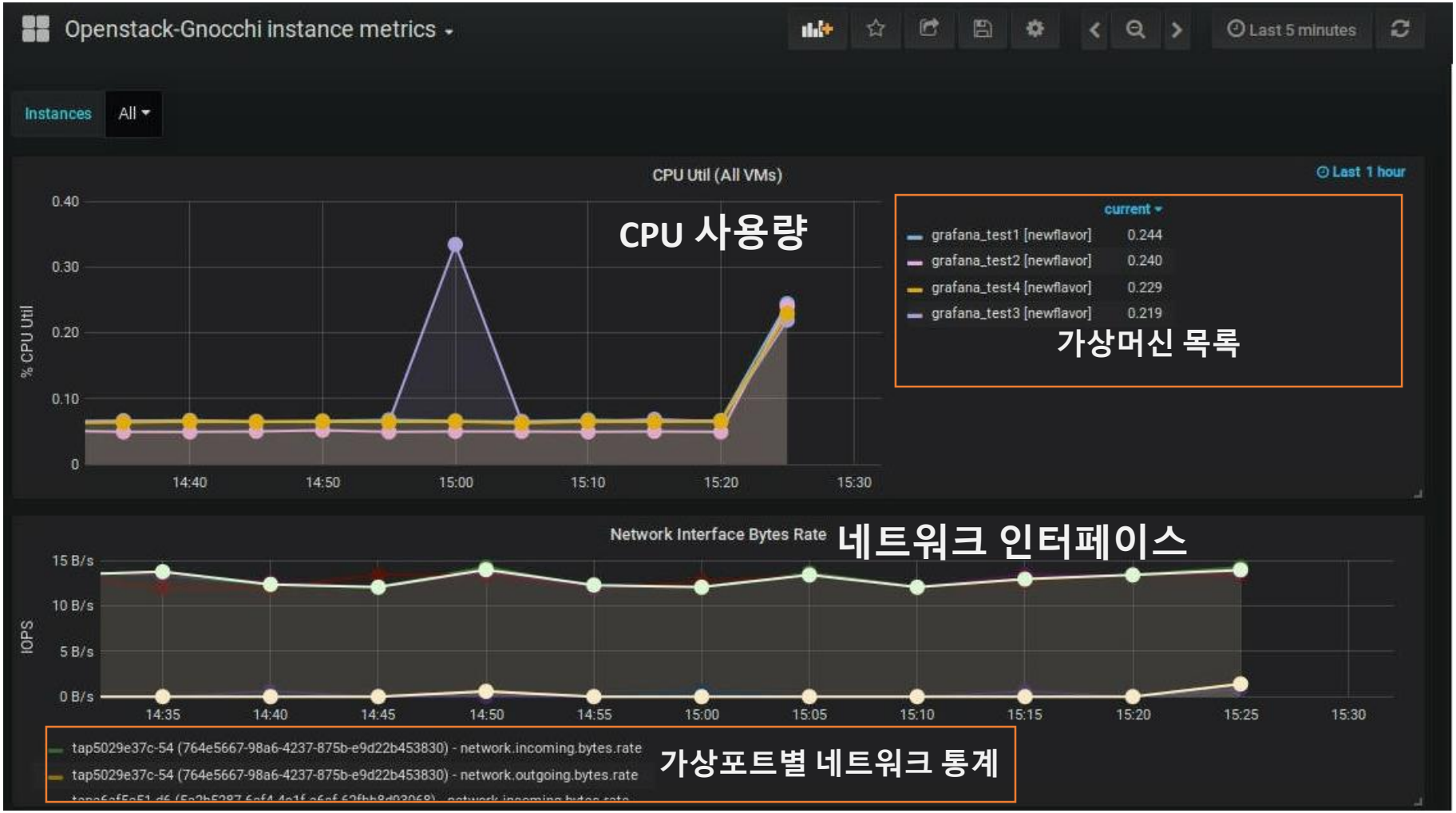


데이터 종류를 gnocchi 선택

오픈스택 Keystone 서비스의 IP 및 포트

keystone 접속을 위한 로그인 정보
(편의를 위해 관리자 정보 기입)

Grafana 대시보드 구성 예시 (CPU 및 네트워크)



Stella 프로젝트 사이트 및 코드 공개

Stella 프로젝트 사이트

- **Stella 프로젝트 홈페이지(http://stella.korea.ac.kr)**
  - 프로젝트 소개 및 관련 기술 문서 업로드
  - 블록 스토리지 및 네트워크 스케줄러 관련 자료 제공
  - 클라우드 구축 현황 정보
- **Stella Github 저장소 (https://github.com/KUoslab)**
  - Stella 개발 코드 제공
    (현재 Stella 스케줄러 코드 및 설치 문서 제공)
- **KU.Stella 런치패드 (https://launchpad.net/ku.stella)**
  - 프로젝트관리에 사용
    (Github 저장소 미러 제공, 버그 리포팅)
  - 오픈스택 관련 컴포넌트 제공 예정
    (Stella 스케줄러 인터페이스 공개 등)

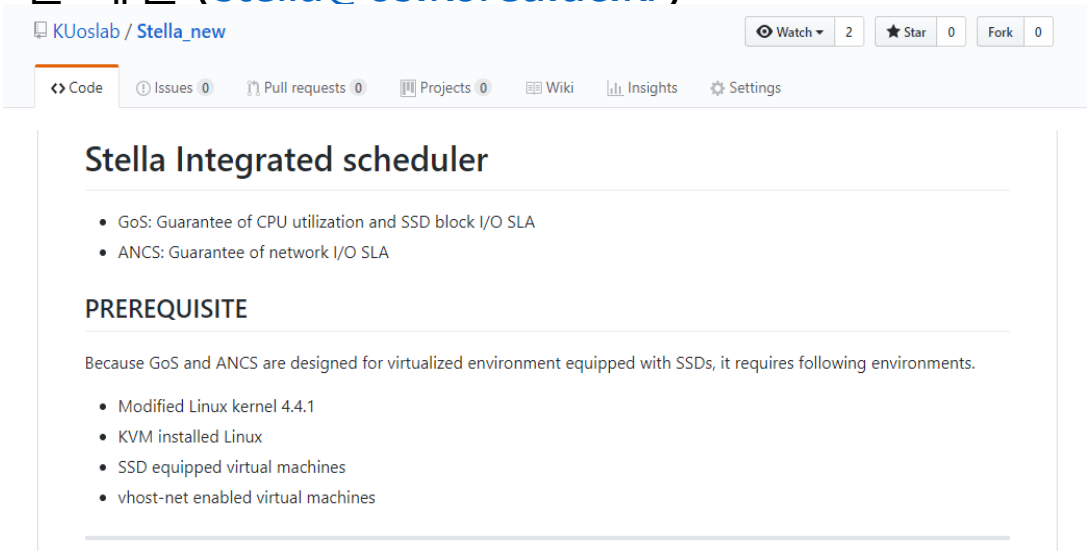
Stella 스케줄러 테스팅 및 리포팅

Stella 스케줄러 테스팅 방법

- Stella Github 저장소 접속 (https://github.com/KUoslab/Stella_new)
- README 파일을 통해 설치 정보 제공 (https://github.com/KUoslab/Stella_new/blob/master/README.md)

사용 코멘트 및 버그 리포팅

- KU.Stella 런치패드 또는 메일 (stella@os.korea.ac.kr)



Github 저장소 접속 화면

감사합니다

고려대학교